



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE BIOLOGIA

RAFAEL GUIMARÃES GOMES SILVA

**ESTUDOS CITOTAXONÔMICOS EM SAPINDALES: ESTADO DA
ARTE E EVOLUÇÃO DOS NÚMEROS CROMOSSÔMICOS**

CAMPINAS

2018

RAFAEL GUIMARÃES GOMES SILVA

**ESTUDOS CITOTAXONÔMICOS EM SAPINDALES: ESTADO DA
ARTE E EVOLUÇÃO DOS NÚMEROS CROMOSSÔMICOS**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biologia da
Universidade Estadual de Campinas como parte dos
requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre na
Área de Biologia Vegetal.

ESTE ARQUIVO DIGITAL CORRESPONDE A
VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO
DEFENDIDA PELO ALUNO RAFAEL
GUIMARÃES GOMES SILVA E ORIENTADA
PELA PROF^a. DRA. ELIANA REGINA FORNI
MARTINS

Orientadora: PROF^a DRA. ELIANA REGINA FORNI MARTINS

CAMPINAS

2018

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES; CNPq, 130816/2015-9

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4811-2453>

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Biologia
Mara Janaina de Oliveira - CRB 8/6972

G947e Guimarães, Rafael Gomes Silva, 1991-
Estudos citotaxômicos em Sapindales : estado da arte e evolução dos números cromossômicos / Rafael Guimarães Gomes Silva. – Campinas, SP : [s.n.], 2018.

Orientador: Eliana Regina Forni Martins.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.

1. Citotaxonomia vegetal. 2. Angiosperma. 3. Número cromossômico. 4. Evolução. 5. Citogenética vegetal. I. Forni-Martins, Eliana Regina, 1957-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Citotaxonomy studies in Sapindales : state of the art and evolution of chromosomal numbers

Palavras-chave em inglês:

Plant cytotaxonomy

Angiosperms

Chromosome numbers

Evolution

Plant cytogenetics

Área de concentração: Biologia Vegetal

Titulação: Mestre em Biologia Vegetal

Banca examinadora:

Eliana Regina Forni Martins [Orientador]

Itayguara Ribeiro da Costa

Ricardo Augusto Lombello

Data de defesa: 23-02-2018

Programa de Pós-Graduação: Biologia Vegetal

Campinas, 23 de fevereiro de 2018.

COMISSÃO EXAMINADORA

Profª. Dra. Eliana Regina Forni Martins

Prof. Dr. Itayguara Ribeiro da Costa

Prof. Dr. Ricardo Augusto Lombello

Os membros da Comissão Examinadora acima assinaram a Ata de Defesa, que se encontra no processo de vida acadêmica do aluno.

Dedico esta dissertação e todo o esforço do trabalho

À minha mãe

Carmen Lúcia

AGRADECIMENTOS

Agradeço e dedico primeiramente à minha mãe, Carmen, todo o esforço e dedicação que ela teve para que eu pudesse ter o suporte necessário para terminar.

À Profa. Eliana por toda a orientação e compreensão que teve durante todo o tempo do mestrado. Foi uma grande mestra e espero ter correspondido às suas expectativas.

Ao Prof. Itayguara pelo apoio e pelos *insights* de ideias que me auxiliaram na escrita da reta final e pela participação na prévia e na banca, além de toda a amizade que vem desde a minha graduação. Uma grande parte do pesquisador que sou hoje devo a ele. Ao Prof. Ricardo Lombello, Prof. Rubens Pirani e Prof. André Simões por terem aceitado o convite para a banca e pelas sugestões.

Ao Prof. Pedro Dias pelo convite para realizar o trabalho em parceria ao projeto Temático: FAPESP Processo 2014/18002-2. Pela participação na qualificação e na prévia, pela disponibilização da árvore para a realização do capítulo 2, pelas sugestões e pelas conversas e aventuras nas viagens de campo ao som do “mução”.

Ao Prof. João Semir pelas sugestões na qualificação e as boas conversas na hora do café. À Prof. Ana Paula pelas sugestões na qualificação e na prévia.

Aos professores e colegas do Departamento de Biologia vegetal que de algum modo contribuíram para a minha formação e crescimento profissional. Aos meus colegas do laboratório. Aos meus professores da graduação que fizeram de mim um biólogo com excelente base.

Agradeço também aos meus amigos que ficaram em Fortaleza durante o período que fiquei fui para o mestrado e aos novos que em Campinas fiz. Agradeço em especial ao Herbert por todas as conversas, discussões, suporte, apoio e carinho que tanto me ajudaram nessa trajetória. Agradeço também ao Emerson que foi de tanta importância em todos os momentos que estive presente, pelo carinho e pela paz que me proporcionou para que eu tivesse ótimas condições de realizar esse trabalho. Em especial também agradeço à Jessica por ser uma ótima vizinha de quarto, ser minha amiga desde que nascemos basicamente e a vida sempre dando um jeito de deixar a gente caminhando junto.

À Unicamp, CNPQ e CAPES pelo programa, bolsas e suporte logístico.

RESUMO

A citogenética é o estudo dos cromossomos e utiliza o número cromossômico e o número básico como principais parâmetros de avaliação. Como ferramenta, a Citotaxonomia tem se mostrado como um valioso meio de elucidar questões biosistemáticas. A ordem Sapindales possui nove famílias, sendo seis grandes famílias (Anacardiaceae, Burseraceae, Meliaceae, Rutaceae, Sapindaceae e Simaroubaceae) e outras três pequenas (Biebersteiniaceae, Kirkiaceae e Nitrariaceae). Apesar da ordem já ser por diversas vezes corroborada como monofilética, as relações entre as famílias e sua evolução permanecem sem um modelo satisfatório. Assim, o estudo do estado da arte e da evolução dos números cromossômicos de Sapindales pode servir de base para a resolução desses desafios. No capítulo 1, é apresentada uma extensa revisão de literatura sobre os números cromossômicos já publicados, bem como as informações extra numéricas como: cariótipo; imagens; discussões associadas à filogenia, número básico e ploidia, caracterização longitudinal, quantidade de DNA e microsporogênese. Foi traçado um panorama de conhecimento da citogenética da ordem, além de realizar uma discussão da evolução do número cromossômico para a ordem e suas famílias com indicações de número básico. No capítulo 2, foi utilizada a base de dados de número cromossômico com duas árvores filogenéticas para a reconstrução da evolução do número cromossômico da ordem Sapindales e suas famílias. O conhecimento global da citogenética é pequeno, com menos de 50% dos gêneros e 14% das espécies com número conhecido. No Brasil a situação é semelhante para os gêneros. As informações extranuméricas são escassas, sendo as ilustrações dos cromossomos as mais comumente apresentadas. O nível de ploidia é o assunto mais discutido nas publicações. Os registros são, em sua maioria, asiáticos. Houve um declínio na pesquisa citogenética a partir da década de '80. Quanto à evolução do número cromossômico, para a formação das grandes famílias de Sapindales, ocorreram eventos de duplicação e aumento de número cromossômico a partir de um ancestral comum com $x = 7$, sendo $x = 14$ o número básico na raiz das grandes famílias. As famílias tiveram evoluções diferentes do número cromossômico, porém a tendência interna é a diminuição dos números cromossômicos através de disploidia. Eventos de disploidia, principalmente descendente, são bem recorrentes em toda a história evolutiva de Sapindales. A poliploidia é um evento que não é tão presente no grupo, entretanto, nas famílias em que ela ocorre, foi de extrema importância na diversificação, como em Meliaceae e Rutaceae. As sugestões de número básico foram: Biebersteiniaceae $x = 5$, Nitrariaceae $x = 7$, Anacardiaceae $x = 14$ ou 15 , Burseraceae $x = 13$, Meliaceae inconclusivo, Rutaceae $x = 9$, Sapindaceae $x = 16$ e Simaroubaceae inconclusivo.

Palavras Chaves: Citotaxonomia, Angiospermas, ChromEvol, Evolução, Sapindales, Número Básico, Número Cromossômico, Citogenética.

ABSTRACT

The cytogenetics is the study of chromosomes and uses the chromosome number and the basic number as the main parameters of evaluation. The cytotaxonomy as a tool has proved to be valuable means to elucidating biosystematic questions. The Sapindales order has nine families, where six of them are large families (Anacardiaceae, Burseraceae, Meliaceae, Sapindaceae e Simaroubaceae) and another three are small families (Biebersteiniaceae, Kirkiaceae and Nitrariaceae). Despite the order has already been corroborated as monophyletic many times, the relationships between families and their evolution still remain without a satisfactory model. Therefore, the study of state of art and of Sapindales chromosome number's evolution may serve as a database to solve these challenges. In chapter 1, we search in literature the chromosome numbers already published, as well as the extranumerical information such as: karyotype; images; discussions associated with phylogeny, basic number and ploidy level; logitudinal characterization; DNA content and microsporogenesis. We trace a cytogenetic knowledge order's, besides discuting chromosome number's evolution for the order and their families with suggestion of basic number. In chapter 2, we use the database of chromosome number with two phylogenetic trees for reconstruction of chromosome number's evolution for Sapindales orders and their families. The cytogenetic knowledge is low, with less than 50% of genders and 14% of species with a known number. The situation is similar for Brazilian genders. The extranumerical information is scarce, with the illustrations of the chromosomes being the most commonly presented. The ploidy level is the topic more discussed in publications. The records are mostly asiatics. There has been a decline in cytogenetic research since the 1980s. Regarding chromosome number evolution, in formation of large families of Sapindales, events of duplication and increase of chromosome number occurred from a common ancestor with $x = 7$, where $x = 14$ is the basic number in the root of the large families. The families had different evolutions of the chromosome number, but the internal tendency is the decrease of the chromosomic numbers through disploidia. Events of disploidia, mainly descending, are well recurrent throughout the evolutionary history of Sapindales. Polyploidy is an event that is not so present in the group, however, in the families in which it occurs, it was extremely important in diversification, as in Meliaceae and Rutaceae. The basic number suggestions were: Biebersteiniaceae $x = 5$, Nitrariaceae $x = 7$, Anacardiaceae $x = 14$ or 15 , Burseraceae $x = 13$, Meliaceae inconclusive, Rutaceae $x = 9$, Sapindaceae $x = 16$ and Simaroubaceae inconclusive.

Keywords: Cytotaxonomy, Angiosperms, ChromEvol, Evolution, Sapindales, Basic Number, Chromosome Number, Cytogenetics.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	6
RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
INTRODUÇÃO GERAL.....	13
Capítulo 1 - Estado da arte dos estudos citogenéticos em Sapindales	27
RESUMO	27
1. INTRODUÇÃO	28
2. MATERIAIS E MÉTODOS	29
2.1 Coleta	29
2.1.1 Coleta dos dados cromossômicos	29
2.2 Análise dos dados	30
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
3.1.2 Datas e Autores	36
3.1.3 Origem.....	36
3.2 Número Básico, cariótipo e evolução do número cromossômico nas famílias de Sapindales	37
3.2.1 Anacardiaceae	37
3.2.1.1 Anacardioideae 1 (Clado Pistacia)	39
3.2.1.2 Anacardioideae 2 (Clado Schinus)	39
3.2.1.3 Anacardioideae 3 (Clado Searsia)	40
3.2.1.4 Anacardioideae 4 (Clado Anacardium).....	40
3.2.1.5 Clado Dobinea	41
3.2.1.6 Spondioideae 1 (Clado Tapirira)	41
3.2.1.7 Clado Buchanania	42
3.2.1.8 Spondioideae 2 (Clado Spondias)	42
3.2.1.9 Visão Geral de Anacardiaceae	42
3.2.2 Burseraceae.....	42
3.2.2.1 Garugae, Burserae, Protiae e <i>Beiselia</i>	44
3.2.2.2 Visão geral de Burseraceae	44
3.2.3 Meliaceae	45
3.2.3.1 Clado Guarea (Melioideae – GA Clade)	46
3.2.3.2 Clado Aglaia (Melioideae – GA Clade)	47
3.2.3.3 Clado Trichilia-Turraea (Melioideae – TT Clade)	47
3.2.3.4 Clado Lepidotrichilia-Astrotrichillia e Clado Heynea-Walsura (Melioideae)	48
3.2.3.5 Clado Ekebergia-Sandoricum (Melioideae)	48
3.2.3.6 Clado Melia-Azadirachta (Melioideae)	48
3.2.3.7 Clado Swietenia (Cedreloideae)	48
3.2.3.8 Clado Cedrela (Cedreloideae).....	49
3.2.3.9 Clado Schmardea-Chukrasia (Cedreloideae)	50
3.2.3.10 Visão Geral de Meliaceae	50
3.2.4 Rutaceae.....	50
3.2.4.1 Clado Flindersia-Toddalia (RTF Clade)	52
3.2.4.2 Clado Galipea (RTF Clade)	52
3.2.4.3 Clado Agathosma (RTF Clade)	53
3.2.4.4 Clado Skimmia (RTF Clade)	54

3.2.4.5 Aurantioideae	54
3.2.4.6 Rutoidae s.s.	55
3.2.4.7 Cneoroideae	55
3.2.4.8 Visão Geral de Rutaceae.....	55
3.2.5 Sapindaceae	56
3.2.5.1 Clado Cupania (Sapindoideae).....	57
3.2.5.2 Clado Paullinia (Sapindoideae)	57
3.2.5.3 Clado Melicoccus (Sapindoideae).....	59
3.2.5.4 Clado Litchi (Sapindoideae)	59
3.2.5.5 Clado Delavaya e Koelreuteria (Sapindoideae)	60
3.2.5.6 Clado Dodonaea (Dodonaoidae)	61
3.2.5.7 Clado Doratoxylon (Dodonaoidae)	61
3.2.5.8 Clado Acer-Aesculus (Hippocastanoideae) e Clado Xanthoceras (Xanthoceraceae).....	61
3.2.5.9 Visão geral de Sapindaceae	61
3.2.6 Simaroubaceae	62
3.2.7 Famílias pequenas	64
3.2.7.1 Biebersteiniaceae	64
3.2.7.2 Kirkiaceae	64
3.2.7.3 Nitrariaceae	64
3.3 Evolução do Número Cromossômico em Sapindales	65

CAPÍTULO 2 - Reconstrução da evolução do número cromossômico da ordem Sapindales e suas famílias.....	85
Resumo	85
1. INTRODUÇÃO	86
2. MATERIAIS E MÉTODOS	88
3. RESULTADOS	90
3.1 Ordem Sapindales	90
3.1.1 Árvore de P. Dias	90
3.1.2 Árvore Simplificada (a partir de Muellner-Reich <i>et al.</i> , 2016)	90
3.2 Famílias.....	91
3.2.1 Anacardiaceae	91
3.2.2 Burseraceae.....	91
3.2.3 Meliaceae	92
3.2.4 Rutaceae.....	92
3.2.5 Sapindaceae	93
3.2.6 Simaroubaceae.....	93
3.2.7 Famílias pequenas	93
3.3 Expectativas de Eventos	93
4. DISCUSSÃO	94
4.1 Sapindales	94
4.2 Anacardiaceae	95
4.3 Burseraceae.....	96
4.4 Meliaceae	97
4.5 Rutaceae.....	100
4.6 Sapindaceae	102
4.7 Simaroubaceae.....	105
4.8 Famílias pequenas	105

4.8.1 Biebersteiniaceae e Kirkiaceae	105
4.8.2 Nitrariaceae	105
4.9 Expectativas de evento.....	106
4.10 Visão geral de Sapindales	107
CONSIDERAÇÕES FINAIS	124
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
ANEXO I – Tabela simplificada dos dados citogenéticos de Sapindales.....	166
ANEXO II – Atualização dos binômios	176
ANEXO III – Declaração Bioética e Biossegurança.....	181
ANEXO IV – Declaração Direitos Autorias.....	182

INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO GERAL

A citogenética compreende o estudo dos cromossomos, em conjunto ou isolados, quanto a sua morfologia, organização, função, variação e evolução (GUERRA, 1988). O número cromossômico é um caráter importante de análise, pois independe do estágio de maturação da célula, da idade do organismo e de outros fatores externos (GUERRA, 2008). Além disso, é o parâmetro mais conhecido para um grande número de táxons e constitui forte evidência biosistemática, pois sua variação é de grande importância, uma vez que o número cromossômico pode ajudar na verificação da integridade de uma espécie (STACE, 1991).

O número cromossômico de células somáticas ($2n$) e o de células gaméticas (n) são os mais utilizados em primeira instância, seguido do número básico (x), que equivale ao número cromossômico que melhor explica a variedade dos números de um grupo taxonômico, considerando a história evolutiva (GUERRA, 1988, 2008, 2012; PERUZZI, 2013; POGGIO *et al.*, 2008). Esses caracteres vêm sendo usados há bastante tempo como subsídio para a compreensão das relações filogenéticas e mecanismos evolutivos nas plantas (BENKO-ISEPPON & MORAWETZ, 2000a, 2000b; BENKO-ISEPPON & WANDERLEY, 2002; GITAÍ *et al.*, 2005; GREILHUBER, 2005; STEBBINS, 1971).

Dentre as alterações numéricas mais relevantes estão os eventos de poliploidia, disploidia e aneuploidia.

A poliploidia é a duplicação ou multiplicação de todo um genoma, podendo ser do próprio indivíduo (autopoliploidia) ou junção de dois genomas via hibridação (alopoliploidia) (STEBBINS, 1971; STACE 2000). Os termos neopoliploide e paleopoliploide são confusos, devido a interpretações diferentes por diversos autores. Guerra (2008) discutiu essas aplicações e considerou as melhores definições como a seguir: Neopoliploide é utilizado para todos aqueles poliploides em que ainda há diploides existentes no gênero ou em gêneros próximos, enquanto Paleopoliploide é utilizado para todos os outros poliploides que possuem os diploides originais extintos ou desconhecidos. Alguns clados podem conter poliploides que se comportam como diploides por possuírem números cromossômicos baixos, o que é conhecido por paleopoliploide diploidizado. Por vezes, clados de origem poliploide podem passar por um processo chamado diploidização, em que há a reversão do número cromossômico para a diploidia (GUERRA, 2008).

A poliploidia é um evento bem estabelecido dentro das angiospermas, mas a sua frequência depende do grupo ou clado taxonômico (HUSBAND *et al.* 2013). Essa frequência inconstante sugere que os diferentes níveis taxonômicos possuem suas próprias predisposições

à evolução por poliploidia e/ou diferentes tempos de acúmulo dessa poliploidia (MEYERS & LEVIN, 2006).

A disploidia e aneuploidia são alterações numéricas que podem ser confundidas. Alguns trabalhos podem se referir à disploidia usando a palavra aneuploidia, e essa confusão deve-se à dificuldade de distinguir entre os dois eventos (GUERRA, 2008, 2012).

A disploidia é um evento de alteração numérica causada por rearranjos cromossômicos ou parte destes (fusões, fissões e translocações cromossômicas). A disploidia tende a alterar a morfologia dos cromossomos (GRANT 1982), e Stebbins (1971) formulou a hipótese de que cariótipos assimétricos são derivados de cariótipos simétricos. Guerra (2008) apontou que em alguns grupos a poliploidia e disploidia podem ocorrer concomitantemente, dificultando a distinção nos níveis de ploidia.

A aneuploidia, assim como ocorre com a disploidia, altera o número cromossômico haploide, mas na aneuploidia há perda ou ganho de material genético. Os mecanismos que geram aneuploidia são deleções e/ou duplicações de cromossomos inteiros, erros no pareamento meiótico ou nas anáfases, levando à formação de células desbalanceadas (i.e., com número cromossômico alterado). A aneuploidia causa severos danos a reprodução e por isso o evento é mais comum em grupos com reprodução clonal ou híbridos (GUERRA 2008).

Os cromossomos podem vir a fornecer informações importantes na investigação evolutiva, mas, apesar disso, a citogenética é frequentemente deixada de lado nas análises filogenéticas (DOBIGNY *et al.*, 2004).

Ao longo das últimas décadas, a citogenética tem sido utilizada como uma ferramenta para a elucidação de problemas sistemáticos e em estudos evolutivos entre os grupos de plantas (GUERRA, 1990, 2012; RAVEN, 1975). Dentro deste contexto, a citotaxonomia vegetal utiliza dados cromossômicos para a realização de estudos taxonômicos e evolutivos em plantas de diferentes níveis taxonômicos (STACE, 1991; STEBBINS, 1971).

Inicialmente, os caracteres cromossômicos, de diferentes espécies/grupos, eram analisados de uma forma comparativa e descritiva na caracterização taxonômica. Porém, com o advento das técnicas moleculares e de filogenia, a Citotaxonomia atualmente assumiu um caráter analítico, na qual consegue elucidar problemas biosistemáticos e de relações entre espécies, gêneros e até mesmo famílias (GUERRA, 2012). A disponibilização de programas/*softwares* como Mesquite (MADDISON & MADDISON, 2017) e ChromEvol (GLICK & MAYROSE, 2014; MAYROSE *et al.*, 2010) vem fornecendo subsídios à discussão dos resultados com apoio estatístico.

Moraes *et al.* (2016) analisaram caracteres de tamanho de genoma e de cariótipo (utilizando hibridização *in situ*) junto à filogenia e corroboraram a divisão de *Heterotaxis* Lindl. (Orchidaceae) em dois clados. A divisão das espécies nos clados, baseada no tamanho do genoma, correspondeu à mesma divisão sugerida por caracteres morfológicos. A utilização do programa ChromEvol permitiu identificar alterações cromossômicas estruturais que ajudam a compreender melhor a evolução dentro da família Orchidaceae. Chacon *et al.* (2014) utilizaram dados cromossômicos para fazer estatisticamente uma reconstrução da evolução do número cromossômico de Colchicaceae. Os autores sugeriram que a evolução da família ocorreu basicamente por dispoloidia e que no gênero *Colchicum* L. ocorreram eventos de poliploidia que resultaram em triploides e pentaploides.

Estudos citogenéticos foram inicialmente realizados em representantes das floras temperadas, como América do Norte e países europeus (GUERRA, 1990). Assim, os mecanismos evolutivos e estratégias a nível cariológico das floras temperadas já vinham sendo conhecidos, mas Ehrendorfer (1970) levantou o questionamento de que estes poderiam não ser os mesmos dos grupos tropicais, ou não ter o mesmo significado. Essa questão atentou quanto à necessidade de se trabalhar com os representantes da flora tropical e, assim, tentar entender os significados taxonômicos/evolutivos desses mecanismos adaptativos (GUERRA 1990).

Apesar do Brasil ser o país detentor da maior diversidade de plantas do mundo, os estudos de aspectos evolutivos da flora ainda são bastante escassos e dispersos na literatura, principalmente sobre as relações cromossômicas e filogenéticas dos diversos táxons. Os estudos citotaxonômicos no Brasil estão disponíveis para alguns grupos taxonômicos, com um baixo número de espécies analisadas, o que é discrepante diante da imensa biodiversidade brasileira. Nesses estudos foram analisadas principalmente espécies distribuídas nas regiões sudeste, sul e nordeste. Nesse sentido, algumas famílias foram estudadas: Asteraceae (MANSANARES *et al.*, 2002; OLIVEIRA *et al.*, 2007, 2010, 2011; RUAS *et al.*, 2000; VANZELA *et al.*, 2002), Cyperaceae (VANZELA *et al.*, 2000, 2003), Leguminosae (ALVES & CUSTÓDIO, 1989; BANDEL, 1974; COLEMAN & DE MENEZES, 1980; FLORES *et al.*, 2006; FORNI-MARTINS *et al.*, 1994; FORNI-MARTINS & GUERRA, 1999; OLIVEIRA & AGUIAR-PERECIN, 1999; SCHIFINO-WITTMANN, 2000), Malpighiaceae (LOMBELLO & FORNI-MARTINS, 2003) e Myrtaceae (COSTA & FORNI-MARTINS, 2006a, b, 2007, SILVEIRA *et al.* 2016).

Na ordem Sapindales, alguns estudos foram realizados, por exemplo, para as famílias Sapindaceae (SOLÍS NEFFA & FERRUCCI 1998; URDAMPILLETA *et al.* 2006, 2007, 2008) e Rutaceae (GUERRA 1984a, b; GUERRA *et al.* 2000). Porém, não se sabe ao certo o quanto

é conhecido de dados citogenéticos para as espécies e gêneros da ordem Sapindales. Nas angiospermas é estimado que se conheça 25% dos números cromossômicos das espécies (STACE, 2000). Portanto, saber qual o panorama do conhecimento de números cromossômicos de representantes da ordem é de extrema importância para direcionar futuros estudos e evidenciar as lacunas de conhecimento.

A ordem Sapindales está inserida no clado das Malvídeas (APG IV, 2016) e representa cerca de 3% da diversidade das eudicotiledôneas (MAGALLÓN *et al.*, 1999). É uma ordem que possui cerca de 5200 espécies distribuídas aproximadamente em 470 gêneros, de ocorrência em toda a região tropical, podendo ocorrer também em algumas áreas temperadas. Os representantes da ordem possuem folhas compostas pinadas, que podem ser reduzidas, e flores com disco nectarífero (KUBITZKI, 2011).

Existem várias espécies pertencentes às Sapindales de grande interesse econômico, tais como: *Citrus* spp. (laranjas e limões), *Anacardium occidentale* L.(caju), *Mangifera* spp. (mangas), *Paullinia cupana* Kunth (guaraná), *Litchi* spp (lichia) entre outras, que são amplamente utilizadas na indústria alimentícia mundial; *Rhus* spp. e *Toxicodendron* spp.(hera venenosa) que são tóxicas e causam diversos atendimentos clínicos; *Cedrela* spp. (cedro) e *Swietenia* spp. (mogno) no uso de sua madeira, entre outras aplicações; *Azadirachta indica* A.Juss. (*Neem* indiano) na ornamentação e como inseticida natural (KUBITZKI, 2011).

A ordem é dividida em nove famílias, sendo que a diversidade de espécies está concentrada principalmente em seis: Anacardiaceae, Burseraceae, Meliaceae, Rutaceae, Sapindaceae e Simaroubaceae. Por sua vez, as famílias menos diversificadas são Biebersteiniaceae, Kirkiaceae e Nitrariaceae (MUELLNER-RIEHL *et al.*, 2016).

Anacardiaceae possui 77 gêneros e ca. 800 espécies ocorrendo nos trópicos, subtropicos e zonas temperadas. Suas espécies podem ser árvores, arbustos ou lianas, com canais resiníferos nas cascas e na nervura das folhas. As flores possuem apenas um óvulo por lóculo ou um óvulo no único carpelo fértil (PELL *et al.*, 2011).

Burseraceae, por sua vez, contém ca. 700 espécies em 18 gêneros, principalmente nas zonas tropicais e subtropicais. Algumas poucas espécies podem ocorrer em zonas temperadas mais quentes. É representada por árvores e, às vezes, arbustos. Possui a casca lisa e aromática. Assim como Anacardiaceae, possui canais resiníferos evidentes (DALY *et al.*, 2011).

Meliaceae ocorre nos trópicos e subtropicos, com poucas espécies nas zonas temperadas. A família possui 52 gêneros e ca. 575 espécies. São plantas lenhosas, em sua maioria árvores, com estames possuindo filetes conatos e formando um tubo. (MABBERLLEY, 2011).

A família Rutaceae é a mais diversa da ordem e seus representantes são quase cosmopolitas. A maioria das espécies ocorre principalmente na região tropical e subtropical. A família possui 158 gêneros e cerca de 2100 espécies, com maior diversidade na Australásia. São geralmente árvores ou arbustos, com folhas compostas, trifolioladas ou reduzidas (unifolioladas). Possuem glândulas pelúcidas contendo óleos aromáticos conspícuas no mesófilo (JUDD *et al.*, 2009; KUBTZKI *et al.* 2011).

Sapindaceae contém 138 gêneros e cerca de 1900 espécies distribuídas principalmente em áreas tropicais e subtropicais, com alguns gêneros chegando até a zona sub-temperada. Na família podem ocorrer árvores, arbustos ou lianas. Suas flores apresentam filetes pubescentes e disco nectarífero extra-estaminal (ACEVEDO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2011).

Simaroubaceae possui 19 gêneros e cerca de 110 espécies, com distribuição basicamente tropical, mas algumas espécies ocorrem em regiões temperadas. É representada por árvores ou arbustos, podendo ter espinhos. Possuem uma medula contendo compostos triterpenóides amargos do tipo quassinóides (CLAYTON, 2011).

Biebersteiniaceae possui cinco espécies em um único gênero (*Bierberstenia*) e ocorre na Ásia (MUELLNER, 2011a). Kirkiaceae é uma pequena família monogenérica (*Kirkia*) com seis espécies de distribuição limitada ao sul e leste africano, além de Madagascar (MUELLNER, 2011b). Nitrariaceae possui três gêneros (*Nitrarium*, *Peganum* e *Tetradiclis*) e ca. de 12 espécies, distribuídas principalmente em regiões salinas da Europa e no Oriente Médio, África, Ásia e Austrália, sendo *Peganum mexicanum* A. Gray a única espécie da família que ocorre na região neotropical (SHEAHAN, 2011).

Além da ampla distribuição das Sapindales nos neotrópicos, é alta a taxa de endemismo nessa região (Tabela 1). Considerando o total das de gêneros e espécies no mundo, cerca de 1,7% dos gêneros (oito) e 6,8% das espécies (379) são endêmicas ao Brasil. Considerando apenas as espécies presentes no Brasil (889), a taxa de endemismo sobe para 42,6%. Dentre os 95 gêneros ocorrentes no Brasil, 8 deles (8,4%) são endêmicos (KUBTZKI, 2011; SOUSA & LORENZI, 2012; FLORA DO BRASIL, 2020 em construção). As famílias como Rutaceae, Sapindaceae e Simaroubaceae possuem nível de endemismo bem superior em relação às demais famílias, tanto no nível de gênero como de espécie.

Diversos trabalhos foram realizados para compreender as relações filogenéticas destas famílias. Os mais recentes são os de Weeks *et al.* (2014) para Anacardiaceae e Burseraceae, Koenen *et al.* (2015) para Meliaceae, Groppo *et al.* (2012) para Rutaceae, Buerki *et al.* (2013) para Sapindaceae e Clayton *et al.* (2009) para Simaroubaceae.

Muellner *et al.* (2007) reconstruíram a filogenia das Sapindales e seus resultados corroboram a monofilia da ordem, conforme já havia sido sugerido por Gadek *et al.* (2006). Posteriormente, Muellner-Riehl *et al.* (2016) incluíram mais terminais, para uma reconstrução mais robusta. Dentro da ordem, Biebersteiniaceae e Nitrariaceae foram as famílias que se diferenciaram inicialmente. Posteriormente as Sapindales se diversificaram em dois clados: o primeiro contém Anacardiaceae, Burseraceae e Kirkiaceae e o segundo Sapindaceae (como grupo irmão das demais famílias), Rutaceae, Meliaceae e Simaroubaceae (Muellner-Riehl *et al.*, 2016).

Ordem/Família	Endemismo em relação ao número de espécies no mundo	Endemismo em relação ao número de espécies existentes no Brasil	Endemismo em relação ao número de gêneros no mundo	Endemismo em relação ao número de gêneros existentes no Brasil
Sapindales	6,8%	42,6%	1,7%	8,4%
Anacardiaceae	2,3%	29,1%	1,3%	7,1%
Burseraceae	3,2%	20,2%	-	-
Meliaceae	4,8%	36,4%	-	-
Rutaceae	6,2%	54,6%	3,2%	15,6%
Sapindaceae	10,9%	45,5%	1,4%	7,1%
Simaroubaceae	11,6%	46,7%	-	-

Tabela 1: Porcentagem de endemismo no Brasil de espécies e gêneros da ordem Sapindales, e de suas grandes famílias (FLORA DO BRASIL, 2020 em construção; KUBTZKI, 2011; SOUSA & LORENZI, 2012).

Na última década, a monofilia da ordem Sapindales foi fortemente corroborada na pelos trabalhos de Muellner *et al.* (2007) e Muellner-Riehl *et al.* (2016). Além disso, os mesmos autores sugeriram a inclusão de Biebersteiniaceae na ordem e confirmaram a monofilia de Nitrariaceae (+Tetradiclidaceae). Entretanto, o arranjo entre as famílias mais diversas, assim como suas relações internas ainda são fontes de divergência. Algumas dessas divergências são: a posição de Sapindaceae e sua subdivisão ou não em Aceraceae e Xanthoceraceae; a classificação interna de Rutaceae; a monofilia recente confirmada de Anacardiaceae e Burseraceae, porém as classificações internas precisam ser revistas (MUELLNER *et al.*, 2007; MUELLNER-RIEHL *et al.*, 2016; WANG *et al.*, 2009; WEEKS *et al.*, 2015; WORBERG *et al.*, 2009). Esses exemplos ilustram a necessidade dos estudos filogenéticos, aliados a outras ferramentas biossistemáticas que possam elucidar as divergências que a filogenia não consegue.

Nesse contexto, a inclusão dos números cromossômicos em associação com os estudos filogenéticos poderá trazer contribuições importantes para entender a citogenética desses grupos.

O presente estudo teve por objetivo traçar um panorama sobre os estudos citogenéticos realizados com representantes da ordem Sapindales e, dessa forma, sugerir quais seriam os números cromossômicos básicos para cada família à luz dos estudos filogenéticos moleculares recentes. Para atingir esses objetivos, esta dissertação encontra-se estruturada em dois capítulos. No primeiro, foi realizado um levantamento bibliográfico extensivo sobre estudos cromossômicos na ordem Sapindales e em suas famílias, destacando-se as lacunas de conhecimento. No segundo capítulo, os números cromossômicos observados foram confrontados com as respectivas árvores filogenéticas recentes, utilizando software específico para inferir o número básico provável e a evolução cariotípica nos diferentes agrupamentos.

Referências Bibliográficas

- ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; VAN WELZEN, P. C.; ADEMA, F.; VAN DER HAM, R. W. J. M. Sapindaceae. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, p. 357-407, 2011.
- ALVES, M. A. O. & CUSTODIO, A. V. C. Citogenética de leguminosas coletadas no estado do Ceará. Cytogenetics of Leguminosae collected in the State of Ceara.) **Revista Brasileira de Genética**, v. 12, n. 1, p. 81-92, 1989.
- APG. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1-20, 2016.
- BANDEL, G. Chromosome numbers and evolution in the Leguminosae. **Caryologia**, v. 27, n. 1, p. 17-32, 1974.
- BENKO-ISEPPON A. M. & MORAWETZ, W. Cytological comparison of Calyceraceae and Dipsacaceae with special reference to their taxonomic relationships. **Cytologia**, v. 65, n. 2, p. 123-128, 2000.
- BENKO-ISEPPON, A. M. & WANDERLEY, M. G. L. Cytogenetic studies on Brazilian *Xyris* species (Xyridaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 138, n. 2, p. 245-252, 2002.
- BENKO-ISEPPON, A. M. & MORAWETZ, W. Viburnales: cytological features and a new circumscription. **Taxon**, v. 49, n. 1, p. 5-16, 2000.
- BUERKI, S.; FOREST, F.; STADLER, T.; ALVAREZ, N. The abrupt climate change at the Eocene–Oligocene boundary and the emergence of South-East Asia triggered the spread of sapindaceous lineages. **Annals of botany**, v. 112, n. 1, p. 151-160, 2013.
- CHACÓN, J.; CUSIMANO, N.; RENNER, S. S. The evolution of Colchicaceae, with a focus on chromosome numbers. **Systematic Botany**, v. 39, n. 2, p. 415-427, 2014.
- CLAYTON, J. W. Simaroubaceae. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, p. 408-422, 2011.
- CLAYTON, J. W.; SOLTIS, P. S.; SOLTIS, D. E. Recent long-distance dispersal overshadows ancient biogeographical patterns in a pantropical angiosperm family (Simaroubaceae, Sapindales). **Systematic Biology**, v. 58, n. 4, p. 395-410, 2009.
- COLEMAN, J. R. & DE MENEZES, E. M. Chromosome numbers in Leguminosae from the state of São Paulo, Brazil. **Rhodora**, v. 82, n. 831, p. 475-481, 1980.

- COSTA, I. R. & FORNI-MARTINS, E. R. Chromosome studies in Brazilian species of *Campomanesia* Ruiz & Pavon and *Psidium* L. (Myrtaceae Juss.). **Caryologia**, v. 59, n. 1, p. 7-13, 2006b.
- COSTA, I. R. & FORNI-MARTINS, E. R. Chromosome studies in species of *Eugenia*, *Myrciaria* and *Plinia* (Myrtaceae) from south-eastern Brazil. **Australian Journal of Botany**, v. 54, n. 4, p. 409-415, 2006a.
- COSTA, I. R. & FORNI-MARTINS, E. R. Karyotype analysis in South American species of Myrtaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 155, n. 4, p. 571-580, 2007.
- DALY, D. C.; HARLEY, M. M.; MARTÍNEZ-HABIBE; M-C.; WEEKS, A.; Burseraceae. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, p. 76-104, 2011.
- DOBIGNY, G.; DUCROZ, J. F.; ROBINSON, T. J.; VOLOBOUEV, V. Cytogenetics and cladistics. **Systematic Biology**, v. 53, n. 3, p. 470-484, 2004.
- EHRENDORFER, F. Evolutionary patterns and strategies in seed plants. **Taxon**, v. 19, p. 185-195, 1970.
- Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 2017
- FLORES, A. S.; CORRÊA, A. M.; FORNI-MARTINS, E. R.; TOZZI, A. M. A. Chromosome numbers in Brazilian species of *Crotalaria* (Leguminosae, Papilionoideae) and their taxonomic significance. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 151, n. 2, p. 271-277, 2006.
- FORNI-MARTINS, E. R. & GUERRA, M. Longitudinal differentiation in chromosomes of some *Sesbania* Scop, species (Fabaceae). **Caryologia**, v. 52, n. 1-2, p. 97-103, 1999.
- FORNI-MARTINS, E. R.; FRANCHI-TANIBATA, M.; CARDELLI-DE-LUCENA, M. A. Karyotypes of species of *Sesbania* scop. (Fabaceae). **Cytologia**, v. 59, n. 4, p. 479-482, 1994.
- GADEK, P. A. FERNANDO, E. S.; QUINN, C. J.; HOOT, S. B.; TERRAZAS, T.; SHEAHAN, M. C.; CHASE, M. W. Sapindales: molecular delimitation and infraordinal groups. **American Journal of Botany**, v. 83, n. 6, p. 802-811, 1996.
- GITAÍ, J.; HORRES, R.; BENKO-ISEPPON, A. M. Chromosomal features and evolution of Bromeliaceae. **Plant Systematics and Evolution**, v. 253, n. 1-4, p. 65-80, 2005.
- GLICK, L.; MAYROSE, I. ChromEvol: assessing the pattern of chromosome number evolution and the inference of polyploidy along a phylogeny. **Molecular Biology and Evolution**, v. 31, n. 7, p. 1914-1922, 2014.

- GRANT, V. Chromosome number patterns in primitive angiosperms. **Botanical Gazette**, v. 143, n. 3, p. 390-394, 1982.
- GREILHUBER, J. Intraspecific variation in genome size in angiosperms: identifying its existence. **Annals of Botany**, v. 95, n. 1, p. 91-98, 2005.
- GROPPO, M.; KALLUNKI, J. A.; PIRANI, J. R.; ANTONELLI, A. Chilean Pitavia more closely related to Oceania and Old World Rutaceae than to Neotropical groups: evidence from two cpDNA non-coding regions, with a new subfamilial classification of the family. **PhytoKeys**, n. 19, p. 9, 2012.
- GUERRA, M. A situação da citotaxonomia de angiospermas nos trópicos e, em particular, no Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 4, n. 2, p. 75-86, 1990.
- GUERRA, M. Chromosome numbers in plant cytotaxonomy: concepts and implications. **Cytogenetic and genome research**, v. 120, n. 3-4, p. 339-350, 2008.
- GUERRA, M. Cytogenetics of rutaceae. II. Nuclear DNA content. **Caryologia**, v. 37, n. 3, p. 219-226, 1984.
- 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**. Guanabara Koogan, 1988.
- GUERRA, M. New chromosome number in Rutaceae. **Plant Systematics and Evolution**, v. 146, n. 1-2, p. 13-30, 1984a.
- GUERRA, M.; SANTOS, K. G. B.; SILVA, A. E. B.; EHRENDORFER, F. Heterochromatin banding patterns in Rutaceae-Aurantioideae—a case of parallel chromosomal evolution. **American Journal of Botany**, v. 87, n. 5, p. 735-747, 2000.
- HUSBAND, B. C.; BALDWIN, S. J.; SUDA, J. The incidence of polyploidy in natural plant populations: major patterns and evolutionary processes. **Plant Genome Diversity Volume 2**. Springer Vienna, p. 255-276, 2013.
- JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. **Sistemática Vegetal: Um Enfoque Filogenético**. Artmed Editora, 2009.
- KOENEN, E. J.; CLARKSON, J. J.; PENNINGTON, T. D.; CHATROU, L. W. Recently evolved diversity and convergent radiations of rainforest mahoganies (Meliaceae) shed new light on the origins of rainforest hyperdiversity. **New Phytologist**, v. 207, n. 2, p. 327-339, 2015.

- KUBITZKI, K. Introduction to Sapindales. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, 2010. p. 1-3.
- KUBITZKI, K.; KALLUNKI, J. A.; DURETTO, M.; WILSON, P. G. Rutaceae. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 276-356.
- LOMBELLO, R. A.; FORNI-MARTINS, E. R. Malpighiaceae: correlations between habit, fruit type and basic chromosome number. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 2, p. 171-178, 2003.
- MABBERLEY, D. J. Meliaceae. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 185-211.
- MADDISON, W. P. & MADDISON D. R. **Mesquite: a modular system for evolutionary analysis**. Version 3.31, (<http://mesquiteproject.org>), 2017.
- MAGALLON, S.; CRANE, P. R.; HERENDEEN, P. S. Phylogenetic pattern, diversity, and diversification of eudicots. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 297-372, 1999.
- MANSANARES, M. E. **Estudo citotaxonômico de espécies do gênero *Lychnophora* Mart. (Asteraceae: Vernoniae: Lychnophorinae)**. Tese de Doutorado em Biologia Vegetal. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas, 2004.
- MANSANARES, M. E.; FORNI-MARTINS, E. R.; SEMIR, J. Chromosome numbers in the genus *Lychnophora* Mart. (Lychnophorinae, Vernoniae, Asteraceae). **Caryologia**, v. 55, n. 4, p. 367-374, 2002.
- MAYROSE, I.; BARKER, M. S.; OTTO, S. P. Probabilistic models of chromosome number evolution and the inference of polyploidy. **Systematic Biology**, v. 59, n. 2, p. 132-144, 2010.
- MEYERS, L. A.; LEVIN, D. A. On the abundance of polyploids in flowering plants. **Evolution**, v. 60, n. 6, p. 1198-1206, 2006.
- MORAES, A. P., SIMÕES, A. O.; ALAYON, D. I. O.; DE BARROS, F.; FORNI-MARTINS, E. R. Detecting Mechanisms of Karyotype Evolution in *Heterotaxis* (Orchidaceae). **PLoS ONE**, v. 11, n. 11, 2016.
- MUELLNER-RIEHL, A. N.; WEEKS, A.; CLAYTON, J. W.; BUERKI, S.; NAUHEIMER, L.; CHIANG, Y-C; CODY, S.; PELL, S. K. Molecular phylogenetics and molecular clock dating of Sapindales based on plastid *rbcL*, *atpB* and *trnL-trnF* DNA sequences. **Taxon**, v. 65, n. 5, p. 1019-1036, 2016.
- MUELLNER, A. N. Biebersteiniaceae. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, p. 72-75, 2011a.

- MUELLNER, A. N. Kirkiaceae. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, p. 72-75, 2011b.
- MUELLNER, A. N.; VASSILIADES, D. D.; RENNER, S. S. Placing Biebersteiniaceae, a herbaceous clade of Sapindales, in a temporal and geographic context. **Plant Systematics and Evolution**, v. 266, n. 3-4, p. 233-252, 2007.
- OLIVEIRA, A. L. P. C. & AGUIAR-PERECIN, M. L. R. Karyotype evolution in the genus *Crotalaria* (Leguminosae). **Cytologia**, v. 64, n. 2, p. 165-174, 1999.
- PELL, S. K. et al. Anacardiaceae. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 7-50.
- POGGIO, L.; ESPERT, S. M.; FORTUNATO, R. H. Citogenética evolutiva en leguminosas americanas. **Rodriguésia**, p. 423-433, 2008.
- RAVEN, P. H. The bases of angiosperm phylogeny: cytology. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 724-764, 1975.
- RUAS, P. M.; RUAS, C. F.; MAFFEI, E.; MARIN-MORALES, M. A.; & AGUIAR-PERECIN, M. L. Chromosome studies in the genus *Mikania* (Asteraceae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, n. 4, p. 979-984, 2000.
- SCHIFINO-WITTMANN, M. T. The cytogenetics and evolution of forage legumes from Rio Grande do Sul: a review. **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, n. 4, p. 989-995, 2000.
- SHEAHAN, M. C. Nitrariaceae. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 272-275.
- SILVEIRA, R. M., MACHADO, R. M., FORNI-MARTINS, E. R., VEROLA, C. F., & COSTA, I. R. Environmental variations drive polyploid evolution in neotropical *Eugenia* species (Myrtaceae). **Genetics and molecular research: GMR**, v. 15, n. 4, 2016.
- SOLÍS NEFFA, V. G. & FERRUCCI, M. S. Cariotipos de Sapindaceae sudamericanas. **Bol. Soc. Argent. Bot**, v. 33, n. 3-4, p. 185-190, 1998.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das plantas nativas e exóticas do Brasil, baseado em APG III**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, p. 1-768, 2012.
- STACE, C. A. Cytology and cytogenetics as a fundamental taxonomic resource for the 20th and 21st centuries. **Taxon**, p. 451-477, 2000.
- STACE, C. A. **Plant taxonomy and biosystematics**. Cambridge University Press, 1991.

- STEBBINS, G. L. Chromosomal evolution in higher plants. **Chromosomal evolution in higher plants**, 1971.
- URDAMPILLETA, J. D.; FERRUCCI, M. S.; FORNI-MARTINS, E. R. Chromosome studies of some *Thinouia* species (Sapindaceae) and the taxonomic implications. In: **Annales Botanici Fennici**. Finnish Zoological and Botanical Publishing Board, p. 68-73, 2008
- URDAMPILLETA, J. D.; FERRUCCI, M. S.; TOREZAN, J. M. D.; VANZELA, A. L. L. Karyotype relationships among four south American species of *Urvillea* (Sapindaceae: Paullinieae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 258, n. 1-2, p. 85-95, 2006.
- URDAMPILLETA, J. D.; FERRUCCI, M. S.; VANZELA, A. L. L. Cytogenetic studies of four South American species of *Paullinia* L.(Sapindaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 154, n. 3, p. 313-320, 2007.
- VANZELA, A. L. L.; LUCEÑO, M.; GUERRA, M. Karyotype evolution and cytotaxonomy in Brazilian species of *Rhynchospora* Vahl (Cyperaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 134, n. 4, p. 557-566, 2000.
- VANZELA, A. L., RUAS, C. F., OLIVEIRA, M. F.; RUAS, P. M. Characterization of diploid, tetraploid and hexaploid *Helianthus* species by chromosome banding and FISH with 45S rDNA probe. **Genetica**, v. 114, n. 2, p. 105-111, 2002.
- VANZELA, A. L.; CUADRADO, A.; GUERRA, M. Localization of 45S rDNA and telomeric sites on holocentric chromosomes of *Rhynchospora tenuis* Link (Cyperaceae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 26, n. 2, p. 199-201, 2003.
- WANG, H.; MOORE, M.J.; SOLTIS, P.S.; BELL, C.D.; BROCKINGTON, S.F.; ALEXANDRE, R.; DAVIS, C.C.; LATVIS, M.; MANCHESTER, S.R.; SOLTIS, D.E. Rosid radiation and the rapid rise of angiosperm-dominated forests. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 10, p. 3853-3858, 2009.
- WEEKS, A.; ZAPATA, F.; PELL, S. K.; DALY, D. C.; MITCHELL, J. D.; FINE, P. V. To move or to evolve: contrasting patterns of intercontinental connectivity and climatic niche evolution in “Terebinthaceae” (Anacardiaceae and Burseraceae). **Frontiers in genetics**, v. 5, p.409, 2014.
- WORBERG, A.; ALFORD, M. H.; QUANDT, D.; BORSCH, T. Huerteales sister to Brassicales plus Malvales, and newly circumscribed to include *Dipentodon*, *Gerrardina*, *Huerteia*, *Perrottetia*, and *Tapiscia*. **Taxon**, v. 58, n. 2, p. 468-478, 2009.

CAPÍTULO 1

Estado da arte dos estudos citogenéticos em Sapindales

Capítulo 1 - Estado da arte dos estudos citogenéticos em Sapindales

RESUMO

A informações citogenéticas e as alterações cromossômicas são uma eficiente ferramenta quando aplicada para a resolução de questões biossistemáticas. Informações como número cromossômico somático e gamético, número básico, detecção de poliploidia, disploidias e aneuploidias fornecem meios para caracterizar e organizar táxons nos vegetais. Entretanto, o nível de conhecimento citogenético nas angiospermas é baixo. A ordem Sapindales, apesar de ser considerada monofilética, possui divergências nas relações entre famílias. O objetivo deste trabalho foi apresentar o estado da arte da citogenética de Sapindales e discutir sobre a evolução do grupo a partir das informações publicadas na literatura. Foi realizado um levantamento das informações de número cromossômico e informações extra numéricas, como: imagens, caracterização longitudinal, discussão atrelada à ploidia, filogenia e número básico, microsporogênese, origem do acesso, período e formato de publicação. O nível de conhecimento de números cromossômicos em Sapindales é baixo, com menos de 50% para gênero e menos de 15% para as espécies. Para o Brasil a a quantidade para espécies é maior, porém menor para gêneros. Foram sugeridos os números básicos (x) da ordem Sapindales, de suas famílias e de clados infrafamiliares, com base na distribuição dos números cromossômicos disponíveis na literatura. Provavelmente, o número básico mais parcimonioso de Sapindales seja $x = 7$. A primeira família a se diversificar foi Biebersteiniaceae, que possui $x = 5$, provavelmente reduzido a partir de $x = 7$. A segunda família mais basal, Nitrariaceae, possui $x = 7$ no gênero na base de sua filogenia e outros mais derivados com $x = 6$. O clado irmão, contendo as seis grandes famílias (Meliaceae, Anacardiaceae, Rutaceae, Sapindaceae, Simaroubaceae e Burseraceae) + Kirkiaceae foi provavelmente originado de um ancestral poliploide com $x = 14$. Eventos de disploidia/aneuploidia desempenharam papel fundamental na diversificação das famílias e de seus grupos intrafamiliares. A poliploidia também foi importante na evolução de alguns gêneros.

1. INTRODUÇÃO

A análise citogenética de diferentes grupos de seres vivos evidencia grande diversidade de cariótipos, resultante de alterações cromossômicas numéricas e estruturais. Assim, existe uma ampla variação de número, de tamanho e de forma de cromossomos, além de diferenças na composição da cromatina (STEBBINS, 1971). Do ponto de vista citotaxonômico, tanto os números cromossômicos quanto as alterações numéricas e estruturais são importantes (STACE, 2000).

Dentre os diversos caracteres citogenéticos analisados, o número cromossômico é o parâmetro mais utilizado nos estudos de caracterização de plantas, sendo, por vezes, o único (GUERRA 2008; STEBBINS, 1971). Além de constituir-se numa forte evidência biosistemática, pode apresentar variações entre táxons próximos e auxiliar na verificação da integridade de espécies (STACE, 1991).

Diversas alterações na morfologia e no número dos cromossomos podem ocorrer. Dentre as variações numéricas dos cromossomos, destacam-se a poliploidia, a disploidia e a aneuploidia, que podem ser detectadas através da contagem de número cromossômico, mediante a aplicação de técnicas de coloração convencional ou citomoleculares, como bandamentos e hibridizações *in situ* (GUERRA, 2012). O número cromossômico também pode ser relacionado ao nível de ploidia, mediante a determinação do tamanho do genoma por métodos adequados, como a citometria de fluxo (GUERRA, 2008). As variações nos números cromossômicos podem fornecer subsídios sobre a evolução de diferentes grupos taxonômicos (GUERRA, 1988, 2008, 2012).

Em termos evolutivos, espécies poliplóides são em geral consideradas derivadas em relação a outras com menor número cromossômico, porém é extremamente difícil reconstituir sua origem (BRIGGS & WALTERS 2016; STACE 1991, 2000). O número básico x é importante nas análises junto às filogenias, pois ele está ligado à variabilidade do número cromossômico interno do clado e de seus cladoss-irmãos. Assim, o número cromossômico e suas variações devem ser analisadas desde os ancestrais aos cladoss atuais para uma reconstrução da história natural do número cromossômico (GUERRA, 2000, STACE, 2000). Portanto, o conhecimento das informações citogenéticas e a evolução do número básico na filogenia são de extrema importância para a sistemática de grupos de plantas.

Estudos cromossômicos em representantes da ordem Sapindales são encontrados de forma dispersa na literatura, com opiniões divergentes sobre os números cromossômicos

básicos em famílias como em Meliaceae ($x = 7, 9, 12, 25$) (BAWA, 1973; DATTA & SAMANTA, 1977; KHOSLA & STYLES, 1975).

Portanto, construir o panorama do conhecimento da ordem é de extrema importância para direcionar futuros estudos e evidenciar as lacunas de conhecimento. Dentre deste contexto, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão extensiva dos estudos cromossômicos de espécies de Sapindales, traçando um panorama que expõe as lacunas de conhecimento citogenético, enfatizando número cromossômico, e também quanto à (ao): apresentação de cariótipos, presença/ausência de fotomicrografias, caracterização longitudinal de cromossomos, tamanho do genoma e distribuição geográfica dos táxons.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Coleta

2.1.1 Coleta dos dados cromossômicos

A busca dos dados disponíveis na literatura foi feita em obras de referências (compilados) e artigos publicados em periódicos científicos. Os dados compilados consultados foram: Bolkhosvikh *et al.* (1969), IPCN Impresso (GOLDBLATT, 1981, 1984, 1985, 1987; GOLDBLATT & JOHNSON, 1990, 1991, 1994, 1996, 1998; MOORE, 1973, 1974, 1977), IPCN Online (IPCN ONLINE, 2017), CCDB (*Chromosome Count Database*) (Rice et al. 2015). Para os dados adquiridos através de compilações prévias, a publicação original foi pesquisada a fim de se obter mais informações para a discussão. Consideramos como “uma contagem” ou “um registro” a publicação primária do número cromossômico. Assim, mesmo que o número aparecesse em três compilações, só foi contabilizado um registro.

A partir das publicações originais, além dos números cromossômicos, foram retiradas informações dos dados disponíveis para complementação das análises: 1) localidade (país ou região do acesso); 2) presença de imagens, cariótipos, constrições; 3) aplicação de técnicas de bandamentos e hibridização *in situ*; 4) presença de registro de quantidade de DNA, meiose e sobre pólen associadas à meiose (viabilidade, contagem, tamanho, fertilidade e etc.); 5) formato do trabalho: a) *Nota* para trabalhos em que há apenas a informação do acesso e o número cromossômico, b) *Artigo* para publicações em periódicos científicos especializados, c) *Livro* para trabalhos publicados no formato de livros e d) *Teses* para monografias, dissertações e teses de cursos em Universidades; 6) idioma da publicação; 7) informações sobre discussões de *filogenia*, *número básico* e *poliploidia*. Também é apresentada a informação se a publicação original foi acessada ou não. Os registros que não foram acessados integralmente não foram contabilizados nas informações extranuméricas (qualquer informação além do número

cromossômico, como presença de imagem ou discussão sobre filogenia), porém alguns desses possuíam informações no título ou no resumo. Assim algumas análises podem conter diferentes valores totais de acesso.

Os dados coletados foram organizados em um banco de dados em planilha Excel (MS Office) e simplificada para adequação às normas de redação. A conceituação e abrangência da ordem Sapindales seguiu o APG IV (2016). Os gêneros foram compilados em uma tabela contendo: a classificação mais recente segundo a literatura e uma segunda classificação em clados, adotada neste trabalho; e a referência bibliográfica de origem (Anexo 1). As espécies foram sinonimizadas e atualizadas com seu nome atual (Anexo 2). As correções nomenclaturais foram realizadas através da plataforma online *The Plant List* (2017), que também foi considerada para o número de binômios aceitos.

As espécies híbridas artificiais e os trabalhos de indução de alterações cromossômicas não foram considerados neste trabalho. O gênero *Citrus* foi excluído das análises a nível de espécie devido à difícil taxonomia do grupo, a qual poderia super ou subestimar os dados. Entretanto, *Citrus* foi incluído nas análises em nível de gênero, sendo considerado apenas como um registro de $2n = 18$, sem a inclusão das demais informações. Categorias infra-específicas como variedades e subespécies foram consideradas como citótipos de uma espécie.

2.2 Análise dos dados

Para Sapindales e para cada família, quando aplicável, foram analisados:

- Diversidade taxonômica (de espécies e gêneros) e abrangência dos registros de números cromossômicos, através de porcentagem simples.
- Média de registros por publicação, calculada pela razão Registros/Publicação.
- Variação de número cromossômico dentro do grupo, incluindo a amplitude do maior e do menor número registrado.
- Frequência do número cromossômico. Para cada espécie só foi contada uma vez a presença do mesmo número cromossômico, evitando superestimar com repetidas contagens para o mesmo número na mesma espécie.
- Frequência das publicações por data (em períodos de décadas).
- Quantidade de registros que possuem imagens, cariótipos, discussão sobre filogenia, poliploidia, número básico, quantidade de DNA, número básico, cromossomos B, meiose, bandamentos, hibridização *in situ* e pólen.
- Os compilados que mais possuem registro e sua cobertura de números cromossômicos:

Para o Brasil foram analisados tanto para a ordem quanto para as famílias.

- Panorama atual de quantas espécies e gêneros ocorrem no Brasil.
- Número e porcentagem de quantas espécies ocorrentes já possuem número cromossômico registrado na literatura.
- Número e porcentagem para gênero, sendo: gênero *lato sensu*, contabilizamos o gênero com pelo menos um representante que ocorre no Brasil, mesmo que o número cromossômico registrado não seja desse representante; gênero *stricto sensu*, contabilizamos apenas os gêneros nos quais pelo menos um representante ocorrente no Brasil possua número cromossômico registrado.

Associação números cromossômicos x filogenia:

- As árvores filogenéticas mais recentemente publicadas foram adaptadas e adicionadas de informações cromossômicas para o melhor acompanhamento dos resultados e da discussão aqui presente. As adições incluem presença de contagem cromossômica, informações extranuméricas (cariótipo, número básico, poliploidia), quantidade de DNA e as classificações do clado utilizadas neste trabalho para a discussão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, é apresentado o panorama geral da distribuição dos números cromossômicos na ordem Sapindales, acompanhado de detalhes gerais sobre a publicação desses resultados. Então, são apresentados a distribuição de números cromossômicos e de outras informações cariotípicas para cada uma das famílias que compõe a ordem Sapindales. A discussão abrange a sugestão do número básico e a evolução do número cromossômico em cada uma das famílias e nos seus respectivos grupos, considerando-se as propostas filogenéticas vigentes.

3.1 Estudos cromossômicos em Sapindales

A busca na literatura de números cromossômicos já publicados resultou em 1790 registros, em 451 publicações, para 775 espécies de Sapindales distribuídas em 208 gêneros. O nível de conhecimento do número cromossômico para Sapindales é baixo. Apenas 13,9% das espécies de toda a ordem possuem algum registro de número cromossômico publicado. Quanto a gêneros, a quantidade é maior(45%), mas ainda assim não chega nem à metade dos gêneros aceitos (Tabela 1).

O conhecimento dos números cromossômicos entre as famílias é heterogêneo. A situação é mais crítica em Burseraceae (cerca de 700 espécies, distribuídas em apenas 18 gêneros), contrastando a maior porcentagem dos gêneros (55,6%) com a menor porcentagem

de espécies (3,5%) com números cromossômicos publicados. Para as outras maiores famílias de Sapindales, nenhuma ultrapassa 18% de conhecimento para espécies, destacando-se Rutaceae com a maior porcentagem de registros publicados (17,4%). Para gênero, apenas metade possui a cobertura maior que 40%, destacando-se Meliaceae, com registro para 75% dos gêneros, sendo a família melhor representada nesse quesito. Essa disparidade entre o registro de números cromossômicos para gênero e espécie é devido à ocorrência de muitos gêneros com muitas espécies, com disponibilidade de informação para uma única espécie, levando a essas estatísticas.

Para o Brasil, existem 135 (15,2%) espécies com registro cromossômico, dentre 889 ocorrentes no país. Para gênero *l.s.* e gênero *s.s.*, há, respectivamente, registros para 53 (55,8%) e 38 (40%) gêneros dentre 95 ocorrentes no Brasil (Tabela 2). Dentro das famílias, Anacardiaceae e Sapindaceae possuem uma porcentagem de dados cromossômicos um pouco melhor do que em relação ao total mundial. Meliaceae possui uma alta quantidade de gêneros com determinação cromossômica, mas uma baixíssima taxa para espécies. Simaroubaceae possui uma melhor amostragem de espécies com número cromossômico determinado, mas cai em gênero. Por outro lado, Burseraceae e, principalmente, Rutaceae tiveram queda significativa em relação ao percentual mundial, com taxas baixas tanto para espécie como para gênero. A baixa amostragem de Rutaceae evidencia a necessidade de ampliar os conhecimentos sobre os números cromossômicos das espécies e gêneros brasileiros, pois dentro das Sapindales é a família que possui a maior taxa de endemismo para as duas categorias 54,6% e 15,6% respectivamente (FLORA DO BRASIL, 2020 em construção; KUBTZKI, 2011; SOUSA & LORENZI, 2012).

Existe pelo menos um número cromossômico registrado para cerca de 13,9% das espécies e 45,6% dos gêneros existentes na ordem (Tabela 1). Os números cromossômicos obtidos foram $2n = 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 33, 34, 36, 38, 39, 40, 42, 44, 45, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 66, 68, 70, 72, 75, 76, 78, 80, 81, 84, 86, 88, 92, 94, 96, 100, 104, 108, 116, 132, 136, 140, 150, 162, 168, 180, 210, 216, 280, 360$ (Tabela 1).

A maior frequência de números cromossômicos nas espécies foi de $2n = 28$ (9,6%), $2n = 24$ (9,5%); $2n = 26$ (9,3%), $2n = 30$ (9%), $2n = 36$ (8,6%), $2n = 18$ (7,4%) e $2n = 32$ (7,1%) (Figura 1). Cada um dos outros números possui menos de 3,5% de frequência. O maior número cromossômico registrado foi $2n = 360$ para *Trichilia dregeana* (Meliaceae) e o menor foi $2n = 10$ em *Biebersteinia heterostemon*, *B. multifida*, *B. odora*, *B. orphanidis* (Biebersteiniaceae) e *Boenninghausenia albiflora* (Rutaceae) (Tabela 1) (Anexo 1).

O trabalho original foi acessado integralmente em 260 (57,6%) publicações científicas, correspondendo a 1216 (67,8%) registros analisados integralmente (Tabela 1).

Imagens dos cromossomos foram apresentadas com desenhos em 131 (10,7%) e com fotografias em 399 (32,9%), perfazendo um total de 530 (43,6%) registros dentre 1214 analisados. Apesar de menos da metade das contagens possuir registros gráficos (desenhos e fotografias), ainda assim é a informação mais comum depois do número cromossômico. Informações cariotípicas são o terceiro tipo de informações mais disponíveis em Sapindales, para 261 (21,4%) dos 1217 registros analisados, principalmente em Sapindaceae, Anacardiaceae e Meliaceae. Para meiose, há 257 (21%) registros dentre os 1217 analisados, com análise da microsporogênese, para efetuar a contagem cromossômica. Para pólen, foram encontrados 154 (12,6%) registros dentre os 1219 analisados, referentes principalmente ao tamanho dos grãos. Para bandamentos há 94 (7,7%) registros dentre 1216 analisados. Para hibridização *in situ* (*His*) há 46 (3,7%) registros de aplicação de algum protocolo envolvendo *His* dentre os 1216 analisados. A presença de cromossomos B foi presente em 7 (0,5%) registros dentre os 1217 analisados. A informação da quantidade de DNA (C) é baixa, relatada em 40 (3,2%) registros dentre os 1222 analisados, sendo Guerra (1984), um dos maiores contribuintes para esse dado. A constatação e menção de constrições secundárias estiveram presentes em 100 (8,2%) registros dentre 1216 analisados (Tabela 3).

Discussões sobre filogenia foram escritas sobre 433 (35,5%) registros dentre 1216 analisados. O número básico foi abordado em 525 (43,1%) registros dentre os 1218 analisados. Discussões sobre ploidia foram realizadas em 694 (57%) registros dentre 1222 analisados (Tabela 4).

3.1.1 Publicações

Os formatos de publicação em que aparecem os registros de números cromossômicos em Sapindales foram variados, mas a maioria (78,7%) foi publicada como Artigo (em periódicos). As demais publicações ocorreram na forma de Notas (19,3%), Livros (1,3%) e Teses (0,7%) (Figura 2C). Das publicações com acesso integral, houve predomínio de Artigos, seguido de Notas (Figura 2A). Além de Artigos serem o formato de publicação mais comum, também foram muito mais efetivos para o amplo acesso e divulgação dos resultados (Tabela 2).

Não conseguimos acesso integral aos livros, assim como a 75% das Teses (Figura 2B). Todos os registros publicados no formato de Livro não foram acessados devido à dificuldade de se obter uma cópia impressa ou no formato digital. As publicações no formato de Tese também foram de difícil acesso, principalmente devido à falta de um formato digital.

O idioma mais comum entre as publicações foi o inglês com 76,3%, seguido do Francês com 6% e Espanhol, 5,3% (Figura 3C). Entre as publicações em que não foi possível o acesso integral, incluem-se todas as russas (5,24% do total) e uma menor percentagem em outros idiomas em relação aos acessados. A língua inglesa nos trabalhos não acessados foi de 64,4% (Figura 3B). A língua inglesa corresponde a 85% das publicações que foram acessadas integralmente (Figura 3A).

Portanto, o idioma também pode ser considerado um fator limitante ao acesso de trabalhos. Como já reconhecido, o Inglês é o idioma internacional da ciência (VAN WEIJEN, 2012), o que está associado à grande porcentagem de trabalhos publicados nessa língua. Alguns idiomas tiveram quase sua totalidade de trabalhos com acessos restritos, como os que estão em Russo e Alemão. Os trabalhos asiáticos também são de difícil acesso, devido tanto ao idioma quanto à distribuição da publicação em si. Como as versões dos trabalhos digitais só ganharam força no final dos anos 90 (VARMUS, 2009), principalmente devido à popularização da internet, a maioria dos trabalhos não acessados, anteriores a essa época, não possuem prioridade nas suas digitalizações, por estarem em revistas de menor circulação, ou em teses e livros estrangeiros. Revistas de mais ampla distribuição, como *American Journal of Botany* ou *Taxon*, por exemplo, são revistas de fácil acesso. A plataforma *JStore* também facilitou muito o acesso aos trabalhos mais antigos.

Ainda que muitos artigos não fossem acessados integralmente, foi possível obter no mínimo o número cromossômico, pois estes estão publicados em trabalhos de compilação. Os compilados com maior cobertura dos registros de números cromossômicos de representantes de Sapindales foram CCDB (*Chromosome Count Database*) (RICE *et al.*, 2015) com 1300 (72,5%) registros, IPCN Impresso com 881 (52,4%) registros, IPCN Online com 648 (32,8%) registros e o Bolkhosvikh *et al.* (1969), com 393 (21,9%) registros. Vale ressaltar que diversos registros constam em mais de um compilado. Utilizando o CCDB, IPCN impresso e Bolkhovskikh *et al.* (1969) conseguimos abranger aproximadamente 90% dos números cromossômicos publicados para Sapindales (Figura 4). Foram encontrados 196 registros (10,9%) sem estarem presentes em nenhum compilado, apenas nas publicações originais em notas e artigos científicos.

O primeiro compilado foi o de Darlington & Janaki (1945), em sua obra *Chromosome atlas of cultivated plants*, seguido de Löve & Löve (1948) com *Chromosome numbers of northern plant species*. Darlington & Wylie (1955) publicaram um novo compilado, *Chromosome atlas of flowering plants*, mas desta vez incluindo espécies não cultiváveis. Desde então, diversos autores ou grupos de pesquisa se empenharam em criar seus compilados.

Podemos destacar o IPCN (Index to plant chromosome numbers) com sua primeira publicação em 1965 com Ornduff (1967). Em um intervalo variando de um a três anos foram publicadas novos IPCN's referentes aos outros anos até 2006. Outros autores ficaram também responsáveis pelo IPCN, como Moore e Goldblat. O IPCN posteriormente lançou uma plataforma *online* em que compila os números já publicados na forma física. Mas, como analisado no presente trabalho, o IPCN *online* não contém toda a integridade de números cromossômicos das cópias físicas. Apesar de toda a praticidade, ainda há muitos erros e lacunas no preenchimento da versão digital. Comparamos o material impresso do IPCN (1967 a 1996) com o seu repositório *online* e verificamos que 37,4% dos registros impressos não estão cadastrados no repositório *online*.

Outra plataforma *online* e recente é o *Chromosome Counts Database* (CCDB) (RICE *et al.*, 2015). É o maior banco de dados sobre números cromossômicos da internet, pois sintetiza praticamente todos os compilados já publicados, além da ferramenta de novas adições para publicações recentes.

Um dos maiores compilados publicados em cópia física é o *Chromosome numbers of flowering plants* de Bolkhovskikh *et al.* (1969) em russo, com uma reimpressão em inglês em 1974. Alguns cientistas referenciam o compilado pelo nome dos autores e outros referenciam pelo do editor, podendo o mesmo trabalho ser citado como Fedorov (1969, 1974). Esse compilado é abrangente e possui os registros desde as primeiras pesquisas em citogenética até próximo do seu ano de publicação.

Assim os compilados usados (Darlington 1955, IPCN online e físico, CCDB e Bolkhovskikh *et al.*, 1969) apresentaram quase 90% de cobertura dos números utilizados neste trabalho. O CCDB se mostrou o melhor para se trabalhar individualmente, com aproximadamente 70% de cobertura (Figura 4). Bolkhovskikh (1969) tem quase 100% dos mesmos registros publicados em Darlington (1955).

Em síntese, nossos acessos integrais às publicações (57,6%) e aos registros de números cromossômicos em Sapindales (67,8%) refletem as características do idioma e dos meios de publicação já citados anteriormente.

A média de registros por publicação em Sapindales é de quatro números cromossômicos por publicação científica, com maiores ocorrências em Meliaceae, Rutaceae e Sapindaceae (Tabela 1). São famílias com muitas espécies descritas e com muitas espécies importantes comercialmente (KUBITZKI, 2011), resultando em que vários autores estudaram diversas espécies dessas famílias, em poucas publicações. Por outro lado, Simaroubaceae e Burseraceae detêm as menores médias de registros por publicação. Burseraceae possui uma baixíssima taxa

de espécies com número cromossômico registrado; além disso, os trabalhos que contêm esses números registrados não são específicos da família, mas sim publicações de miscelâneas de famílias.

3.1.2 Datas e Autores

A primeira publicação cromossômica em Sapindales foi para a espécie *Acer negundo* (Sapindaceae), com $2n = 26$ (DARLING, 1909), na época ainda dentro da família Aceraceae. Durante as três décadas seguintes houve um pequeno aumento gradativo de publicações citogenéticas, mas somente na década de 1950 houve um aumento de registros para Sapindales, talvez devido à descoberta da estrutura tridimensional do DNA por Watson & Crick (1953), a qual foi associada aos cromossomos. O pico de pesquisa ocorreu na década de 1970 (Figura 5) e logo após, na década de 1980, as publicações começaram a declinar, provavelmente com o advento das técnicas de Genética Molecular.

Os autores que mais contribuíram para o conhecimento dos números de Sapindales foram P. N. Mehra, P. K. Khosla e B.T. Styles com seus trabalhos na região do Himalaia, oferecendo inúmeras contribuições para o conhecimento de Anacardiaceae, Meliaceae e Rutaceae. Os autores S. Mangenot e G. Mangenot também fizeram diversos trabalhos de determinação de número cromossômico para quase todas as famílias. M. Guerra foi um dos autores que mais contribuiu para novos registros de Rutaceae, enquanto M. S. Ferruci foi responsável por uma grande parcela dos conhecimentos de Sapindaceae. Alguns autores merecem destaque, pois além de determinarem números cromossômicos inéditos, também participaram de grupos de pesquisa que mais contribuíram para novas informações para citogenética molecular, como M. S. Guerra (em Rutaceae) e J. D. Urdampilleta (em Sapindaceae).

3.1.3 Origem

As análises dos trabalhos originais permitiram que pudéssemos obter a origem dos acessos de 1482 registros. Houve 44 registros de trabalhos originais acessados que não relatavam a origem do acesso do material estudado. Os continentes com maiores quantidades de relatos de números cromossômicos para Sapindales foram: Ásia com 542 (36,6%); América do Sul com 246 (16,6%), Oceania com 217 (14,6%), África com 172 (11,6%), Europa com 150 (10,1%), América do Norte com 109 (7,3%), América Central com 23 (1,5%) e arquipélagos (Mediterrâneo, Pacífico e Atlântico) com 23 (1,4%) (Figura 6). As regiões com maiores registros foram Índia/Himalaia com 24,5%, seguido da Austrália com 13,1%, Brasil com 9,7%, África ocidental com 6,7% e Estados Unidos com 5,7%. Outras regiões possuem menos de 4% de registro em suas áreas cada.

No continente asiático, principalmente na região do Himalaia, P.N. Mehra foi uma das principais pesquisadoras a contribuir com esse conhecimento. Na América do Sul, predominam os trabalhos feitos principalmente no Brasil e Argentina.

Anacardiaceae teve sua maioria de estudos feitos com material asiático e, em segundo, com material neotropical, devido ser uma família com representantes tropicais a subtropicais. Em Burseraceae, a maioria dos poucos registros foram asiáticos e, mesmo havendo uma grande diversidade de espécies no neotrópico, não houve nenhum registro cromossômico com material dessa região. Meliaceae teve suas maiores quantidades de registros na região asiática, seguido das africanas.

Rutaceae possui seu maior número de registros na Oceania, contrariando a tendência de Sapindales, no Himalaia e neotrópico. Esse alto número de registro para a Oceania se deve aos extensos estudos realizados com a tribo Boroniae, que é típica dessa região. Sapindaceae, assim como Rutaceae, não seguiu a tendência da ordem, devido a uma grande maioria de espécies de Sapindaceae serem tropicais e principalmente do neotrópico. Apesar disso, o gênero *Acer* contribuiu significativamente para o grande número de registros europeus, abrangendo a região temperada.

3.2 Número Básico, cariótipo e evolução do número cromossômico nas famílias de Sapindales

3.2.1 Anacardiaceae

Em Anacardiaceae, foram analisados 248 registros de números cromossômicos em 114 publicações para 81 espécies distribuídas em 26 gêneros. O trabalho original foi acessado integralmente em 61 (53,5%) publicações científicas, correspondendo a 121 (48,8%) registros analisados integralmente. A média em Anacardiaceae é de 2,2 registros por publicação (Tabela 1).

A família Anacardiaceae possui a segunda mais baixa porcentagem de conhecimento de número cromossômico para gêneros (33,8%) e também para espécies (11,6%) (Tabela 1, Figura 7). Essa tendência segue também nos gêneros que possuem alguma informação cromossômica além do número. Também possui uma das menores variedades de número cromossômico, registrando apenas 14 números ($2n = 14, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 36, 40, 42, 45, 48, 58$ e 60 , Tabela 1), com baixa amplitude de variação. O maior número cromossômico registrado foi $2n = 60$ em *Schinus terebentifolius* e *Semecarpus anacardium* e o menor foi $2n = 14$ em *Capylopetalum siamense* e *Dobinea vulgaris* (Tabela 1) (Anexo 1). A maior frequência de números cromossômicos nas espécies foi de $2n = 30$, com a maior porcentagem dentre todas as outras grandes famílias (43,3%), seguida de $2n = 28$ (19,6%) e $2n = 32$ (10, 3%) (Figura 6).

Todos os outros números possuem menos de 10% de frequência e a menor porcentagem de registros e publicações analisadas e acessadas integralmente. Esses dados indicam que, dentro de Sapindales, a família pode ser considerada uma das mais conservadas quanto ao número cromossômico.

O primeiro registro de número cromossômico para Anacardiaceae é do ano de 1912 para a espécie *Toxicodendron pubescens*, com $2n = 30$ (GRIMM, 1912). O pico de contagem de números cromossômicos foi durante a década de 70 (Figura 1).

Para o Brasil, existem 17 (30,9%) espécies com registro cromossômico dentre as 55 ocorrentes no país. Para gênero *l.s.*, são conhecidos números cromossômicos para 10 (71,4%) gêneros dentre 14 ocorrentes no Brasil. Para gênero *s.s.*, há 7 (50%) dentre 14 ocorrentes (Tabela 2).

Ilustrações cromossômicas estão presentes em 52 (43%) registros dentre os 121 analisados, sendo sete (5,8%) com desenhos e 45 (37,2%) com fotografias. Para cariótipos, há dados para 33 (27,3%) registros, dentre os 121 analisados (Figura 7, Tabela 3). Para meiose, 19 (15,7%) registros possuem informações ou dados dentre os 121 analisados. Para pólen, há 10 (8,3%) registros dentre 121 analisados. Para bandamentos, há 14 (11,6%) registros dentre os 121 analisados. Para hibridização *in situ*, um (0,8%) registro realizou algum protocolo envolvendo *His* dentre 121 analisados. Não houve relato de cromossomo B em nenhum dos 121 registros apresentados. A quantidade de DNA (C) foi presente em cinco (4,1%) registros de 121 analisados (Figura 7, Tabela 3). A constatação de constrições secundárias ocorreu em oito (6,6%) registros dentre 121 analisados (Tabela 3).

Foi possível obter a origem dos acessos em 145 dos 248 registros encontrados nos trabalhos originais. Houve seis registros de trabalhos originais acessados que não relatavam a origem do acesso do material estudado. Os continentes com maiores relatos de números cromossômicos para Anacardiaceae foram: Ásia com 67 (48,2%), América do Sul com 30 (21,6%), Europa com 26 (18,7%), África com 12 (8,6%), Oceania com dois (1,4%), América do Norte com um (0,7%) e América Central com um (0,7%) (Figura 6). As regiões com maiores registros foram Índia/Himalaia com 36,3%, seguido da Canadá com 6,7%, Brasil com 6,1% e Irã com 6,1%. As outras regiões possuem menos de 6% de registro em suas áreas.

Dentre os 121 registros de números cromossômicos em Anacardiaceae, discussões sobre filogenia foram apresentadas em 13 (10,7%). Discussões sobre o número básico e nível de ploidia foram feitas em 26 (21,5%) registros (Figura 7, Tabela 4). No presente estudo, para a discussão dos números básicos da família e de seus grupos, a classificação de subfamília segue

Weeks *et al.* (2005) (Figura 7). A classificação em clados foi feita neste trabalho para facilitar a identificação desses para a discussão.

Os clado de *Pentaspadon* e o clado de *Campnosperma* não possuem nenhuma informação cromossômica.

3.2.1.1 Anacardioideae 1 (Clado Pistacia)

Para o clado Pistacia há informações cariotípica/número básico/poliploidia e de número cromossômico para quase metade dos gêneros. Em *Pistacia* foram relatados $2n = 24, 28$ e 30 . Ghaffari *et al.* (2005) relataram que cada espécie possui um número fixo, ressaltando que $2n = 24$ e 30 em *P. lentiscus* se devem a erro de contagem dos cromossomos ou erro de identificação da espécie no trabalho de Natarajan (1977,1978). Posteriormente Al Saghir *et al.* (2014) também relataram $2n = 30$ para *P. lentiscus*, mas esse número é duvidoso, pois o trabalho foi feito com coloração DAPI em material herborizado, além da foto publicada não conter efetivamente cromossomos contáveis. O gênero possui cromossomos gigantes e cromossomos sexuais, relatados por Ghaffari *et al.* (2002) e confirmados por Tilkat *et al.* (2011). Os cromossomos variam de $35 \mu\text{m}$ a $4.86 \mu\text{m}$, tendo uma média de $16 \mu\text{m}$, e os cariótipos variam de média a alta assimetria. Não há relatos de poliploidia para o gênero e o número básico proposto é $x = 12, 14$ e 15 . Devido a sua alta assimetria cariotípica, como formulou Stebbins, (1971) o provável número cromossômico ancestral de *Pistacia* seria $x = 14$ com derivação aneuploide para 12 e 15 , como sugerido por Ghaffari *et al.* (2002).

O gênero *Rhus* tem relatos de $2n = 30$ e 32 , sendo 32 apenas uma contagem. Paiva & Leitão (1987) sugeriram que $2n = 32$ seja um tetraploide de $x = 8$ e que $2n = 30$ seja derivado de $x = 15$. O $x = 15$ teria sido originado por cruzamento entre espécies ao $x = 8$ e $x = 7$. É difícil corroborar essa hipótese, pela inexistência de dados, porem pode se tratar apenas de um erro de contagem. Dentro da subfamília Anacardioideae 1 há relato de $2n = 30$ para todos os gêneros, inclusive um possível triploide em *Toxicodendron* com $2n = 3x = 45$.

É provável que os outros números básicos sejam originados de alterações numéricas de $x = 15$, sendo assim $x = 15$ o número básico de Anacardioideae 1. Não há como considerar que a subfamília possui cromossomos gigantes, pois estas informações são baseadas apenas no tamanho dos cromossomos de *Pistacia*. O clado é predominantemente norte-americano, com *Pistacia* ocorrendo na Europa, Oriente Médio e Ásia e algumas espécies de *Rhus* e *Toxicodendron* na Ásia.

3.2.1.2 Anacardioideae 2 (Clado Schinus)

No clado Schinus há informação de número cromossômico para menos da metade de gêneros e, para apenas dois, há informações sobre cariótipo/ número básico/poliploidia. O clado

Schinus possui $2n = 28, 30, 32, 48$ e 60 , sendo $2n = 30$ o mais frequente. Os cromossomos do clado Schinus tendem a ser pequenos, entre $1 \mu\text{m}$ e $2 \mu\text{m}$, e cariótipos simétricos, contrastando com o clado irmão *Pistacia* como mostrado a seguir.

Para o gênero *Schinus* há relatos de $2n = 28, 30$ e 60 , indicando uma aneuploidia gerando $2n = 28$ (OGINUMA *et al.*, 1998) além de uma provável poliploidia com $2n = 60$. A variação do tamanho cromossômico dentro do gênero é de $1.9 \mu\text{m}$ a $0.5 \mu\text{m}$, com uma média de $1.1 \mu\text{m}$, com centrômeros em posição mediana a submediana (LAS PEÑAS *et al.*, 2006; LUZ *et al.*, 2015; OGINUMA, *et al.*, 1998). Las Peñas *et al.* (2006) identificaram a presença de bandas $\text{CMA}^+ / \text{DAPI}^-$ terminais em todas as espécies estudadas. O número diploide $2n = 28$ pode ter se originado a partir de uma aneuploidia (OGINUMA *et al.*, 1998). Las peñas *et al.* (2006) sugeriram que o número básico seja $x = 7$, baseado no trabalho de Raven (1975) o qual indicou que o número básico de Anacardiaceae também seria $x = 7$.

Euroschinus possui apenas relato de $2n = 48$, sendo um dos dois gêneros a não apresentar $2n = 30$. Os cromossomos possuem entre $2.7 \mu\text{m}$ e $0.8 \mu\text{m}$, sendo considerados pelo autor como, em suma, metacêntricos e alguns pares submetacêntricos. Há relato da presença de satélites (OGINUMA *et al.*, 1998). *Euroschinus* é um dos gêneros mais derivados dentro do clado e o único não americano, o que pode explicar a variação cromossômica com os demais.

3.2.1.3 Anacardioideae 3 (Clado Searsia)

Em Anacardioideae 3 não há relatos de informações citogenéticas além do número cromossômico. O gênero *Searsia* possui $2n = 28, 30$ e 32 , com alta predominância de $2n = 30$ (Anexo 1). *Sorindeia* possui um registro de $2n = 28$ (Anexo 1). Com os dados disponíveis na literatura, a sugestão é que o clado também tenha o número básico $x = 15$, seguindo a tendência dos cladros irmãos. O clado é essencialmente africano, mas o gênero *Searsia* é asiático.

3.2.1.4 Anacardioideae 4 (Clado Anacardium)

Em Anacardiaceae 4 apenas três gêneros possuem número cromossômico determinado e dois alguma informação citogenética adicional. O clado Anacardium possui cromossomos variando de $2n = 24, 40, 42, 58$ e 60 .

O gênero *Mangifera* possui $2n = 24$ e 40 . A variação de tamanho compreende entre $0.4 \mu\text{m}$ a $2.0 \mu\text{m}$, constituindo cariótipo considerado assimétrico. Mukherjee (1950) relatou presença de satélites. Pierozzi & Rossetto (2011) realizaram bandamento NOR, que coincidiu com as regiões de rDNA encontradas através de CMA/DAPI e FISH por Yonemori *et al.* (2004). Mukherjee (1950) sugeriu que *Mangifera* seria um aloploidio com número básico $x = 8$, derivado de $x = 5$. Assim, sendo $x = 8$, as espécies seriam $2n = 3x = 24$ e $2n = 5x = 40$.

Em *Anacardium* há relato de $2n = 24, 40$ e 42 . A média do tamanho dos cromossomos é de $1 \mu\text{m}$ a $4 \mu\text{m}$, com uma alta assimetria cariotípica. Aliyu & Awopetou (2007) propuseram que número básico possa estar entre $x = 7$ e $x = 16$.

Anacardium e *Mangifera* possuem espécies cultivadas. O cultivo aumenta a probabilidade de alterações numéricas em plantas devido às hibridações interespecíficas e à seleção artificial. Devido a esses fatos, não é possível determinar com confiabilidade o número básico do grupo, mas seguindo a tendência dos grupos irmãos, parecem derivar de $x = 8$. Por outro lado, *Semecarpus* está mais próximo do número básico da família, sendo um tetraploide de $x = 15$ ($2n = 4x = 60$) (BIR *et al.*, 1980; EKJ, 1955; KHOSLA *et al.*, 1973; MEHRA, 1976; SARKAR *et al.*, 1980). O clado tem distribuição geográfica variada, o que também pode ser um contribuinte para a variação cromossômica numérica, sendo *Semecarpus* da Oceania, *Mangifera* da Índia e *Anacardium* sulamericana.

3.2.1.5 Clado Dobinea

O clado Dobinea é um clado irmão de Anacardioideae. Possui número para os dois gêneros e outras informações para um. *Campylopetalum* possui $2n = 14$, com cromossomos pequenos e submetacêntricos. Possuem satélites com posições consideradas derivadas por Forman (1953) que, junto com a tendência à assimetria, indica que pode se considerar um cariótipo derivado. *Campylopetalum* e *Dobinea* possuem ambos $x = 7$, que podemos sugerir como o número básico desse clado.

3.2.1.6 Spondioideae 1 (Clado Tapirira)

Spondioideae 1 possui registros de número para menos da metade dos gêneros e outras informações citogenéticas para apenas um gênero. O clado possui espécies com $2n = 24, 26, 28, 30$ e 40 .

Sclerocarya possui $2n = 26$ e 28 , com cromossomos considerados provavelmente pequenos por Bationo-Kando *et al.* (2016), além de serem metacêntricos a submetacêntricos. Possui constrições e o bandamento CMA/DAPI revelou duas bandas CMA⁺ terminais e duas pericentroméricas. Nenhuma banda DAPI⁺ foi relatada. Há regiões ricas em G-C associadas a rDNA. Esse foi o único registro de $2n = 26$ em Anacardiaceae. Bationo-Kano *et al.* (2016) sugeriu displóidia/aneuploidia ou mesmo um erro de contagem. O número básico foi considerado $x = 14$, com ancestral $x = 7$ (BATIONO-KANO *et al.*, 2016).

Nesse clado, os números básicos variaram entre $x = 12, 14$ e 15 (em *Lannaea* é relatado $2n = 30$). É possível o número básico ancestral ser $x = 14$ e os outros dois derivados dele, assim como já relatado para *Pistacia*. A distribuição é ampla e existem gêneros em todos os continentes, exceto Antártida (WEEKS *et al.* 2014).

3.2.1.7 Clado *Buchanania*

O único gênero desse clado *Buchanania*, possui apenas número registrado de $2n = 22$, com distribuição no sudoeste asiático. O clado é considerado irmão do clado Tapirira.

3.2.1.8 Spondioideae 2 (Clado *Spondias*)

Para Spondioideae 2 há registro de número cromossômico para mais da metade dos gêneros e informações citogenéticas para dois gêneros. As espécies de *Spondias* possuem $2n = 32$, cariótipos similares e cromossomos pequenos. Entretanto, as espécies variam nos bandamentos CMA/DAPI e nas hibridizações *in situ*, como apontou Almeida *et al.* (2007), o qual realizou GISH para detectar espécies híbridas. O número básico é $x = 16$. Bawa (1973) sugeriu que $2n = 32$ seja um paleotetraploide diploidizado.

Dracontomelon possui $2n = 30$, com cromossomos variando gradualmente entre 0.5 μm e 1 μm , sendo todos metacêntricos. O cariótipo possui satélites e pode ser considerado com características ancestrais (OGINUMA *et al.*, 1999).

O clado *Spondias* possui $2n = 30, 32$ e 36 com $n = 15, 16$ e 18 . Acompanhando a tendência da família é possível que o número básico seja $2n = 15$. O clado tem gêneros distribuídos por todos os continentes (Weeks *et al.* 2014).

3.2.1.9 Visão Geral de *Anacardiaceae*

A família possui espécies com cromossomos pequenos e, em sua maioria, os cariótipos são simétricos. *Pistacia* é uma exceção em relação ao tamanho cromossômico; os cromossomos grandes provavelmente são resultados de autoduplicações em tandem ou acúmulo de íntrons (STEBBINS, 1971). São necessárias novas contagens e medições nos gêneros irmãos de *Pistacia* para afirmar se esses cromossomos gigantes são característicos apenas do gênero ou se ocorrem também nos seus ancestrais e gêneros irmãos.

Séries poliploides foram quase ausentes na família. A evolução cromossômica ocorreu basicamente por disploidia/ aneuploidia, como relatados na maioria dos gêneros, com provável número básico da família $x = 15$. Não há muita variação da simetria cariotípica na família como um todo, exceto em alguns casos que apresentam cariótipos assimétricos, evidenciando possíveis fissões, fusões, translocações ou inversões centroméricas. Propomos que o número básico seja $x = 15$, pois é muito frequente na subfamília *Anacardioideae*, além de ser o melhor número que representa o clado *Spondias*. Do ponto de vista da ordem Sapindales, discutido mais à frente, é mais provável ser $x = 15$. Com o número básico $x = 7$, proposto por alguns autores já mencionados (BATIONO-KANO *et al.*, 2016; LAS PEÑAS *et al.*, 2006; RAVEN, 1975), a família se torna um paleopoliploide com eventos de disploidia mais recentes.

3.2.2 *Burseraceae*

Foram analisados 37 registros de números cromossômicos de Burseraceae em 24 publicações, para 23 espécies distribuídas em 10 gêneros. O trabalho original foi acessado integralmente em 13 (54,2%) publicações científicas, correspondendo a 19 (51,4%) registros analisados integralmente. A média em Burseraceae é de 1,5 registros por publicação (Tabela 1).

Existe pelo menos um número cromossômico registrado para cerca de 3,5% das espécies existentes na família e 55,6% dos gêneros (Figura 8). A família Burseraceae possui a segunda maior porcentagem de gêneros com registros de números cromossômicos, mas a menor com espécies conhecidas. Burseraceae possui poucos gêneros, 18, mas cinco destes são extremamente numerosos em espécies, acima de 100 (DALY *et al.*, 2011).

Os números cromossômicos obtidos em Burseraceae foram $2n = 22, 24, 26, 44, 46, 48, 78$ e 104 , um total de oito números diferentes. (Tabela 1), representando a menor variedade de número cromossômico na ordem Sapindales.

A maior frequência de números cromossômicos nas espécies foi de $2n = 26$ (37,5%), seguido de $2n = 22$ (20,8%) e $2n = 32$ (10,3%). Todos os outros números possuem menos de 10% de frequência (Figura 1). O maior número cromossômico registrado foi $2n = 104$ em *Canarium bengalense* e o menor foi $2n = 22$ em *Boswellia frereana*, *B. sacra*, *B. serrata*, *Bursera serrata*, *B. linanoe* e *Protium serratum* (Tabela 1) (Anexo 1).

O primeiro registro de número cromossômico para Burseraceae é do ano de 1931, para a espécie *Commiphora berryi* ($2n = 26$) (KRISHNASWAMY & RAMAN, 1931). O pico de contagem de números cromossômicos foi durante a década de 60 (Figura 5).

Para o Brasil, existem duas (1,9%) espécies com registro cromossômico dentre 104 ocorrentes no país. Para gênero *l.s.*, há relatos para seis (85,7%) gêneros dentre sete ocorrentes no Brasil. Para gênero *s.s.*, há apenas um (14,3%) dentre os sete ocorrentes (Tabela 2).

Foram constatados dois (10,5%) registros com desenhos dos cromossomos e dois (10,5%) com fotografias, perfazendo um total de quatro (21,1%) registros dentre 19 analisados. Para cariótipos, foram encontrados dois (10,5%) registros dentre os 19 analisados (Figura 8, Tabela 3). Para pólen, houve um (5,3%) registro, a quantificação de DNA (C) foi encontrada em dois (10,5%) (Figura 8) a constatação e menção de constrições foi presente em dois (10,5%) registros dentre 19 analisados. Nenhum dos registros analisados possuía alguma informação meiótica, sobre bandamentos, hibridização *in situ* ou cromossomos B (Tabela 3).

Nos trabalhos originais foi obtida a origem dos acessos de 37 registros de números cromossômicos. Quatro registros de trabalhos originais acessados não relataram a origem do acesso do material estudado. Os continentes com mais relatos de números cromossômicos para

Burseraceae são: Ásia com 20 (74,1%), África com 3 (11,1%), América Central com 2 (7,4%), Oceania e América do Norte com 1 (3,7%) registro cada (Figura 6). As regiões com maiores registros foram a Índia/Himalaia com 51,7%, seguido da China com 12,9%. As outras regiões possuem menos de 7% de registro em suas áreas (Figura 6).

Discussões sobre filogenia foram apresentadas em um (5,3%) registro, sobre o número básico em três (15,8%) e sobre ploidia em sete (36,8%) dentre os 19 analisados (Figura 8, Tabela 4). Na presente discussão, a classificação das subfamílias segue Weeks *et al.* (2014). Todas tiveram algum gênero com pelo menos um registro de número cromossômico.

3.2.2.1 Garugae, Burserae, Protiae e Beiselina

Na subfamília Garugae há registro de número cromossômico para cinco gêneros, que representam aproximadamente metade da subfamília. O gênero *Garuga* possui $2n = 26$ e cromossomos medindo entre 4 μm a 2,5 μm , com relato de várias constrições (GHOSH, 1966). O gênero *Haplolobus*, inserido no complexo *Canarium-Dacryodes*, possui cromossomos bem menores em relação a *Garuga*, com menos de 1 μm , sendo considerados medianos (OGINUMA *et al.*, 1999). Os outros números são $2n = 22, 26, 44, 46, 48, 78$ e 104 . *Canarium* possui $2n = 26, 48, 78, 104$, apresentando série poliploide $2x = 26, 6x = 78$ e $8x = 104$. Os números $2n = 44$ e 48 parecem ser poliploides derivados por displóidia/aneuploidia. Sugerimos o número básico de Garugae como $x = 13$. *Dacryodes* tem distribuição na América do Sul e África, *Canarium* na Ásia e *Boswellia* na Eurásia e norte da África.

A subfamília Burserae possui registros de número cromossômico para todos os gêneros, incluindo os dois subgêneros *Bursera* e *Elaphrium*. *Bursera* (norte-americano) possui $2n = 22$ e 24 que, comparado com os outros gêneros da subfamília, pode compor uma série aneuploide. *Aucomea* e *Commiphora*, ambas africanas, possuem $2n = 26$. Assim, corroborando Bawa (1973), o número básico de Burserae é $x = 13$. Outras informações citogenéticas são disponíveis apenas para *Bursera*, em que Bawa (1973) sugeriu o número básico $x = 12$.

A subfamília Protiae essencialmente americana, com poucas espécies asiáticas, só possui registro numérico para uma espécie asiática, *Protium serratum*, com $2n = 22$ (MEHRA, 1976). Com apenas um único registro, há pouca precisão em sugerir o número básico como $x = 11$, já que a subfamília é rica em espécies. O número básico $x = 11$ seria derivado de $x = 13$, se seguirmos o padrão da família.

A subfamília Beiselina é composta de apenas um gênero monoespecífico. Sendo grupo basal de todas as outras plantas de Burseraceae, o número $2n = 26$ tem como número básico $x = 13$, assim como o encontrado em outras subfamílias.

3.2.2.2 Visão geral de Burseraceae

O tamanho dos cromossomos foi determinado em apenas dois gêneros, *Garuga* e *Haplolobus*, com uma diferença de tamanho de 3 μm . Pode ser esperado que haja uma maior variação de tamanho entre os outros gêneros. A família possui um número básico $x = 13$, conservado em quase todos os gêneros que possuem registro cromossômico. Em alguns gêneros podemos observar séries aneuploides/displóides e uma série poliploide. São necessárias novas contagens em Burseraceae para que possam serem feitas inferências e uma discussão mais robusta da evolução cromossômica nesta família.

3.2.3 Meliaceae

Em Meliaceae, foram analisados 266 registros de números cromossômicos em 64 publicações para 94 espécies distribuídas em 39 gêneros. A família possui a maior porcentagem de gêneros (75%) com números cromossômicos conhecidos e a segunda maior de espécies (14,1%). (Figura 9).

A taxa de acesso à publicações e registros é a mais alta, tornando a família com maiores informações citogenéticas na ordem Sapindales. O trabalho original foi acessado integralmente em 44 (68,8%) publicações científicas, correspondendo a 214 (80,5%) registros analisados integralmente. A média em Meliaceae é de 4,2 registros por publicação (Tabela 1).

Meliaceae também possui a maior amplitude de variação e a maior variedade de números cromossômicos em Sapindales ($2n = 20$ a $2n = 360$) e uma alta incidência de números diferentes: $2n = 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 70, 72, 76, 78, 80, 84, 92, 96, 150, 168, 280$ e 360 (Tabela 1). O maior número cromossômico registrado foi $2n = 360$ em *Trichilia dregeana* (STYLES & VOSA, 1971) e o menor foi $2n = 20$ em *Dysoxylum pallens* (MEHRA & KHOSLA, 1969; MEHRA *et al.*, 1972) (Tabela 1).

A maior frequência de números cromossômicos nas espécies foi de $2n = 50$ (17,4%), $2n = 72$ (9,1%); e $2n = 46$ (8, 3%). Todos os outros números possuem menos de 8% de frequência (Figura 1). Apesar de $2n = 50$ ser o número mais frequente dentro da família, ele não é representativo, pois está limitado a apenas poucos clados.

O primeiro registro de número cromossômico para Meliaceae é do ano de 1931, para a espécie *Dysoxylum parasiticum*, com $2n = 31$ (PAETOW, 1931). O pico de contagem de números cromossômicos ocorreu na década de 70 (Figura 5).

Para o Brasil, existem oito (9,1%) espécies com registro cromossômico dentre as 88 ocorrentes no país. Para gênero *l.s.*, há registros para todos os oito (100%) gêneros ocorrentes no Brasil, enquanto para gênero *s.s.* há seis (75%) dentre oito ocorrentes. (Tabela 2).

A apresentação de imagens de cromossomos foi de 17 (7,9%) registros com desenhos e de 42 (19,6%) com fotografias, perfazendo um total de 59 (27,6%) registros dentre 214

analisados. Para cariótipos, existem 53 (24,8%) registros dentre 214 analisados (Figura 9, Tabela 3). Para meiose, 20 (9,3%) registros foram encontrados. E para bandamentos, dois (0,9%) registros apresentaram algum tipo de dado dentre 214 analisados. A quantidade de DNA (C) foi relatada em cinco (2,3%) registros (Figura 9, Tabela 3) e a A constatação e menção de constrições foim presente em dez (4,7%) registros dentre 214 analisados. Nenhum dos registros analisados possuíam alguma informação sobre pólen, hibridização *in situ* ou cromossomos B (Tabela 3).

As análises dos trabalhos originais possibilitaram obter a origem dos acessos de 236 registros. Entretanto, sete registros de trabalhos originais acessados não relatavam a origem do acesso do material estudado. Os continentes com maiores quantidades de relatos de números cromossômicos para Meliaceae foram: Ásia com 104 (45,4%), África com 97 (42,4%), América Central com dez (4,4%), América do Sul com sete (3,1%), América do Norte com cinco (2,2%), Oceania com quatro (1,7%), Europa com um (0,4%), e arquipélago do Atlântico com um (0,4%) (Figura 6). As regiões com maiores números de registros foram de Índia/Himalaia com 37,3%, seguido da África Ocidental com 14,4%. As outras regiões possuem menos de 5% de registro em suas áreas.

Dentre os 214 registros analisados, há discussões sobre filogenia em 125 (58,4%), sobre o número básico em 128 (59,8%) e sobre ploidia em 144 (67,3%) (Figura 9, Tabela 4).

A classificação da família segue Koenen *et al.* (2015) (Figura 9). Uma segunda classificação em clados foi feita neste trabalho para facilitar a identificação dos mesmos para a discussão. O clado monogenérico *Vavaea* não possui registro de nenhuma informação cromossômica.

3.2.3.1 Clado *Guarea* (Melioidae – GA Clade)

Aproximadamente metade dos gêneros do clado *Guarea* possui número cromossômico registrado em literatura. *Guarea* é o único gênero que possui informações citogenéticas extras. Styles & Vosa (1971) apontaram uma possível paleoploidia para o gênero *Guarea*, onde a espécie com menor número cromossômico possui $2n = 72$.

Todas as espécies estudadas dentro do clado *Guarea* apresentam poliploidia derivada de $x = 12$, sendo que a menor contagem indica hexaploidia ($2n = 6x = 72$). As contagens acima de 100 são imprecisas, segundo relato dos próprios autores (FARVARGER, 1961; MANGENOT *et al.*, 1957; MANGENOT & MANGENOT, 1957; STYLES & VOSA, 1971). A maior contagem é de cerca de 280 para *Turreanthus* e devido à imprecisão não é possível determinar se é derivado de $x = 12$, mas seguindo a tendência do grupo, seria $2n = 24x = 288$. Assim o

clado *Guarea* possui um número básico $x = 12$ e formado apenas por representantes poliploides, o qual pode estar relacionado à sua posição derivada na filogenia.

3.2.3.2 Clado *Aglaiia* (Melioidae – GA Clade)

No clado *Aglaiia*, menos da metade dos gêneros tem número cromossômico registrado e apenas três gêneros possuem informações citogenéticas extras. *Aglaiia* possui $2n = 40, 80, 84$ e 168 , com indicação de poliploidia. *Aglaiia*, *Dysoxylum* e *Aphanamixis* possuem cromossomos pequenos, com média de $0,8 \mu\text{m}$, $0,9 \mu\text{m}$ e $0,65 \mu\text{m}$, respectivamente (DATTA & SAMANTHA, 1977; KHOSLA & STYLES, 1975).

Nenhum dos trabalhos indicou o número básico para os gêneros do clado. A variação do número mostra duas tendências no clado: $2n = 20, 40$ e 80 com $x = 10$ e $2n = 36, 72, 84$ e 160 com $x = 12$, além dos outros números menos frequentes ($2n = 42, 46, 76, 92, 150$) que podem ser originados por disploidia ou simples erros de contagem. O número básico $x = 10$ é presente com as maiores frequências em *Aglaiia* e *Aphanamixis*, os quais são os gêneros mais derivados dentro do clado. O número $x = 12$ é mais marcante nos cladogramas basais, indicando que esse número possa ter derivado o $x = 10$ em *Aglaiia* e *Aphanamixis*, pois estes também apresentam derivados de $x = 12$.

A evolução do número cromossômico no clado ocorreu através de poliploidia, com eventos de disploidia/aneuploidia em alguns gêneros. Sugerimos que o número básico seja $x = 12$, pois segue a tendência da subfamília e está presente em mais gêneros do que $x = 10$.

3.2.3.3 Clado *Trichilia-Turraea* (Melioidae – TT Clade)

O clado TT possui número cromossômico para quase todos os gêneros do clado, mas apenas três possuem alguma informação citogenética extra. *Trichilia* possui a segunda maior variação de número cromossômico da família ($2n = 28$ a $2n = 360$) e o maior número já registrado ($2n=360$). Os cromossomos são pequenos, com variação entre $0,5$ a $1,85 \mu\text{m}$, constituindo cariótipos bastante assimétricos (KHOSLA & STYLES, 1975; MINFRAY, 1963b). Styles & Vosa (1971) relataram a alta ocorrência de poliploidia no gênero e Bawa (1973) apontou a espécie estudada de $2n = 50$ como tetraploide. Minfray (1963b) sugeriu $x = 10$ para o gênero *Turraea*, pois todas as contagens determinaram o número fixo de $2n = 50$, sendo todos pentaploides. *Turraea* possui cromossomos pequenos, com média de $1,5 \mu\text{m}$ (KHOSLA & VOSA, 1975). Styles & Khosla (1971) apontaram uma origem paleopoliploide para o gênero. *Cipadessa* possui cromossomos pequenos a medianos, com média de $2,1 \mu\text{m}$, e relatos de poliploidia.

É difícil inferir com precisão o número básico do clado devido à extensa variedade de números cromossômicos. O número mais frequente nos gêneros é $n = 25$. Há bastante indício de poliploidia devido aos altos números presentes no clado em relação ao resto da família.

3.2.3.4 Clado *Lepidotrichilia-Astrotrichillia* e Clado *Heynea-Walsura* (Melioidae)

O clado *Lepidotrichilia-Astrotrichillia* possui apenas número cromossômico para *Lepidotrichillia*, com $2n = 38$. O clado *Heynea-Walsura* possui número e informações cromossômicas extras para os dois gêneros. O número cromossômico é $2n = 28$ e 24 , respectivamente. A única contagem com 24 cromossomos pode ser um erro de contagem, devido à constância do número $2n = 28$ no clado (NANDA, 1962). *Walsura* possui cromossomos medindo entre $1.18 \mu\text{m}$ e $3.8 \mu\text{m}$, com constrições e cariótipo simétrico (DATTA & SAMANTA, 1977; GHOSH, 1960, 1968; KHOSLA & STYLES 1975). Ghosh (1968) discutiu a origem do gênero ser paleotetraploide, considerando a sugestão de alguns autores de que o número básico de Sapindales seria $x = 7$ (DATTA & SAMANTA, 1977; STYLES & VOSA, 1971). O número básico do Clado *Heynea-Walsura* é $x = 14$.

3.2.3.5 Clado *Ekebergia-Sandoricum* (Melioidae)

O clado possui número cromossômico e informações extra para dois gêneros. *Ekebergia* possui $x = 23$ e 25 , com predominância de $x = 23$; os cromossomos são pequenos, com média de $0,7 \mu\text{m}$. *Sandoricum* possui cariótipo muito assimétrico, com tamanho cromossômico médio de $0.83 \mu\text{m}$ (KHOSLA & STYLES, 1975). A variação de número cromossômico dentro do grupo é enorme. *Sandoricum* possui uma série poliploide para a espécie *S. koetjape* com $2n = 22$, 32 e 44 (diploide, triploide e tetraploide respectivamente) derivados do número básico $x = 11$. A espécie *S. radiatum* possui $2n = 28$, com $x = 14$. Mabberley (2011) relatou a origem de *Sandoricum* da região da Nova Guiné, local com muitas espécies endêmicas e barreiras geográficas, o que pode vir a explicar a variação interespecífica nos números cromossômicos.

3.2.3.6 Clado *Melia-Azadirachta* (Melioidae)

Há na literatura relato para número e informações extras de dois gêneros. Ambos os gêneros possuem $2n = 28$ e há apenas um único registro de $2n = 30$ para *Azadirachta* (MANGENOT S. & MANGENOT G., 1958), confirmando Styles & Vosa (1971). *Melia* possui cromossomos pequenos ($0,8 \mu\text{m}$ a $0,3 \mu\text{m}$) e cariótipo simétrico, com morfologia ancestral. *Azadirachta* possui também cromossomos pequenos (média de $0.8 \mu\text{m}$ a $1.1 \mu\text{m}$) com cariótipo simétrico a. A tribo Meliae já foi apontada como sendo $x = 14$, derivada de $x = 7$ (DATTA & SAMANTA 1977; JHA, 2014; KHOSLA & STYLES, 1975; MINFRAY, 1963b; STYLES & VOSA, 1971). O número básico do clado é $x = 14$.

3.2.3.7 Clado *Swietenia* (Cedreloideae)

Todos os gêneros dentro do clado apresentam número cromossômico e informações extras, sendo um dos clados da família e da ordem mais bem estudados do ponto de vista da citogenética clássica. A variação foi de $2n = 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58$.

O gênero *Carapa* ($2n = 58$) e *Khaya* ($2n = 46, 48$ e 50) possuem cromossomos pequenos, com média de $1 \mu\text{m}$ (KHOSLA & STYLES, 1971; MINFRAY, 1963a). *Xylocarpus* ($2n = 42, 44, 52$ e 58) possui cromossomos com média entre $2 \mu\text{m}$ e $2,3 \mu\text{m}$, com constrições subterminais e morfologia mediana (BASAK *et al.*, 1998; DAS & JENE, 2008). Styles & Khosla (1975) sugeriram $x = 26$ para *Xylocarpus*. *Soymida* ($2n = 56$) possui cromossomos pequenos, com média de $1.1 \mu\text{m}$ (KHOSLA & VOSA, 1971) e número básico $x = 28$ (STYLES & KHOSLA, 1975). *Neobeguea* ($2n = 50$) possui cromossomos pequenos ($0,7 \mu\text{m}$ a $1 \mu\text{m}$) e $x = 25$ (KHOSLA & STYLES, 1975; MINFRAY, 1963a). *Swietenia* ($2n = 46, 48, 54, 56$) também possui cromossomos pequenos, variando entre $0,5$ e $1,6 \mu\text{m}$ (DATTA & SAMANTA, 1977). Khosla & Styles (1975) apontaram vários citótipos para *Swietenia* e Minfray (1963b) sugeriu $x = 23$ ou 9 . Styles & Vosa (1971) sugeriram $x = 28$ para *Pseudocedrela*.

Sendo *Soymida* um gênero monoespecífico e basal, o número $2n = 56$ concorda como um tetraploide de $x = 14$, o qual é o possível número básico da subfamília Melioideae. Os demais números podem ter se derivado por aneuploidia/displóidia. De acordo com os números cromossômicos já registrados, o clado deve ter citogeneticamente se diversificado através de poliploidia e séries displóides. Também há possibilidade de diversos erros de contagem.

3.2.3.8 Clado Cedrela (Cedreloideae)

Todos os gêneros do clado possuem número cromossômico determinado e apenas um não possui informação extra, que é *Capuronianthus* com $2n = 58$. *Toona* ($2n = 24, 26, 46, 52, 54, 56, 78$) possui cromossomos entre $0,5 \mu\text{m}$ e $3 \mu\text{m}$, com a maioria em média de $1,2 \mu\text{m}$ (DATTA & SAMANTA, 1977; KHOSLA & STYLES, 1975; MINFRAY, 1963b; GAMAGE & SCHIMIDT, 2009). *Entandophragma* ($2n = 36, 70, 72$) possui cromossomos com média de $1,75 \mu\text{m}$ e relatos de séries poliploides, com Minfray (1963b) sugerindo $x = 9$ (KHOSLA & STYLES, 1975; STYLES & VOSA, 1971). *Cedrela* ($2n = 24, 26, 50, 52, 56$) possui cromossomos pequenos de $0,6 \mu\text{m}$ a $1,5 \mu\text{m}$, com indicação de paleopoliploidia por Styles & Vosa (1971) e número básico de $x = 7$ por Minfray (1963b) (KHOSLA & STYLES, 1975). Para o gênero *Lovoa* ($2n = 50, 52$) foi sugerido $x = 12$ ou 9 por Minfray (1963b) e $x = 25$ por Styles & Vosa (1971).

Assim como o clado *Swietenia*, o clado *Cedrela* deve ter se diversificado por diversos eventos de poliploidia e aneuploidia. Entretanto, os números cromossômicos variados podem resultar também de vários possíveis erros de contagem. São possíveis diversos números básicos

dentro do clado, mas seguindo a tendência do clado Swietenia, é possível que o número básico ancestral seja $x = 14$ com diversas derivações.

3.2.3.9 Clado Schmardea-Chukrasia (Cedreloideae)

Ambos os gêneros possuem informação cromossômica tanto numérica quanto adicional. Os dois gêneros possuem o mesmo número cromossômico ($2n = 26$) e cromossomos pequenos. Os cromossomos de *Chukrasia* possuem a média de $1,15 \mu\text{m}$ (KHOSLA & STYLES, 1975) e os de *Schmardea* variam de $1,5$ a $0,6 \mu\text{m}$ (STYLES & BENNETT, 1992). Styles & Vosa (1992) sugeriram $x = 13$ para *Chukrasia*, enquanto que Styles & Bennett (1992) indicaram que o $x = 13$ de *Schmardea* seja provavelmente derivado de $n = 12$, com hibridação entre $x = 6$ e $x = 7$. Entretanto, o número básico $x = 13$ derivado de $x = 14$ seria o mais compatível com os dados atuais para número cromossômico.

3.2.3.10 Visão Geral de Meliaceae

Os cromossomos de Meliaceae são concordantes com o postulado de Stebbins (1971), no qual famílias arbóreas tendem a ter cromossomos pequenos e numerosos. A assimetria cariotípica aumenta nos clados mais derivados e nos táxons com maiores variações de número cromossômico, que podem ter se originado através de fissões e translocações. A família possivelmente é formada de um número básico $x = 14$, no qual derivou através de eventos de poliploidia e aneuploidia/displóidia nos números atuais. Datta & Samanta (1977) já sugeriram que o número básico de Meliaceae fosse $x = 7$, mas devido à tendência de poliploidização ancestral na ordem, o $x = 7$ pode ter duplicado antes da formação das meliáceas.

3.2.4 Rutaceae

Em Rutaceae, foram analisados 567 registros de números cromossômicos em 149 publicações para 296 espécies distribuídas em 78 gêneros. A família possui a segunda maior porcentagem de gêneros (49,4%) e a maior de espécies (17,4%) com números cromossômicos conhecidos (Tabela 1, Figura 10). As taxas de acessos de publicações e registros analisados são altas. O trabalho original foi acessado integralmente em 83 (55,7%) publicações científicas, correspondendo a 440 (77,6%) registros analisados integralmente. A média em Sapindaceae é de 3,8 registros por publicação (Tabela 1).

Os números cromossômicos obtidos foram $2n = 10, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 33, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 45, 48, 50, 54, 56, 58, 60, 64, 66, 68, 70, 72, 76, 78, 80, 81, 88, 108, 116, 132, 136, 140, 162$ e 180 (Tabela 1). A variedade de números cromossômicos é a maior de todas as famílias de Sapindales, o que pode estar relacionado a sua alta riqueza de espécies. A amplitude de variação do número é alta, possuindo o menor número cromossômico da ordem ($2n = 10$) em *Boenninghausenia albiflora* (Anexo 1).

A maior frequência de números cromossômicos nas espécies foi de $2n = 36$ (20,5%), $2n = 18$ (18,8%); e $2n = 32$ (8%). Todos os outros números possuem menos de 6% de frequência (Figura 1). O maior número cromossômico registrado foi $2n = 180$ em *Erythrochiton brasiliensis* e o menor foi $2n = 10$ em *Boenninghausenia albiflora* (Tabela 1) (Anexo 1).

O primeiro registro de número cromossômico para Rutaceae é do ano de 1925 para as espécies *Aeglopsis chevalieri* ($2n=18$), *Atalantia buxifolia* ($2n=18$) e *Triphasia trifolia* ($2n=18$) (LONGLEY, 1925). O pico de contagem de números cromossômicos ocorreu durante a década de 80 (Figura 5).

Para o Brasil, existem 17 (8,8%) espécies com registro cromossômico dentre as 194 ocorrentes no país. Para gênero *l.s.*, há dados cromossômicos para nove (28,1%) gêneros de 32 ocorrentes no Brasil, enquanto para gênero *s.s.* os dados estão disponíveis para seis (18,8%). (Tabela 2).

Imagens de cromossomos foram apresentados em 53 (12%) registros com desenhos e em 141 (32%) com fotografias, perfazendo um total de 194 (44%) dentre 440 analisados. Para cariótipos, foram disponibilizados 64 (14,5%) registros (Figura 10, Tabela 3) e para meiose, há 158 (35,9%) registros que possuem informações ou dados dentre 440 analisados. Para pólen, foram encontrados 111 (25,1%) registros dentre 442 analisados. Para bandamentos, há 26 (5,9%) registros com algum tipo de dado dentre 440 analisados. Para hibridização *in situ* foram encontrados oito (1,8%) registros com aplicação de algum protocolo envolvendo *His* dentre 440 analisados. A constatação e menção de constrições foi presente em quatro (0,9%) registros e para cromossomo B foram encontrados apenas três (0,7%) dentre 440 registros apresentados. A quantidade de DNA (C) foi relatada em 22 (5%) registros dentre 443 analisados (Figura 10, Tabela 3).

Foi possível obter a origem dos acessos de 490 registros nos trabalhos originais. Dez registros acessados nos trabalhos originais não relatavam a origem do material estudado. Os continentes com maior quantidade de relatos de números cromossômicos para Rutaceae foram: Oceania com 185 (37,8%), Ásia com 152 (31%), Europa com 61 (12,4%), América do Sul com 39 (8%), América do Norte com 24 (4,9%), África com 19 (3,9%), e arquipélagos com 10 (2%) (Figura 6). As regiões com maiores quantidades de registros foram Austrália com 34,2%, seguido da Índia/Himalaia com 16,2% e Brasil com 6,6%. As outras regiões possuem menos de 6% de registro em suas áreas (Figura 6).

Dentre os 440 registros de estudos cromossômicos na família, foram encontradas discussões sobre filogenia em 170 (38,6%), sobre o número básico em 206 (46,8%) e sobre ploidia em 320 (72,7%) (Figura 10, Tabela 4).

A classificação da família segue a proposta por Groppo *et al.* (2012) (Figura 10). Todos os clados possuem informações de número e informações cromossômicas extras ao menos de um gênero.

3.2.4.1 Clado Flindersia-Toddalia (RTF Clade)

O clado também é conhecido por ter a maioria das espécies de origem asiática e da Oceania. Há 36 gêneros com número cromossômico registrado e 12 com informações extra numéricas. *Flindersia* possui cromossomos pequenos, entre 1 μm e 2 μm , considerados metacêntricos a submetacêntricos, com indicações de disploidia e poliploidia (MORAWETZ, 1986). *Correa* possui cromossomos com média de 1,5 μm (DESAI, 1960). Para *Zanthoxylum*, Guerra (1984) apontou pouca variação do tamanho cromossômico e alta assimetria cariotípica. A taxa de poliploidia é alta, principalmente de hexaploides. Diversos autores já sugeriram o número básico $x = 18$ para *Zanthoxylum* (KIEHN & LORENCE, 1996; MEHRA & KHOSLA, 1973; STACE, 1992, MORAWETZ, 1986; MOW, 2012). *Evodia* apresenta alta poliploidia e séries aneuploides (DESAI, 1960; GUERRA, 1984). *Boronia* é o gênero mais estudado do ponto de vista citogenético, com cromossomos medindo entre 0,8 μm e 3,7 μm e tendência à assimetria cariotípica. A formação do gênero se deu por aneuploidia e poliploidia (SHAN *et al.* 2003a,b; YAN *et al.* 2002). Stace (1992) apontou $x = 11$ como número básico de *Boronia*. Inferências de números básicos foram feitas para outros gêneros como: *Achronychia* com $x = 18$ (MEHRA & KHOSLA, 1973); *Zieira* com $x = 18$ (STACE, 1992); e para *Toddalia* foi inicialmente proposto $x = 18$ (MEHRA & KHOSLA, 1973), porém já foram relatadas espécies com $2n = 18, 32$ e 72 , sugerindo $x = 9$; Outras informações disponíveis são: ocorrência de disploidia e tetraploidia em *Phebalium* (STACE, 1992); alta poliploidia, principalmente hexaploidia, em *Pelea* (GUERRA, 1984); cromossomos pequenos em *Vepris* (GUERRA, 1984) e cariótipo homogêneo entre as espécies de *Phellodendron* (GUERRA, 1984).

O clado é o mais rico em gêneros e espécies da família, mas há uma predominância de dois números, $2n = 28$ e 36 , com números básicos $x = 9$ e $x = 8$. Há muita poliploidia e quase total ausência de números diploides. *Toddalia*, que está na base do clado, apresenta $x = 9$, assim como os outros grupos. O número básico do clado $x = 9$ derivou diversos grupos com séries poliploides e especificamente os grupos *Eriostemon* e *Boronia* através de eventos de disploidia, como sugerem os relatos dos autores (SHAN *et al.*, 2003a, b; STACE, 1992). O grupo *Eriostemon* e *Boronia* (sensu Kubitzki *et al.* 2011) possui $x = 7, 8$ e 11 para os números abundantes $2n = 22, 28, 32$ e 44 .

3.2.4.2 Clado Galipea (RTF Clade)

O clado possui a maioria das espécies de origem neotropical, com sete gêneros com número cromossômico e quatro com informações extras. *Choisya* ($2n = 54$) possui cromossomos com $1.8 \mu\text{m}$ (DESAI, 1960). *Hortia* ($2n = 24$), *Pilocarpus* ($2n = 36, 44$ e 88) e *Erythrochiton* ($2n = 116$ e 180) possuem uma alta simetria cariotípica (FORNI-MARTINS & MARTINS, 2000; GUERRA, 1984; SKORUPA, 2000).

Dentre os números registrados no clado Galipea é perceptível a presença de dois números básicos, com $x = 9$ e $x = 8$. O número básico $x = 9$ é presente no gênero basal do clado, *Choisya* e no clado com *Ravenia* ($2n = 36$). O clado com *Esenbeckia* possui $x = 8$, com $2n = 8x = 64$ (KAASTRA, 1978) e *E. irwiniana* com $2n = 7x = 56$ (Dado não publicado). *Hortia* segue o número básico, caso seja considerado um triploide. *Pilocarpus* possui $2n = 36, 44$ e 88 , sendo 36 um provável erro de contagem (GUERRA 1984; SKORUPA, 2000). É possível que *Pilocarpus* seja um poliploide derivado de $x = 8$ e o número $2n = 44$ tenha surgido por posterior fissão em algumas espécies. As imagens do trabalho de SKORUPA (2000) mostram que os cromossomos de *Pilocarpus* com $2n = 88$ parecem ter quase o dobro do tamanho de $2n = 44$, mas não há medidas para realizar uma estatística robusta. Outra possibilidade é que o $2n = 44$ seja simplesmente anormalidade da meiose, que se sustentou como um número diploide. *Erythrochiton* é um gênero que só tem números poliploides altos registrados e uma posição incerta na filogenia disponível, mas que é possível ser $x = 8$ ou 9 . Assim o número básico ancestral do clado Galipea é $x = 9$, com numerosos eventos de poliploidia e uma posterior descendência dispoloide/aneuploide para o número básico $x = 8$ nos táxons mais derivados.

3.2.4.3 Clado Agathosma (RTF Clade)

O clado Agathosma possui os gêneros em sua maioria africana. Há cinco gêneros com informações extra numéricas e sete com números cromossômicos. Apenas sugestões de números básicos e gaméticos foram feitas para os gêneros: *Diosma* ($2n = 30$) com $x = 15$ e *Euchaetis* ($2n = 28$) com $x = 14$ (GOLDBLATT & WILLIAMS, 1987), e *Ptelea* ($2n = 36, 42$) com $x = 21$ e cariótipo simétrico (GUERRA, 1984). Guerra (1984) sugeriu cariótipos semelhantes no que se refere ao tamanho e morfologia cromossômica, apesar da diferença numérica entre *Coleonema*, *Agathosma* e *Barosma*.

Os diferentes números encontrados no clado, principalmente na Aliança *Diosma* (sensu KUBITZKI *et al.*, 2011), sugerem diversos números básicos, como $x = 7, 9, 13, 14, 15, 17$ e 18 . Guerra (1984) sugeriu erros de contagem em *Ptelea* e *Coleonema* ($2n = 34, 36$), com $2n = 36$. Goldblatt & Williams (1987) sugeriram diversas hipóteses para a formação dos números atuais do grupo Diosmae, mas como relatado no trabalho, ainda há muito poucos dados. Esse trabalho de 1987 foi o último envolvendo qualquer espécie do clado, incluindo *Ptelea*, o qual

foi inserido como basal pela filogenia de Groppo *et al.* (2012). As hipóteses mais plausíveis são de contagens erradas ou derivação do grupo por diversos eventos de disploidia/aneuploidia. É possível que sejam paleotetraploides derivados de $x = 9$, pois é a tendência da família, seguidos de disploidia. Devido aos erros reportados por Guerra (1984) que cita a tendência do “arredondamento” dos autores para $x = 9$, é possível que uma primitiva disploidia/aneuploidia tenha derivado os outros números.

3.2.4.4 Clado *Skimmia* (RTF Clade)

Há três gêneros no clado com contagem cromossômica e dois com informações extras. *Dictamnus* ($2n = 36, 72$) possui cromossomos com tamanho entre 1.1 μm a 4 μm , com relato de poliploidia (DESAI, 1960; GUERRA, 1984; LÖVE & LÖVE, 1974). *Skimmia* ($2n = 16, 30, 32, 60$) possui cromossomos de 2 a 6 μm , heteromórficos, com morfologia bimodal, com uma pequena variação no número de metacêntricos, submetacêntricos e subtelocêntricos (FUKUDA *et al.*, 2007; JOHNSON & TAYLOR, 1984; DESAI 1960).

Excetuando *Skimmia*, todos os gêneros já registrados (*Casimiroa* e *Dictamnus*) possuem poliploides derivados de $x = 9$. Para *Skimmia*, há relatos de $2n = 16, 30, 32$ e 60 , porém Guerra (1984) apontou $x = 15$ para o gênero. Johnson & Taylor (1984) apontou erro de contagem em $2n = 32$ feito por DESAI (1960), mas Fukuda *et al.* (2007) relataram a presença de cromossomos B no gênero. Portanto, a contagem de Desai (1960) e Gurzenkov (1973) com $2n = 16$ deve conter os cromossomos extranumerários que não foram identificados. Com o cariótipo elaborado por Fukuda *et al.* (2007) é possível notar constância na morfologia interespecífica. A morfologia bimodal aponta três cromossomos subtelocêntricos que podem ter se originado através de translocações de cromossomos menores em *Skimmia*.

Deste modo, o número ancestral seria $2n = 36$, sendo um paleotetraploide de $x = 9$, corroborando o número extensamente sugerido para a família e com os gêneros irmãos do clado.

3.2.4.5 Aurantioideae

Aurantioideae é um clado extensamente estudado, principalmente devido aos trabalhos de melhoramento em *Citrus*, os quais não serão considerados neste trabalho. Há contagem para 17 gêneros e informações adicionais para oito gêneros. Todos os gêneros possuem $x = 9$ (*Aegle*, *Aeglopsis*, *Atalantia*, *Balsamocitrus*, *Citropsis*, *Clausena*, *Glycosmis*, *Hesperethusa*, *Limonia*, *Merrillia*, *Micromelum*, *Murraya*, *Naringi*, *Paramignya*, *Swinglea*, *Triphasia*) (BARROS & SILVA, GUERRA, 2000; 2013; KRUG, 1943b; MEHRA, 1973; MOW & ZHANG, 2012; SINGHAL *et al.*, 1983). Há relatos de poliploidia para *Atalantia* e *Balsamocitrus* (AGARWAL, 1988; KRUG, 1943). *Atalantia* possui cromossomos com média 0.7 μm (JOHNSON &

TAYLOR, 1984); *Aegle* possui cromossomos com média de 1,6 μm (JHA, 2014). Guerra (1984) sugeriu que a média dos cromossomos de Aurantiae seja de 2 μm .

A família possui o número cromossômico extremamente conservado, além de já ter sido bastante estudada por diferentes autores. Há presença de poliploidia em determinados táxons, mas todos derivados de $x = 9$.

3.2.4.6 Rutoidae s.s.

Rutoidae s.s. possui contagem para seis gêneros e informações extras para quatro destes. *Chloroxylon* possui cromossomos entre 2 μm e 1 μm , sendo eles metacêntricos a submetacêntricos (MORAWETZ, 1986). *Haplophyllum* possui cromossomos com média de 2 μm e relatos de diploides e tetraploides (GUERRA, 1984; NAVARRO *et al.*, 2004). *Boeninghausenia* possui cromossomos com 2 μm (GUERRA, 1984), enquanto em *Ruta* medem cerca de 1 μm (DALGREN, 1971; GUERRA 1984).

Guerra (1984) relatou diversas contagens erradas em *Ruta* e algumas para *Boeninghausenia*, destacando a tendência de “arredondamento” para $x = 9$. Segundo o autor, o mais plausível é que esses gêneros sejam derivados de $x = 10$: os números de *Ruta* $2n = 18$ e 36 seriam erros gerados a partir de $2n = 20$ e 40 e os números variantes $2n = 78$, 76 e 81 seriam séries disploides de $2n = 80$. Seguindo esse raciocínio, a contagem de $2n = 28$ em *Boeninghausenia* seria um erro, assim como $2n = 18$ em *Thamnosma* (WARD, 1984), sendo $2n = 20$ o possível número correto (PARFITT *et al.*; 1990). *Chloroxylon* possui $x = 10$.

Cneoridium e *Haplophyllum* possuem diploides e tetraploides, sendo $x = 9$. Groppo *et al.* (2012) não incluíram os gêneros na filogenia, mas sugeriram que esses dois gêneros estariam mais próximos de Aurantioideae do que de *Ruta*. Os números cromossômicos corroboram essa sugestão, pois *Ruta* e gêneros irmãos possuem $x = 10$.

3.2.4.7 Cneoroideae

Todos os números registrados em *Cneorum* são de $2n = 36$, o que indica que Cneoroideae seja um paleotetraploide derivado de $x = 9$. Há apenas quantidade de DNA (C) para *Cneorum*, que será considerado em um tópico mais à frente.

3.2.4.8 Visão Geral de Rutaceae

O número básico e ancestral de Rutaceae é ao que os dados sugerem como $x = 9$, como relatado por diversos autores (DESAI, 1960; GUERRA, 1984; SINGHAL *et al.*, 1983). Cneoroideae, o clado basal de Rutaceae, também possui $x = 9$, além da maior frequência de números serem $2n = 18$ e 36, dados que corroboram esse número. Os cromossomos de Rutaceae tendem a ser pequenos a medianos. Os cariótipos tendem a ser simétricos no geral, com assimetria presente em táxons com séries disploides. Há muitos poliploides diploidizados em

todos os táxons. Aurantioideae e o clado *Flindersia-Toddalia* talvez sejam os únicos a conservarem os diploides verdadeiros.

3.2.5 Sapindaceae

Em Sapindaceae, foram analisados 599 registros de números cromossômicos em 178 publicações para 225 espécies distribuídas em 47 gêneros. Em relação às demais famílias da ordem Sapindales, comparativamente, possui medianas porcentagens de conhecimento dos gêneros (34,1%) e das espécies (12,8%) (Tabela 1, Figura 11). O trabalho original foi acessado integralmente em 98 (55,1%) publicações científicas, correspondendo a 382 (63,8%) registros analisados integralmente. A média em Sapindaceae é de 3,4 registros por publicação (Tabela 1). Os acessos às publicações e aos registros são medianos comparativamente.

Os números cromossômicos obtidos foram $2n = 14, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 39, 40, 44, 48, 52, 56, 68, 72, 75, 78, 80, 86, 88, 94, 96, 100, 104, 210$ e 216 (Tabela 1). A variedade de número cromossomo está entre as mais altas na ordem Sapindales, assim como a amplitude de variação. A maior frequência de números cromossômicos nas espécies foi de $2n = 26$ (22,8%), seguida de $2n = 24$ (20,5%) e $2n = 28$ (13,2%). Todos os outros números possuem menos de 9% de frequência (Figura 1). O maior número cromossômico registrado foi $2n = 216$ em *Paullinia cupana* e o menor $2n = 14$ em *Dobinea vulgaris* e *Cardiospermum integerrimum* (Tabela 1) (Anexo 1).

O primeiro registro de número cromossômico para Sapindaceae é do ano de 1912 para a espécie *Acer negundo* ($2n = 26$) (DARLING, 1909). O pico de contagem de números cromossômicos ocorreu durante a década de 80 (Figura 5).

Para o Brasil, existem 89 (21,3%) espécies com registro cromossômico dentre as 418 ocorrentes no país. Para gênero *l.s.*, há relatos para 16 (57,1%) e para gênero *s.s.*, 16 (57,1%) dentre os 28 ocorrentes no Brasil. (Tabela 6).

Houve apresentação de imagens de cromossomos em 49 (12,8%) registros com desenhos e em 165 (43,1%) com fotografias, perfazendo um total de 214 (55,9%) registros dentre 383 analisados. Para cariótipos, foram encontrados 107 (27,8%) registros em 385 analisados (Figura 11, Tabela 3). Para meiose e para pólen, houve, respectivamente, 56 (14,6%) e 31 (8,1%) registros com informações ou dados dentre 383 analisados. Para bandamentos, há 52 (13,6%) registros e para hibridização *in situ* há 37 (9,7%) com algum tipo de resultado dentre 383 analisados. Dentre 383 registros apresentados, foram citados três (0,8%) para cromossomo B, quatro (1%) para quantidade de DNA (C) (Figura 11) e 70 (18,3%) para a constatação e menção de constrições (Tabela 3).

As análises dos trabalhos originais permitiram que pudéssemos obter a origem dos acessos de 499 registros. Houve 14 registros de trabalhos originais acessados que não relatavam a origem do material estudado. Os continentes com maiores relatos de números cromossômicos para Sapindaceae foram: América do Sul com 170 (35,1%), Ásia com 137 (28,2%), Europa com 63 (13%), América do Norte com 24 (10,7%), África com 28 (5,8%), Oceania com 24 (4,9%), América Central com 6 (1,2%) e arquipélagos com cinco (1%) (Figura 6). As regiões com maiores registros foram Índia/Himalaia com 19,2% e Brasil com 17,2%. As outras regiões possuem menos de 10% de registro em suas áreas.

Em 383 registros analisados, discussões sobre filogenia foram apresentadas para 122 (31,9%), sobre o número básico em 159 (41,5%) e sobre ploidia em 192 (49,9%) (Figura 11, Tabela 4).

A classificação da família segue a proposta por Buerki *et al.* (2013) (Figura 11). Os cladogramas *Tristiropsis*, clado *Blomia* e clado *Macphersonia* não possuem nenhum registro cromossômico.

3.2.5.1 Clado Cupania (Sapindoideae)

Há contagem de números em seis gêneros e informações extranuméricas para quatro. *Diplokeleba* possui cromossomos pequenos, com 1,3 µm a 0,6 µm (FERRUCCI, 1989). *Mischocarpus* apresenta cromossomos pequenos, de 1,1 µm a 0,6 µm e tendência a simetria cariotípica (OGINUMA *et al.*, 1999). *Alectryon* tem cromossomos também pequenos, medindo entre 1,5 µm a 0,5 µm (GUERVIN, 1964). Bawa (1973), sugeriu um tetraploide $n = 16$ para *Cupania*. O número mais comum dentro do Clado Cupania é de $2n = 32$, sendo possível que tenha $x = 16$.

3.2.5.2 Clado Paullinia (Sapindoideae)

O clado, apesar de não ter número e informações para todos os gêneros, é o mais bem estudado dentro de Sapindales, pois possui trabalhos de cariótipos, bandamentos e hibridizações *in situ*, além de imagens e melhores discussões sobre o número cromossômico.

Paullinia possui a maioria dos cromossomos medindo entre 1,45 µm a 3,2 µm, com um par tendo 5 µm. O cariótipo tende a simétrico, com alguns acrocêntricos e tamanho médio, com variação interespecífica (FERRUCCI, 2000; FREITAS *et al.*, 2007; SOLLIS-NEFFA & FERRUCCI, 2001; URDAMPILLETA *et al.*, 2007). Urdampilleta *et al.* (2007) realizaram bandamentos C-*Giemsa* e CMA/DAPI. O número básico sugerido é $x = 12$ com relatos de séries poliploides (GILL & OBEMBE, 1991a; URDAMPILLETA 2009). Freitas *et al.* (2007) relataram poliploidia alta, com $2n = 210$, e translocações Robertsonianas no primeiro par, pois este contém dois centrômeros.

Os cromossomos de *Cardiospermum* variam entre 4,3 a 0,6 μm e o grau de assimetria cariotípica varia de acordo com a sessão (FERRUCCI, 1989, 2000; FERRUCCI & URDAMPILLETA 2011a, b; URDAMPILLETA *et al.* 2013; HEMMER & MORAWETZ 1990). O gênero possui bandas CMA⁺ no mesmo lugar das bandas NOR em todas as espécies (HEMMER & MORAWETZ, 1990), mas a distribuição de bandas CMA/DAPI varia entre as espécies (URDAMPILLETA *et al.* 2013). O estudo cariotípico de Urdampilleta *et al.* (2013) envolveu 12 espécies, com diversidade de técnicas, como coloração convencional com Giemsa, bandamento CMA/DAPI e FISH (para DNAr 45S e 5S), além da elaboração de uma árvore filogenética (baseada em ITS). É o gênero do grupo com maior variação de número cromossômico, com número básico variando entre $x = 7, 9, 10, 11$ e 12. Urdampilleta (2009) e Urdampilleta *et al.* (2013) sugeriram que o número básico seja parcialmente característico das sessões dentro do gênero. Ferrucci & Urdampilleta (2011b) e Urdampilleta *et al.* (2013) relataram o único poliploide encontrado para o gênero, *C. bahianum*, com $2n = 38$. É perceptível que *Cardiospermum* possui série disploide e que essa característica é derivada de $x = 12$ que é o provável número básico do clado *Paullinia*.

Serjania possui número cromossômico fixo em todas as contagens, com $2n = 24$ e $x = 12$ e tamanho variando de 4,2 μm a 0,9 μm . Possui leve assimetria intra e intercromossômicas e diferenças morfológicas interespecíficas (COULLERI *et al.*, 2012; FERRUCCI, 2000; LOMBELO & FORNI MARTINS, 1998; NOGUEIRA *et al.*, 2005; SOLLIS-NEFFA & FERRUCCI, 2001). Os bandamentos realizados por Nogueira *et al.* (2005) mostram que não há uma diferenciação no Bandamento C, com o DNA repetitivo espalhado por todo o cariótipo, com relato de ganho e perda de DNA centromérico. O autor também indicou a semelhança estrutural com o cariótipo de *Urvillea*. O número básico do gênero é $x = 12$, devido à constância do número cromossômico (COULLERI *et al.*, 2012; FERRUCCI, 2000; FORNI-MARTINS & MARTINS, 1999; LOMBELLO & FORNI-MARTINS, 1998; NOGUEIRA *et al.*, 2005; URDAMPILLETA, 2009).

Urvillea possui cariótipos simétricos, com cromossomos medindo entre 6,7 μm a 0,6 μm . O gênero é um dos poucos a apresentar série poliploide dentro da família, além de aneuploidia (FERRUCCI, 2000; LOMBELO & FORNI-MARTINS (1998); NOGUEIRA *et al.*, 2005; SOLLIS-NEFFA & FERRUCCI, 2001; URDAMPILLETA *et al.*, 2006). Urdampilleta *et al.* (2006) realizaram bandamentos no gênero com DAPI-C e GIEMSA-C, achando correlação entre os dois, com repetições GC em quase todos os cromossomos e AT nos menores, sempre na região terminal. Posteriormente, Urdampilleta *et al.* (2008a) verificaram diferentes distribuições de bandas CMA/DAPI ao compararem os cariótipos de *U. chacoensis*

e *U. ulmaceae*. A FISH mostrou bandas rDNA 45S terminais associadas com 5S. Urdampilleta *et al.* (2006) relataram erro na contagem de $2n = 86$ de Nogueira *et al.* (2006), sendo o correto $2n = 88$. Há dois números básicos no gênero, $x = 11$ e 12 , sendo $x = 12$ encontrado apenas na seção *Stenelytron*.

Os cromossomos de *Thinouia* são pequenos, simétricos e com morfologia basal, com a média de $1,47 \mu\text{m}$ (FERRUCCI, 2000; URDAMPILLETA *et al.*, 2008b). Os de *Houssayanthus* possuem moderado grau de assimetria cariotípica, muito semelhante a *Serjania*, com muitos submetacêntricos e $x = 12$ (FERRUCCI, 2000; URDAMPILLETA, 2009). *Sapindus* possui $x = 15$ (MEHRA *et al.*, 1972), mas outros números são presentes, que podem ser uma série dispoloide ou simples erros de contagem. *Allophylus* possui $x = 14$, e Bawa (1973) considera *Allophylus racemosus*, de $2n = 28$, como tetraploide. *Lophostigma* possui $x = 14$.

O clado possui variados números básicos, $x = 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15$. Segundo a filogenia, os táxons mais basais, como *Sapindus* e *Dianopteryx*, possuem número básico maior, mais próximo de $x = 16$, como observado no clado *Cupania*. *Cardiospermum* e *Urvillea* são táxons irmãos e possuem números derivados de $x = 12$ por dispoloideia. *Serjania* possui número fixo, com $x = 12$, e *Paullinia* apresenta série poliploide baseada em $x = 12$. Lombello e Forni-Martins (1998) mostraram uma correlação significativa entre a diminuição do número básico e especialização da forma de vida dentro da família. Os táxons considerados mais derivados, do clado *Paullinia*, são lianas e possuem números básicos reduzidos em relação ao restante da família Sapindaceae. Urdampilleta (2009) classificou essa redução como uma sinapomorfia de clado *Paullinia*.

3.2.5.3 Clado Melicoccus (Sapindoideae)

Somente *Talisia* e *Melicoccus* possuem número cromossômico determinado e apenas um possui informação extra. *Talisia* possui cromossomos meta a submetacêntricos com menos de $3 \mu\text{m}$ e um par com satélite (CARVALHERA *et al.*, 1991). Ambos os gêneros possuem $x = 16$, com poliploideia presente em *Melicoccus*.

3.2.5.4 Clado Litchi (Sapindoideae)

Há 12 espécies com números cromossômicos determinados e sete com informações extras. Não há nenhum estudo sobre o cariótipo desses gêneros, apenas indicação de número básico e nível de ploideia: *Lepisanthes* com $x = 13$ (MEHRA *et al.*, 1972), *Thouinidium* com $x = 14$ (BAWA, 1973), *Deinbolia*, *Dimocarpus* e *Atalaya* com $x = 15$ (MEHRA *et al.*, 1972; PAIVA & LEITÃO, 1987), *Xerospermum* com $x = 16$ (MEHRA *et al.*, 1972) e *Nephelium* com $x = 11, 14$ e 15 (MEHRA *et al.*, 1972).

Considerando apenas os gêneros com contagem, é possível separar o clado Litchi em três grupos da filogenia para melhor análise: Grupo 1: *Atalaya*, *Deinbollia* e *Lepisanthes*; Grupo 2: *Nephelium*, *Litchi*, *Dimocarpus* e *Xerospermum*; Grupo 3: *Pancovia*, *Chytranthus* e *Blighia*.

Grupo 1: *Atalaya* possui $x = 15$. *Deinbollia* possui $x = 14$ e 15 com duas contagens para 15 e uma para 14 , porém nenhuma delas possui imagem ou alguma informação que indique erro de contagem. *Lepisanthes* possui $x = 13$, 14 e 15 . Hemmer & Morawetz (1990) apontaram $x = 14$ como correto e os outros como possíveis erros de contagem, mas é um gênero que tem passado por diversas reestruturações e sinonimizicações (ACEVEDO-RODRIGUEZ *et al.*, 2011). Devido à presença nos três grupos, e maior frequência nas contagens, é possível que o número básico seja $x = 15$.

Grupo 2: *Nephelium* com $x = 11$, com apenas uma contagem da década de 60 (MEHRA *et al.*, 1972), deve se tratar de erro de contagem, pois esse número é apenas encontrado no clado *Paullinia* e no gênero *Koelreuteria* dentro das Sapindoideae. *Litchi* possui $x = 14$ e 15 , mas há apenas uma contagem de $x = 14$ da década de 40 (CHAUDURI, 1940), provavelmente um erro de contagem, e várias outras são $x = 15$. *Dimocarpus* possui todas as contagens com $x = 15$. *Xerospermum*, com $x = 16$, possui duas espécies restritas à região da Malásia. O único autor a fazer as três contagens de *Xerospermum* foi P. Mehra (se não se tratar erro de contagem, trata-se de uma derivação nesse gênero). O número básico $x = 15$ é o mais representativo para esse grupo.

Grupo 3: Todos os gêneros (*Pancovia*, *Chytranthus* e *Blighia*) possuem $x = 16$ (Anexo 1). O grupo 1 é o mais basal na filogenia e o grupo 2 e 3 mais derivados.

A hipótese para o número básico do clado Litchi é que o ancestral seja $x = 15$ derivado de uma dispoloidia de $x = 16$ e tenha se revertido a esta condição ancestral no Grupo 3 e em *Xerospermum*.

3.2.5.5 Clado *Delavaya* e *Koelreuteria* (Sapindoideae)

Há três gêneros com informação numérica e dois com informações cromossômicas extras. *Ungnadia* possui cromossomos entre $1,5 \mu\text{m}$ e $0,5 \mu\text{m}$ (GUERVIN, 1964). Em *Koelreuteria* existem apenas indicativos de poliploidia e possíveis aneuploidias. O clado é parafilético, com *Ungnadia* e *Koelreuteria* formando um clado natural, mas a inclusão de *Delavaya* pode ter sido feita apenas para facilitar discussões, pois são os grupos mais basais de Sapindoideae.

Urdampilleta *et al.* (2005) reportaram que o registro de $2n = 22$ para *Koelreuteria* (BOWDEN, 1945) indica possíveis erros de contagem ou mesmo citótipo dos registros de $2n$

= 30. Levando em consideração *Ungnandia* com $x = 16$ (GUERVIN, 1964), o clado *Koelreuteria-Ungnadia* é $x = 16$. *Delavaya* possui $x = 14$ (CAO *et al.*, 2004).

3.2.5.6 Clado *Dodonaea* (**Dodonaeoideae**)

Há cinco gêneros com informação numérica e dois com informação cromossômica extra. *Dodonaea* possui cariótipos bimodais, com cromossomos medianos variando entre 1,7 e 0,7 μm . Há diferenciação entre o cariótipo de plantas masculinas e femininas (GUERVIN, 1961; MEHRA *et al.*, 1972; OGINUMA *et al.*, 1997). Há relatos de poliploidia e série aneuploide com $x = 14, 15$ e 16. Mehra *et al.* (1972) apontaram como $x = 14$ para *Dodonaea* e Forni-Martins & Martins (1995) apontaram $x = 15$ para o gênero monoespecífico *Magonia*.

A maior frequência de número em *Dodonaea* é de múltiplo de 14. Para os outros gêneros, devido à baixa quantidade de contagens, não é possível definir um número básico com acurácia. Há uma série disploide/aneuploide de $x = 12, 13, 14$ e 15.

3.2.5.7 Clado *Doratoxylon* (**Dodonaeoideae**)

Apenas *Filicium* possui número cromossômico e informação extra no clado. Os cromossomos medem entre 2 μm e 1,5 μm (GUERVIN, 1961). O número básico pode ser $x = 14$ ou 15. Há apenas uma contagem para cada número para a mesma espécie.

3.2.5.8 Clado *Acer-Aesculus* (**Hippocastanoideae**) e Clado *Xanthoceras* (**Xanthoceraceae**)

Aceraceae possui contagem para cinco gêneros e informações extras para dois. *Acer*, com cromossomos entre 3,4 μm a 0,8 μm , medianos a submedianos, possui diversos relatos de poliploidia e número básico $x = 13$, confirmado pela frequência nas contagens (FOSTER, 1933; MEHRA *et al.*, 1972; MEURMAN, 1933; OGINUMA *et al.*, 1994; PLANTE *et al.*, 1993; SANTAMOUR & FRANKS, 1988; TAKIZAWA, 1952). *Aesculus* possui cromossomos metacêntricos e submetacêntricos na maioria e alguns acrocêntricos, com indicação de $x = 20$ (CALIC *et al.*, 2003; MEHRA *et al.* 1972).

Acer possui diversos poliploides derivados de $x = 13$, mas a maioria das contagens ainda são para diploides. *Aesculus*, *Handeliidendron* e *Bilia* possuem poliploides de $x = 10$. *Dipteronia* possui $x = 9, 10$ e 14. É possível que haja erro e o número correto seja $2n = 20$, pois seria o diploide do número básico $x = 10$. Logo o clado *Acer-Aesculus* possui dois números básicos, com $x = 10$ basal e $x = 13$ derivado em *Acer* (Anexo 1).

Xanthoceras possui apenas número com uma única contagem de $x = 15$ e seria junto do clado *Acer* os táxons que se diversificaram mais cedo em Sapindaceae (LI, 1987).

3.2.5.9 Visão geral de Sapindaceae

A poliploidia não parece ser um evento muito importante na evolução cromossômica dentro de Sapindaceae, restrita a poucos táxons, como *Acer*, *Aesculus*, *Allophyllus*, *Melicoccus*,

Paullinia e *Urvillea*. A maioria dos números variam entre $2n = 24$ e 32 , indicando que os eventos de disploidia e aneuploidia foram muito mais efetivos para o estado atual de Sapindaceae do que a poliploidia. Não é possível definir com clareza qual número ancestral de Dodonoideae, pois são poucas contagens e muitas delas duvidosas. Por outro lado, Sapindoideae parece possuir um ancestral com $x = 16$, o qual derivou quase todos os clados dentro da subfamília, com algumas reduções para $x = 15$ e $x = 14$. Como bem observado no clado *Paullinia*, a tendência é a redução do número cromossômico, o que pode ser estendida para a família. Assim o número básico ancestral de Sapindaceae deve ser $x = 16$ e os eventos de redução do número cromossômico podem ter conduzido a evolução do número cromossômico dentro da família.

3.2.6 Simaroubaceae

Em Simaroubaceae, foram analisados 30 registros de números em 20 publicações para 14 espécies distribuídas em 6 gêneros. O trabalho original foi acessado integralmente em 11 (56,5%) publicações científicas, correspondendo a 18 (54,5%) registros analisados integralmente. A média em Simaroubaceae é de 1,4 registros por publicação (Tabela 1).

Existe pelo menos um número cromossômico registrado para cerca de 11,6% das espécies e 31,6% dos gêneros (6) existentes na família (Figura 12). Os números cromossômicos obtidos foram $2n = 24, 26, 28, 30, 32, 36, 50, 62, 64, 80$ e 86 (Tabela 1). Simaroubaceae é a família menos estudada dentro da ordem Sapindales. A variedade e a amplitude de números cromossômicos pode estar subamostrada devido a isso.

A maior frequência de números cromossômicos nas espécies foi de $2n = 24$ (18,2%), seguida de $2n = 62$ e $2n = 30$ (13,6% cada). Todos os outros números possuem menos de 10% de frequência (Figura 1). O maior número cromossômico registrado, $2n = 86$, ocorre em *Ailanthus excelsa* e o menor, $2n = 24$, em *Brucea mollis*, *Picrasma javanica*, *P. guassioides* e *P. nepalensis* (Tabela 1) (Anexo 1).

O primeiro registro de número cromossômico para Simaroubaceae é do ano de 1942 para a espécie *Picrasma guassioides* ($2n = 50$) (NAKAJIMA, 1942). O pico de contagem de números cromossômicos foi durante a década de 70 (Figura 5).

Para o Brasil, existem duas (6,7%) espécies com registro cromossômico dentre as 30 ocorrentes no país. Para gênero *l.s* e para gênero *s.s*. há, respectivamente, dados para quatro (66,7%) e dois (33,3%) gêneros dentre os seis ocorrentes no Brasil (Tabela 2).

As análises dos trabalhos originais permitiram obter a origem dos acessos de 52 registros. Três registros não relataram a origem do acesso. Os continentes com maiores relatos de números cromossômicos para Simaroubaceae foram: Ásia com 12 (59,09%), Europa com

três (13,64%), América do Sul com dois (9,09%), África com dois (9,09%), América Central com um (4,55%) e América do Norte com um (4,55%) (Figura 6). A região com maior registro foi Índia/Himalaia com 48%. As outras regiões possuem menos de 10% de registro em suas áreas.

Apenas três espécies possuem informação cromossômica extra. Ilustrações de cromossomos estavam presentes em dois (11,1%) registros com desenhos e em três (11,1%) com fotografias, perfazendo um total de quatro (27,8%) registros dentre os 18 analisados. Foram encontrados um registro (5,6%) para cariótipos, dois (11,1%) para meiose, um (5,6%) para pólen, dois (11,1%) para quantidade de DNA e em um (5,6%) foi mencionada a observação de constrições (Figura 12). Para bandamentos, hibridização e cromossomos B não houve registros (Tabela 3).

Simarouba possui cariótipo para os dois sexos, medindo entre 1,6 μm e 0,4 μm . O cariótipo é considerado homomórfico e primitivo, mesmo sendo um dos gêneros mais derivados na família (BARATAKE & PATIL, 2010). Bawa (1973) sugeriu $n = 16$ e relatou tetraploides. *Simarouba* possui $x = 15$ e 16. Há apenas essas duas contagens em ambos estudos, sendo difícil de definir o número básico do gênero.

Os cromossomos de *Quassia* medem entre 0,8 μm e 1 μm (DESAI, 1960). *Quassia* possui $n = 14, 15$ e 18. As contagens de Mangenot S. & Mangenot G. (1957, 1962) são de $n = 14$ e 15, os outros três autores (DESAI, 1960, EKJ, 1955, GHOSH, 1970) relataram $x = 18$. *Aillanthus* possui cromossomos com média de 1,25 μm e possui apenas números poliploides registrados, com $2n = 64$ e 80 e provável $x = 16$. As contagens de $2n = 62$ e 86 seriam erros de contagem. *Brucea* possui duas contagens com $x = 12$ e uma com $x = 15$. *Castela* possui $x = 13$ e *Picrasma* $x = 12$, com provável erro de contagem para $2n = 50$ (NAKAJIMA, 1942), sendo o correto $2n = 48$ ou erro de identificação da espécie.

Discussões sobre ploidia foram realizadas em dois (11,1%) registros dentre os 18 analisados. Não foram encontrados registros com discussões sobre filogenia e número básico. (Figura 12, Tabela 4).

Picrasma e *Aillanthus* possuem séries poliploides, indicando que a poliploidia possivelmente foi um evento recorrente dentro da família. Quanto aos outros gêneros, é possível que haja séries disploides/aneuploides, como podem ser erros de contagem. São necessárias novas contagens para as espécies da família, pois a grande maioria dos trabalhos foram feitos antes da década de 70, onde não se dispunham de equipamentos precisos para contagem de cromossomos numerosos e pequenos. Com a lacuna de contagens e a variedade de números para pouco registros, não é possível definir um número básico para a família, podendo ser $x =$

16 por ser o mais comum ou mesmo $x = 13$ ou 12 , pois estão presentes nos cladogramas mais basais, além de apresentarem pouca variação no número.

3.2.7 Famílias pequenas

As famílias consideradas pequenas correspondem às que possuem menos de 50 espécies aceitas. Nenhuma das três famílias possui dados de registro para o Brasil.

3.2.7.1 Biebersteiniaceae

Foram analisados sete registros de números cromossômicos em cinco publicações (China, Tibet, Turquia e Grécia), das quais três foram acessadas integralmente. A família monogenérica teve registro para quatro (80%) das cinco espécies aceitas de *Biebersteinia*. Todos os registros são de $2n = 10$, confirmando $x = 5$. O primeiro registro é de 1975, em *B. multifida* (ARYAVAND, 1975), tendo os picos de publicação dos números cromossômicos em 1997 e 2001.

Apenas dois registros apresentaram ilustrações dos cromossomos, enquanto cariótipos e constrição apareceram em três. Os cromossomos de *Biebersteinia* são grandes, entre $6,1 \mu\text{m}$ e $5 \mu\text{m}$, com assimetria intracromossômica e simetria intercromossômica (LIU *et al.* 2001). Isso pode indicar possíveis translocações ou mesmo fusões cromossômicas. Discussão sobre filogenia, número básico e poliploidia foram presentes em dois registros. Apesar de basal dentro de Sapindales, seu cariótipo é bastante derivado e talvez não seja um bom representante para o cariótipo ancestral de Sapindales.

3.2.7.2 Kirkiaceae

Há apenas um único registro (*Kirkia acuminata*) para a família, monogenérica, com cinco espécies. O registro é da Bostwana, publicado em 2001, e possui apenas quantidade de DNA e possíveis constrições. O número cromossômico registrado foi $2n = 30$ ($x = 15$) (HANSON *et al.*, 2001).

3.2.7.3 Nitrariaceae

Em Nitrariaceae, foram analisados 33 registros de números cromossômicos em 33 publicações para 7 espécies distribuídas em 3 gêneros. O trabalho original foi acessado integralmente em 14 (42,4%) publicações científicas, correspondendo a 17 (51,5%) registros analisados integralmente.

Existe pelo menos um número cromossômico registrado para cerca de 58,3% das espécies existentes na família e para todos os três gêneros. Os números cromossômicos obtidos foram $2n = 12, 14, 18, 22, 24, 48, 60, 66$ e 96 .

A maior frequência de números cromossômicos nas espécies foi de $2n = 24$ (40%) e $2n = 48$ (13,3%). Todos os outros números possuem menos de 7% de frequência. O maior número

cromossômico registrado foi $2n = 96$ em *Nitraria schoberi* e o menor $2n = 12$ em *Peganum harmala* (Anexo 1).

O primeiro registro de número cromossômico para Nitrariaceae é do ano de 1937 para as espécies *Peganum harmala* e *Peganum nigellastrum* (HANELT, 1973). O pico de contagem de números cromossômicos foi durante a década de 70.

Foram encontrados apenas dois (11,8%) registros com desenhos dos cromossomos e um (5,9%) com fotografias, perfazendo um total de três (17,6%) registros de 17 analisados. Para meiose, cromossomo B e constrições houve um (5,9%) registro cada dentre 17 analisados. As informações extranuméricas se restringiram ao gênero *Peganum* ($2n = 12, 22, 24$ e 48), com registros de cromossomo B e indicativo de $x = 6$ (GUPTA *et al.* 2016). Os registros de $2n = 22$ provavelmente tratam-se de um erro de contagem. Para cariótipos, pólen, bandamentos, hibridização e quantidade de DNA (C) não houve registros.

Discussões sobre o número básico e ploidia foram feitas em um (5,9%) registro cada dentre 17 analisados. O número básico de *Peganum* como $x = 6$ supriria a série poliploide de $2x = 12, 4x = 24$ e $8x = 48$. *Nitraria* também possui $x = 6$ com série poliploide de $3x, 4x, 8x, 10x, 11x$ e $16x$. *Tetradiclis* está na base da filogenia de Nitrariaceae e seu número básico é $x = 7$ (ASTANOVA, 1993) (Anexo 1). Não houve discussões sobre filogenia.

As análises dos trabalhos originais indicam a origem dos acessos de 22 registros. Um registro de trabalho original acessado não relatou a origem do material estudado. Os continentes com maiores relatos de números cromossômicos para Nitrariaceae foram Ásia com metade dos registros (52,4%), África com 19%, Europa com 14% e as outras regiões com menos de 10%. As regiões com maior número de registros foram Mongólia com 3 e Marrocos, México, Espanha e Iraque com 2 cada. As outras regiões possuem um registro em suas áreas.

3.3 Evolução do Número Cromossômico em Sapindales

Diversos autores propuseram o número cromossômico ancestral para as Angiospermas (Ehrendorfer *et al.* 1968; Stebbins 1971; Walker 1972; Raven 1975; Grant 1981). Raven (1975) propôs $x = 7$, mas Soltis (2005) fez uma revisão desses autores e discordou de Raven (1975), sugerindo que $x = 7$ é mais característico das magnolídeas. A unanimidade entre os autores e a conclusão de Soltis (2005) é que seja um número baixo, entre $x = 6$ e $x = 9$.

Muellner-Riehl *et al.* (2016) fez o estudo filogenético e estimativa de idade de Sapindales e suas famílias. O primeiro ponto de diversificação foi há cerca de 105 m.a.a formando os clados basais Biebesteniaceae e Nitrariaceae e um segundo clado com as “seis grandes famílias” (+Kirkiaceae). O segundo ponto de diversificação aconteceu há cerca de 100 m.a.a dando origem a dois grupos dentro do clado das grandes famílias: um com

Anacardiaceae, Burseraceae e Kirkiaceae e o outro com Meliaceae, Sapindaceae, Rutaceae e Simaroubaceae (Figura 13).

Levando em consideração o panorama dos números cromossômicos apresentados neste trabalho, o mais parcimonioso é que o número básico das Sapindales seja $x = 7$. Analisando junto à filogenia, a primeira família a se diversificar foi Biebersteiniaceae, que atualmente possui $x = 5$. Os cromossomos são grandes e assimétricos que indicam cariótipos derivados. Assim, dentro de Biebersteiniaceae é plausível que $x = 7$ tenha se reduzido através de translocações nos cromossomos. A segunda família mais basal é Nitrariaceae, possuindo *Tetradiclis*, o gênero na base da filogenia da família com $x = 7$, conservado do ancestral comum de Sapindales. Os outros gêneros mais derivados são $x = 6$, resultantes de disploidia/aneuploidia, possuindo extensas séries poliploides (Figura 13).

O clado irmão que contém todas as seis grandes famílias (M.A.R.S.S.B.+Kirkiaceae) foi provavelmente originado de um ancestral poliploide com $x = 14$. As famílias dentro desse clado possuem números cromossômicos basais altos. Os números cromossômicos baixos encontrados são em táxons bem derivados, que indicam reversão do número cromossômico ao estado ancestral.

No primeiro grupo, $x = 14$ derivou para $x = 15$, sendo conservado em Anacardiaceae/Kirkiaceae. Anacardiaceae teve sua evolução cromossômica guiada basicamente por eventos disploides. Posteriormente, $x = 15$ foi reduzido em Burseraceae para $x = 13$. Burseraceae possui eventos disploides e poliploides na diversificação da família.

No segundo grupo, $x = 14$ parece ter evoluído independentemente em cada família, sendo conservado nos pontos de diversificação. Sapindaceae, está na base do segundo grupo e segundo a filogenia (MUELLNER-RIEHL, 2016), possui o maior acúmulo de modificações de toda a ordem, desde o ponto de ancestralidade em comum até o táxon mais derivado (Clado *Paullinia*). Esses acúmulos de mutações podem corroborar o aumento do número básico de $x = 14$ para $x = 16$, e a posterior variação por eventos de disploidia ocorridas na evolução da família. Rutaceae teve $x = 14$ reduzido para $x = 9$ por possíveis disploidias, resultantes de fusões e translocações. A evolução dentro da família varia de acordo com o clado como eventos de disploidia acontecendo no clado RTF, mas ausente em Aurantioideae. Apesar dessa diferença, a poliploidia é um evento recorrente dentro da família e provavelmente o mecanismo que mais possui influência na evolução cromossômica de Rutaceae. Meliaceae, como uma das famílias mais derivadas, possui $x = 14$ (possivelmente $x = 12$). Os eventos de poliploidia e disploidia são frequentes e recorrentes na família, essencialmente arbórea, apresentando cromossomos

pequenos e numerosos, como Stebbins (1971) previa. Em Simaroubaceae há poucos registros de números cromossômicos, mas possui eventos frequentes de poliploidia.

Como já mencionado, a inferência da evolução cariotípica na ordem Sapindales foi baseada na distribuição dos números cromossômicos nas suas diferentes famílias e clados intrafamiliares e em citações na literatura de seus prováveis números básicos. Devem ser lembradas restrições nessas inferências, como a possibilidade de erros de contagens de números cromossômicos, como em Meliaceae, onde novos registros da família praticamente não foram disponibilizados após a década de 70. Além disso, há lacunas de informações, como em Simaroubaceae. Para uma análise mais precisa são necessários estudos de hibridização *in situ*, para tentar traçar os eventos de alteração cromossômica numérica e morfológica observados nos representantes da ordem Sapindales. A possibilidade de inferência com apoio estatístico é proporcionada pela aplicação de programa específico, denominado ChromEvol (desenvolvido por Mayrose et al., 2010 e Glick & Mayrose, 2014), que será abordado no próximo capítulo desta dissertação

Tabela 1.: Panorama dos números cromossômicos para a ordem Sapindales e suas grandes famílias. Em cada família são indicadas as porcentagens ou quantidade de espécies e gêneros para os quais há relatos de contagens cromossômicas, o número cromossômico mais frequente, o maior e menor número cromossômico registrado, quantidade de números diferentes registrados, porcentagem das publicações e de registros analisados integralmente e média de registros de número cromossômico por publicação.

Ordem/Família	% de espécies	% de gêneros	% do Número mais frequente	Maior Número	Menor número	Números diferentes registrados	% de publicações acessadas integralmente.	% de registros analisados integralmente	Média de registros por publicação
Sapindales	13,9	45,6	$2n = 28$ (9,6%)	$2n = 360$	$2n = 10$	63	57,6	67,8	4
Anacardiaceae	11,6	33,8	$2n = 30$ (43,3%)	$2n = 60$	$2n = 14$	14	53,5	48,8	2,2
Burseraceae	3,5	55,6	$2n = 26$ (37,5%)	$2n = 104$	$2n = 22$	8	54,2	51,4	1,5
Meliaceae	14,1	75	$2n = 50$ (17,4%)	$2n = 360$	$2n = 20$	31	68,8	80,5	4,2
Rutaceae	17,4	49,4	$2n = 36$ (20,5%)	$2n = 180$	$2n = 10$	44	55,7	77,6	3,8
Sapindaceae	12,8	34,1	$2n = 26$ (22,8%)	$2n = 216$	$2n = 14$	30	55,1	63,9	3,4
Simaroubaceae	11,6	31,6	$2n = 24$ (18,2%)	$2n = 86$	$2n = 24$	11	56,5	54,5	1,4

Tabela 2.: Panorama dos números cromossômicos para a ordem Sapindales e suas grandes famílias existentes no Brasil. Em cada família são indicadas as porcentagens ou quantidade de espécies, gêneros *lato sensu* e gêneros *stricto sensu* para os quais há relatos de contagens cromossômicas,

Ordem/Família	% de espécies	% de gêneros s.s.	% de gêneros <i>l.s</i>
Sapindales	15,2%	40%	55,8%
Anacardiaceae	30,9%	50%	71,4%
Burseraceae	1,9%	14,3%	85,7%
Meliaceae	9,1%	75%	100%
Rutaceae	8,8%	18,8%	28,1%
Sapindaceae	21,3%	57,1%	57,1%
Simaroubaceae	6,7%	33,3%	66,7%

Tabela 3.: Panorama dos números cromossômicos para a ordem Sapindales e suas grandes famílias. Porcentagem de registros que possuem informações cromossômicas extras, como imagens, cariótipos, meiose, pólen, bandamentos, hibridização *in situ*, cromossomos B, quantidade de DNA e constrições.

Ordem/Família	% de imagens	% de cariótipos	% de meiose	% de pólen	% bandamento	% His	% de cromossomos B	% de quantidade de DNA (C)	% de constrições
Sapindales	43,6%	21,4%	21%	12,6%	7,7%	3,7%	0,5%	3,2%	8,2%
Anacardiaceae	43%	27,3%	15,7%	8,3%	11,6%	0,8	-	4,1%	6,6%
Burseraceae	21,1%	10,5%	-	5,3%	-	-	-	10,5%	10,5%
Meliaceae	27,6%	24,8%	9,3%	-	0,9%	-	-	2,3%	4,7%
Rutaceae	44,1%	14,5%	35,9%	25,1	5,9%	1,8%	0,7%	5%	0,9%
Sapindaceae	55,9%	27,8%	14,6%	8,1%	13,6%	9,7%	0,8%	1%	18,3%
Simaroubaceae	27,8%	5,6%	11,1%	5,6%	-	-	-	11.1%	5,6%

Tabela 4.: Porcentagem de registros de números cromossômicos em Sapindales e em suas principais famílias, em que são discutidos a filogenia, número cromossômico básico e nível de ploidia.

Ordem/Família	filogenia	número básico.	Ploidia
Sapindales	35,5%	43,1%	57%
Anacardiaceae	10,7%	21,5%	21,5%
Burseraceae	5,3%	15,8%	36,8%
Meliaceae	58,4%	59,8%	67,3%
Rutaceae	38,6%	46,8%	72,7%
Sapindaceae	31,9%	41,5%	49,9%
Simaroubaceae	-	-	11,1%

Figura 1.: Frequências (em número absoluto) dos números cromossômicos presentes na ordem Sapindales e em suas maiores famílias

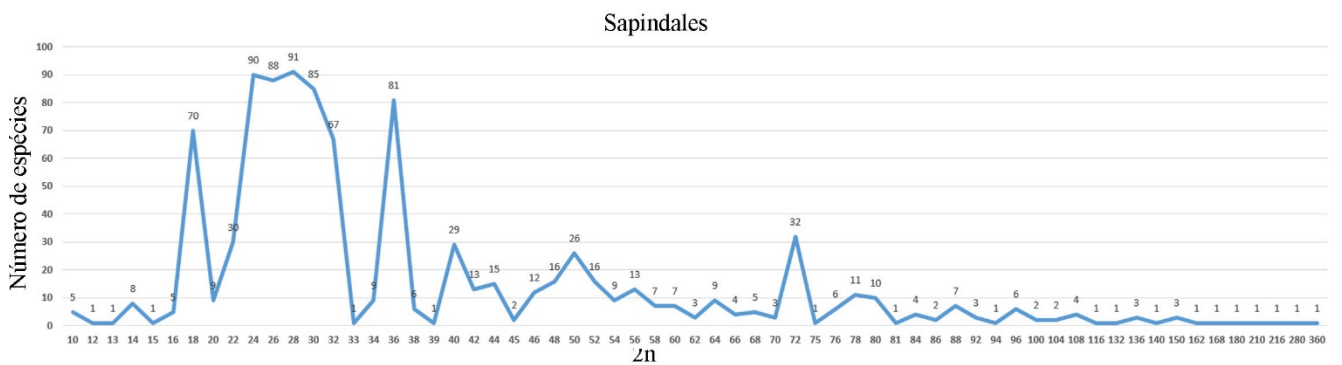
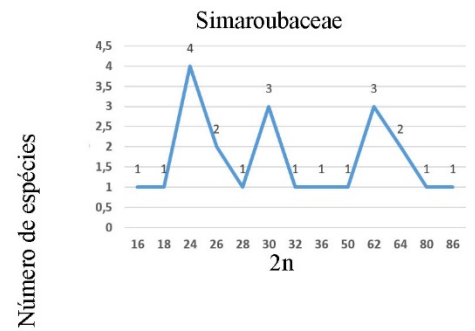
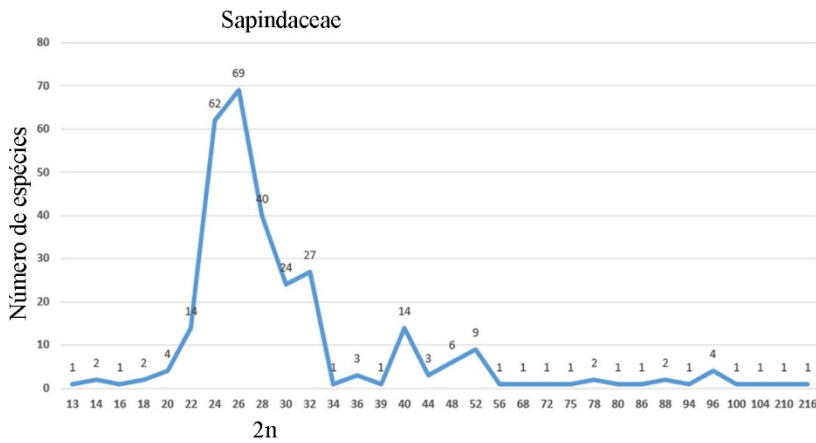
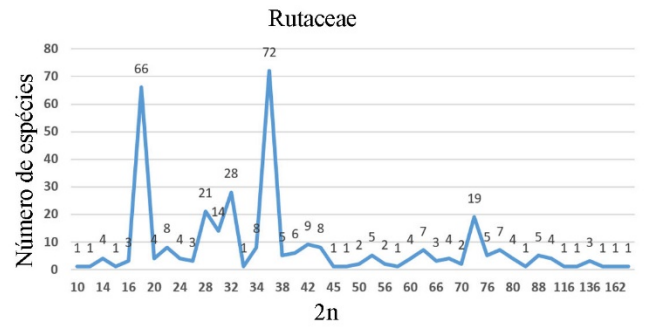
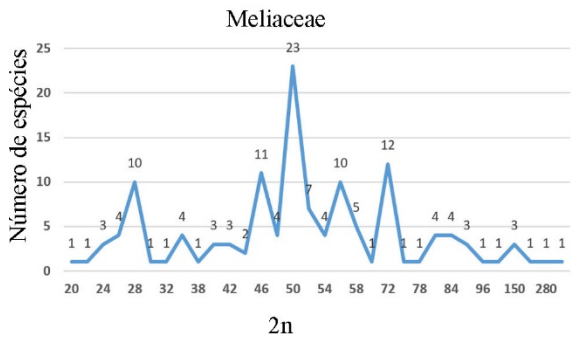
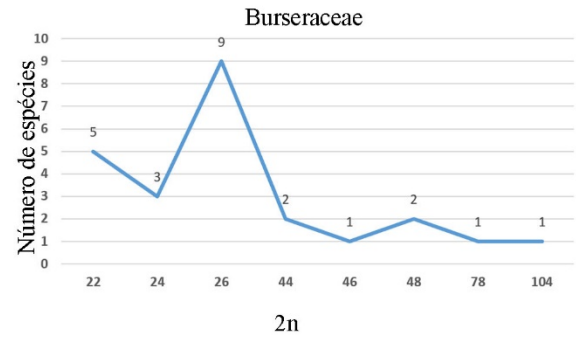
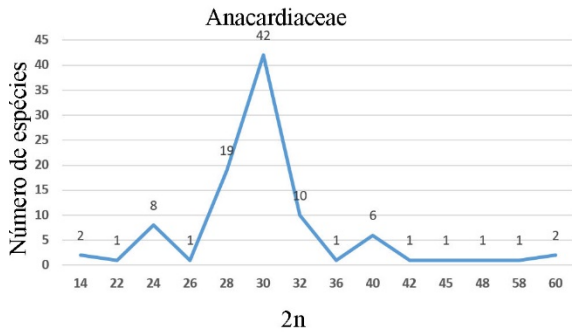


Figura 2.: Formato das publicações contendo números cromossômicos de Sapindales. A. Porcentagem das publicações acessadas integralmente. B. Porcentagem das publicações não acessadas integralmente. C. Porcentagem total das publicações

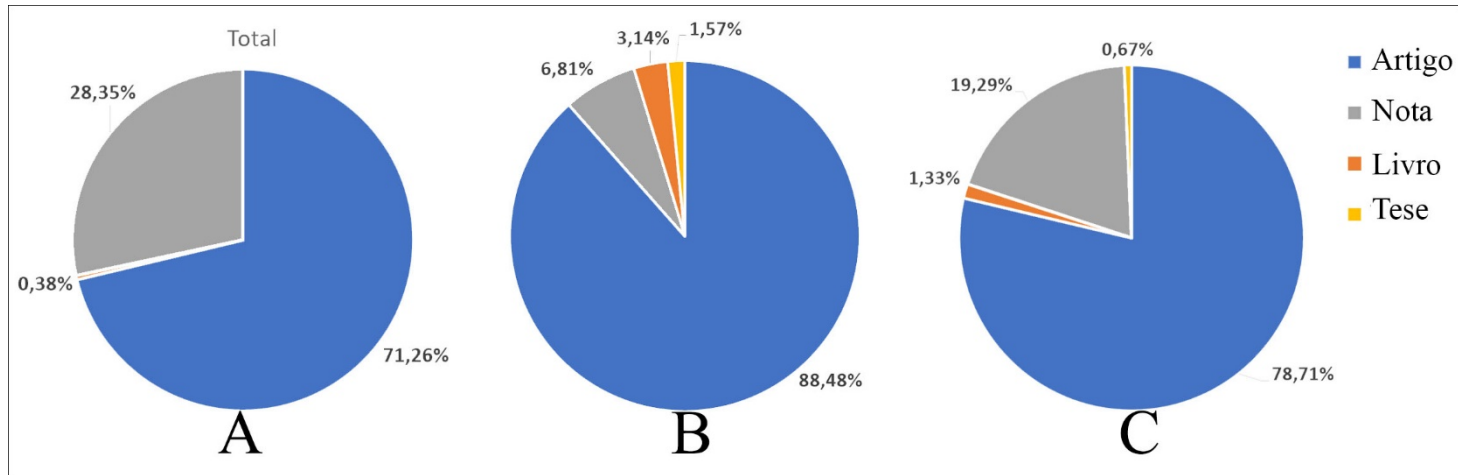


Figura 3.: Idioma das publicações contendo números cromossômicos em Sapindales. A. Porcentagem das publicações acessadas integralmente. B. Porcentagem das publicações não acessadas integralmente. C. Porcentagem total das publicações

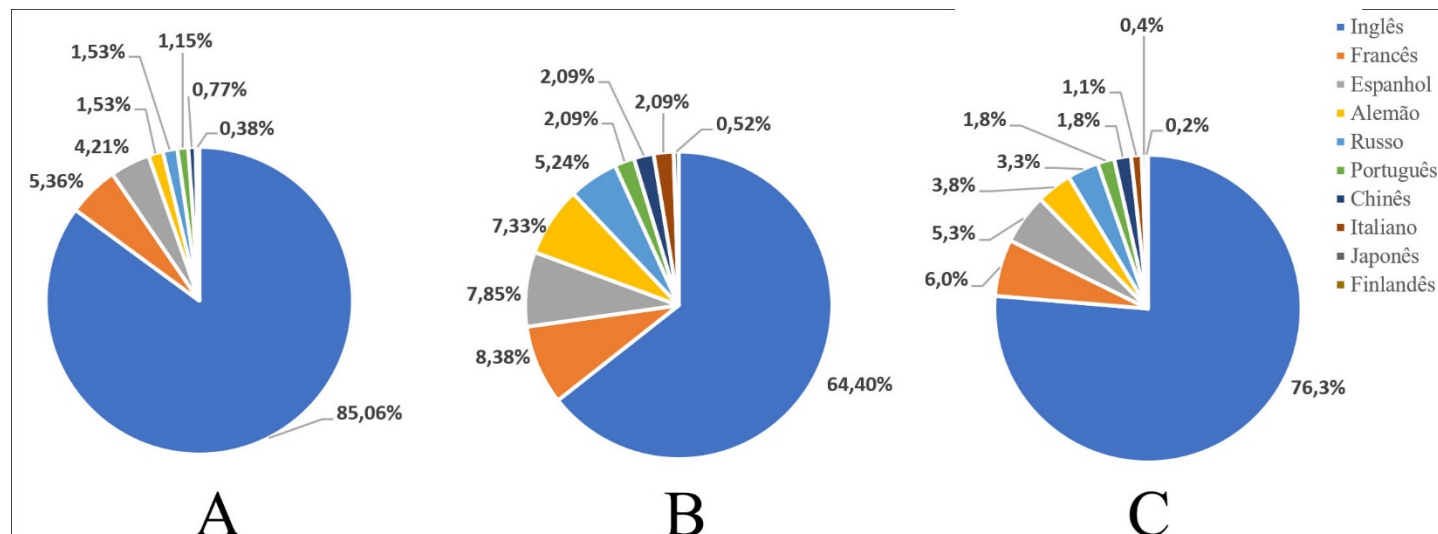


Figura 4.: Percentual de cobertura de números cromossômicos de espécies de Sapindales em compilados: Bolk = Bolkhosvkikh *et al.* (1969); CCDB = *Chromosome Count Database* (RICE *et al.*, 2015); IPCN '67 a '96 = Index to plant chromosome numbers (Diversos autores, 1967 a 1996); IPCN online = Repositório do IPCN impresso online (www.tropicos.org/Project/IPCN)

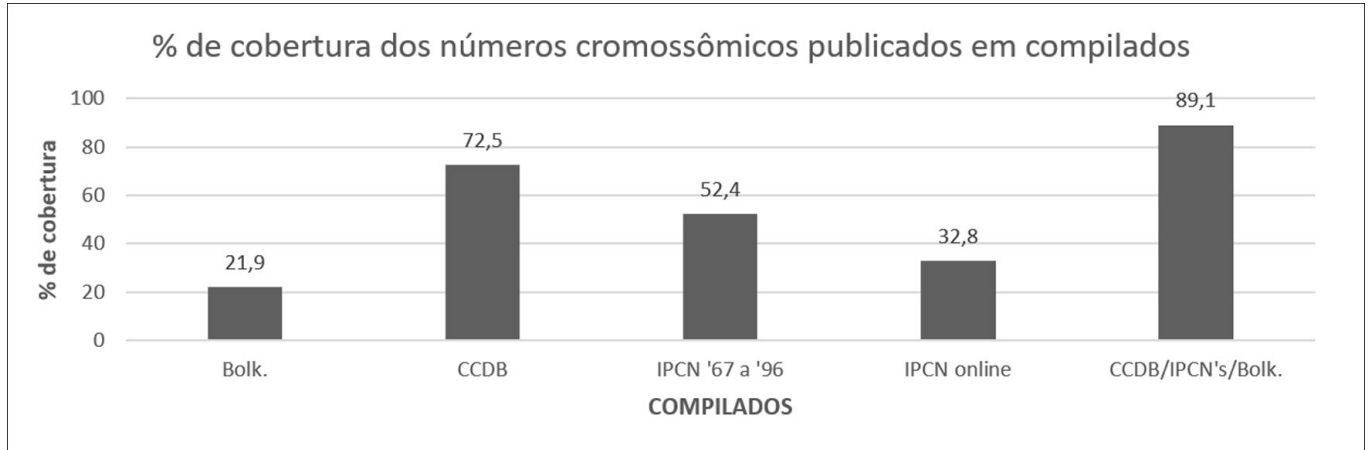


Figura 5.: Datas das publicações de números cromossômicos na ordem Sapindales e em suas maiores famílias.

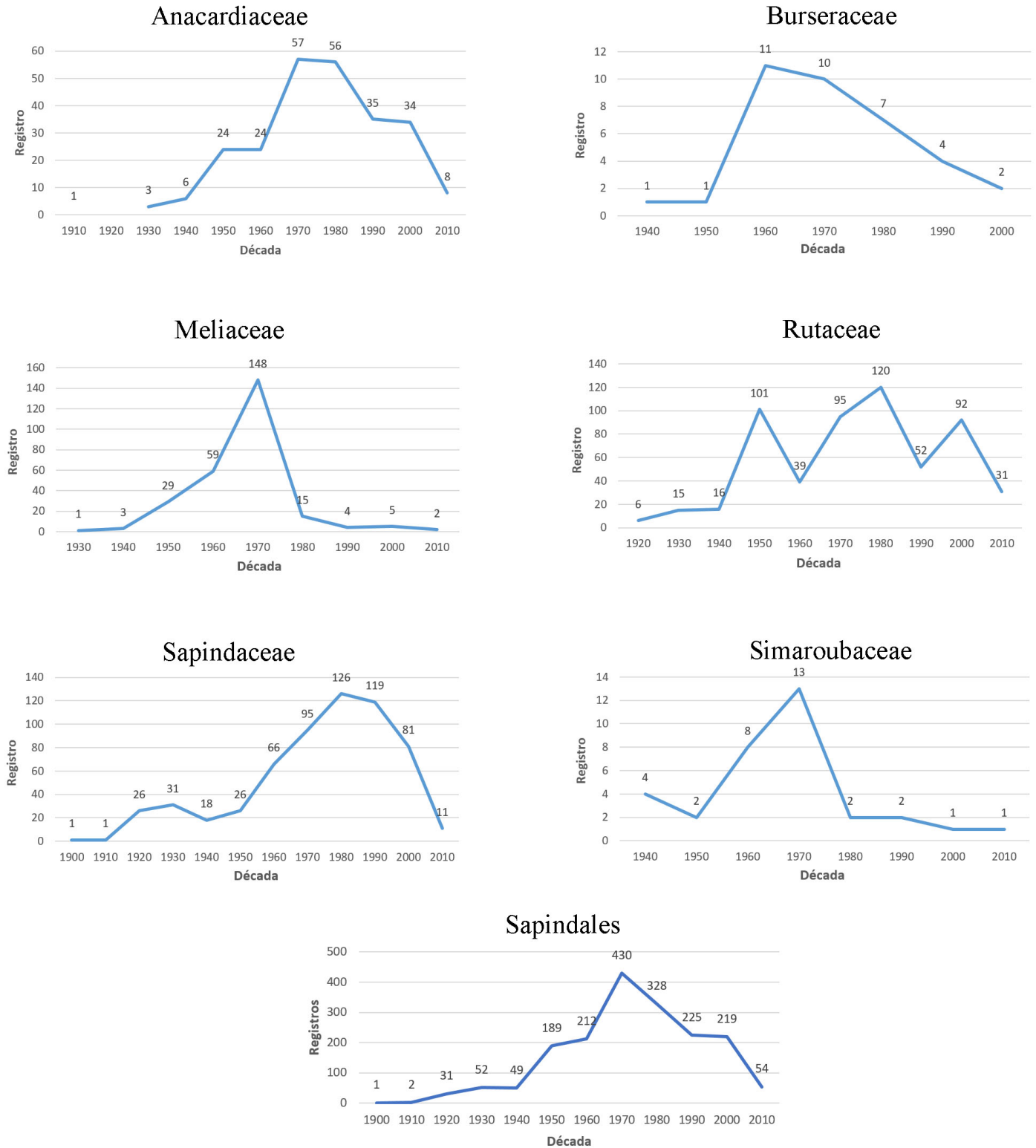


Figura 6.: Origem geográfica (continente) dos acessos de Sapindales com registros de números cromossômicos.

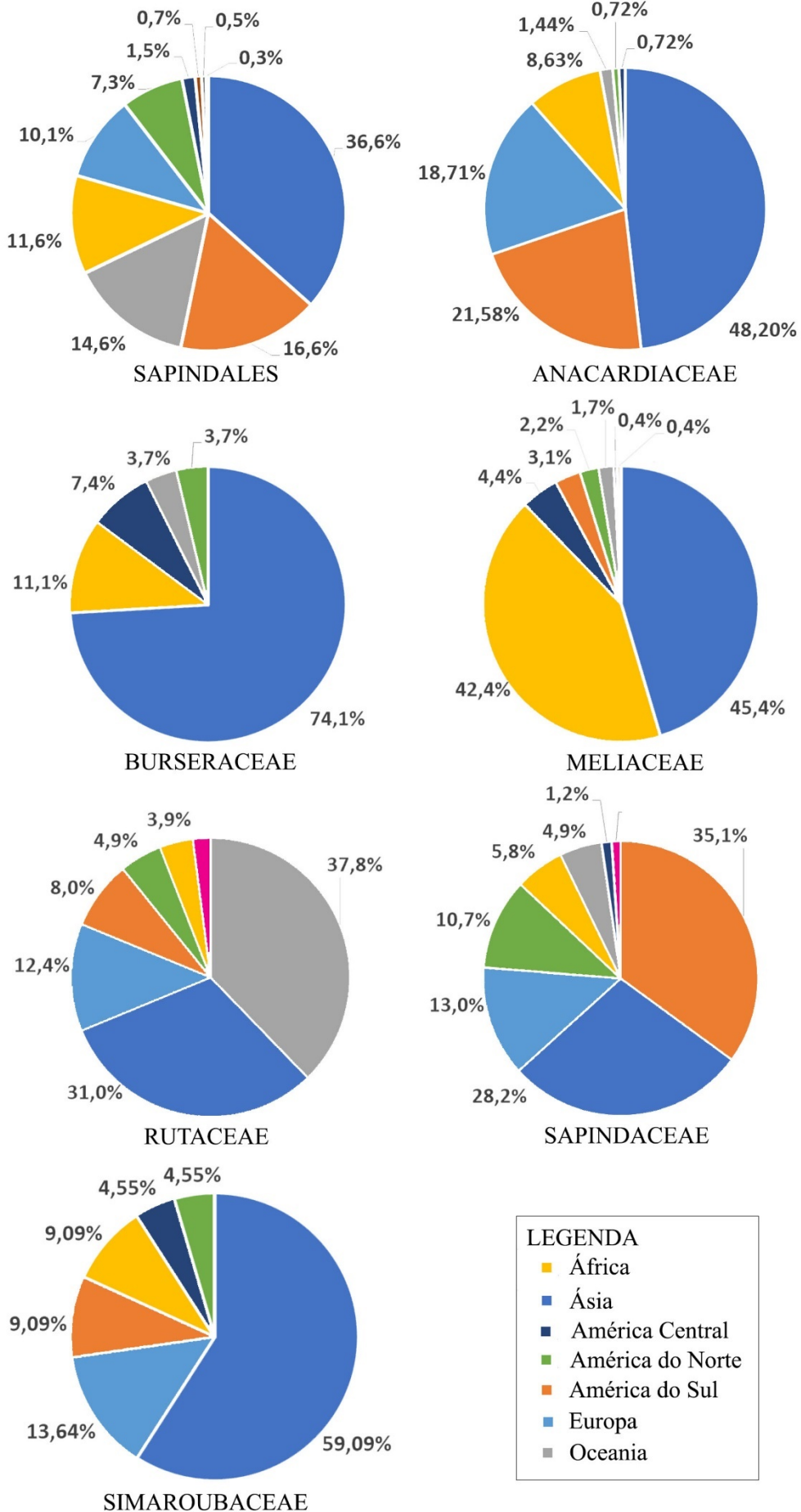


Figura 7 – Árvore filogenética de Anacardiaceae adaptada de Weeks *et al.* (2014). ♦ gêneros com número cromossômico conhecido. ■ gêneros com quantidade de DNA conhecida. ◀ gêneros com informações extranuméricas.

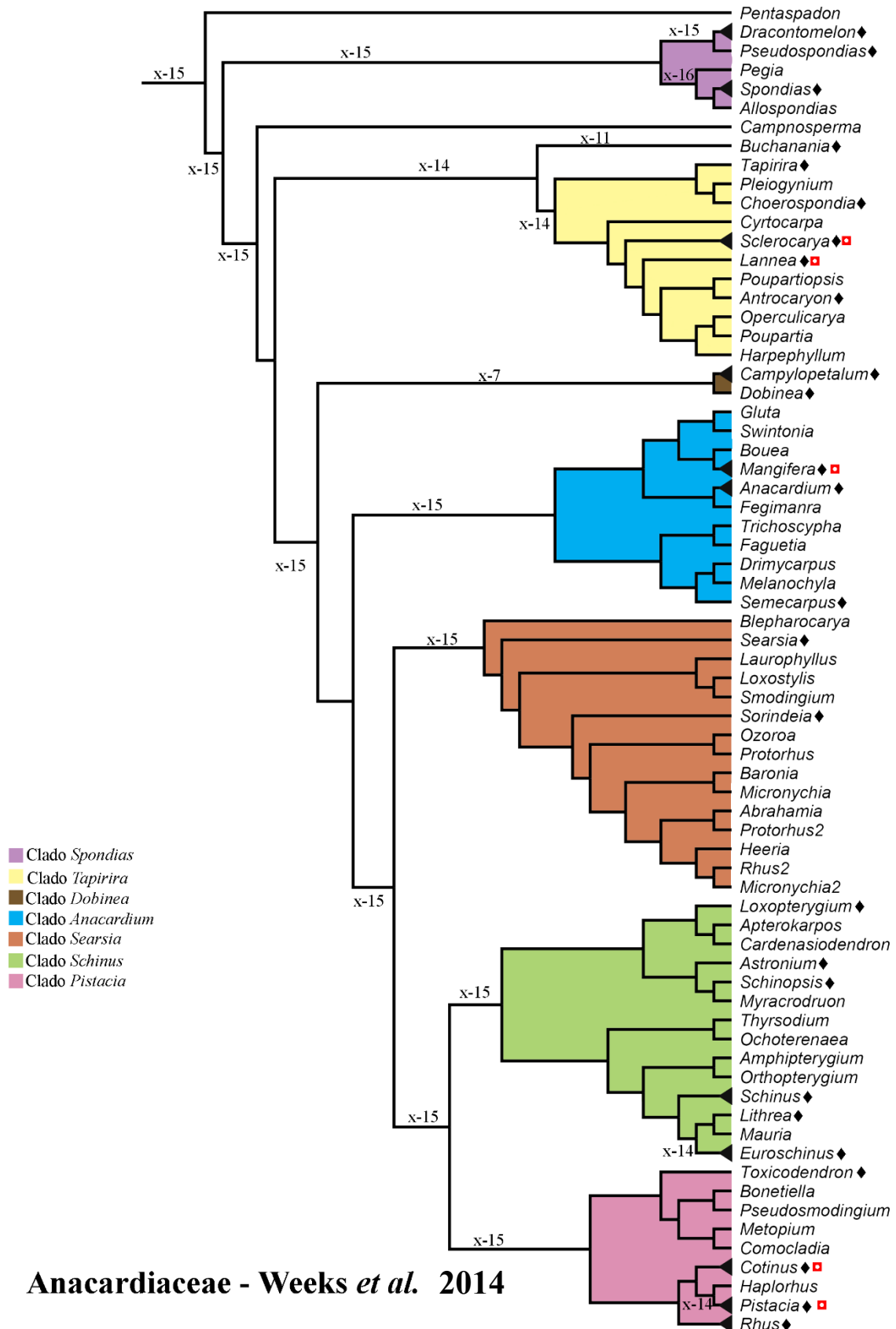
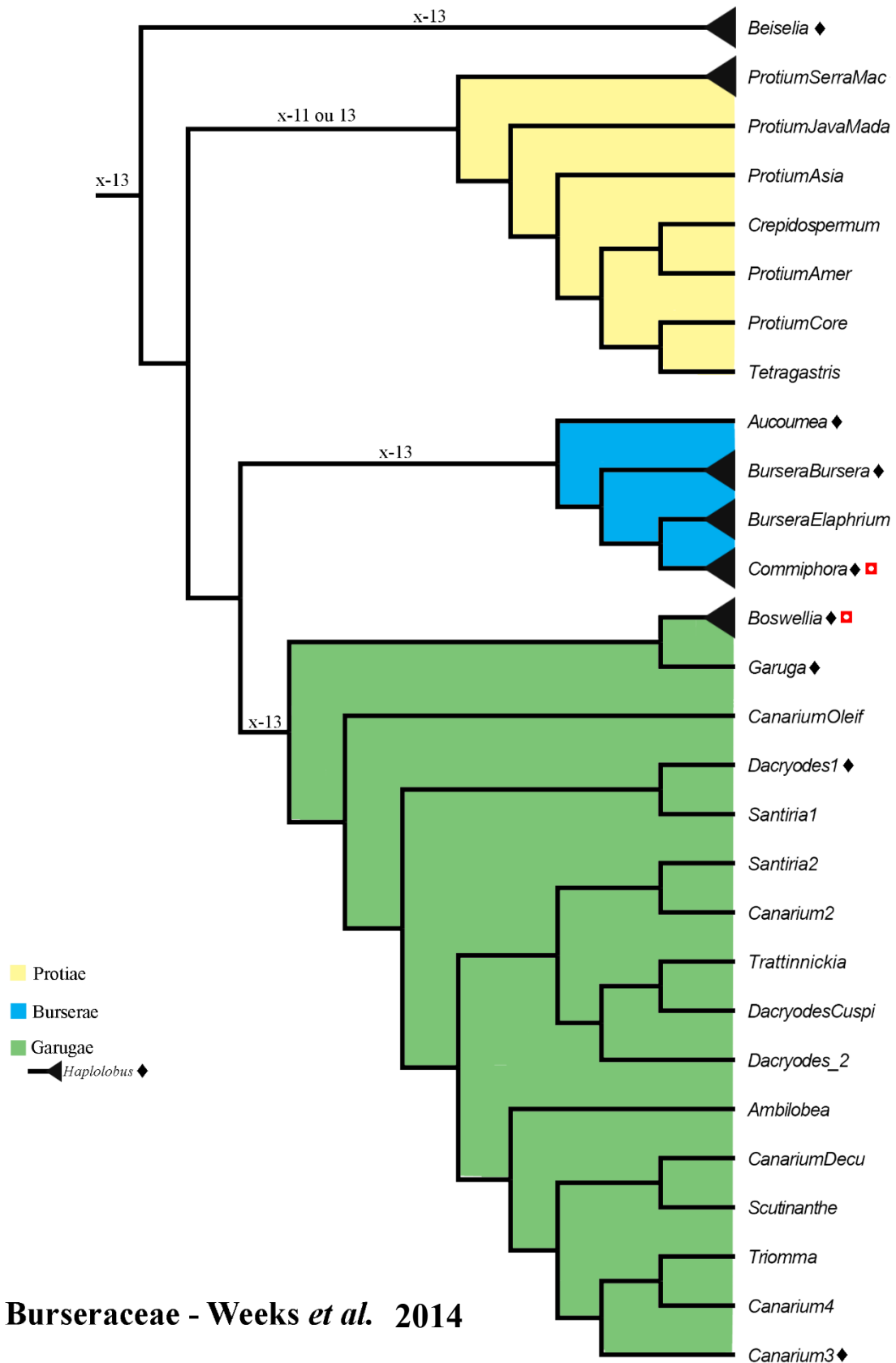


Figura 8 – Árvore filogenética de Burseraceae adaptada de Weeks *et al.* (2014). Os gêneros listados à esquerda não foram incluídos na árvore original. (♦ gêneros com número cromossômico conhecido. ■ gêneros com quantidade de DNA conhecida. ◀ gêneros com informações extranuméricas.)



Burseraceae - Weeks *et al.* 2014

Figura 9 – Árvore filogenética de Meliaceae adaptada de Koenen *et al.* (2015). (* gêneros com número cromossômico conhecido. ■ gêneros com quantidade de DNA conhecida. ◀ gêneros com informações extranuméricas.)

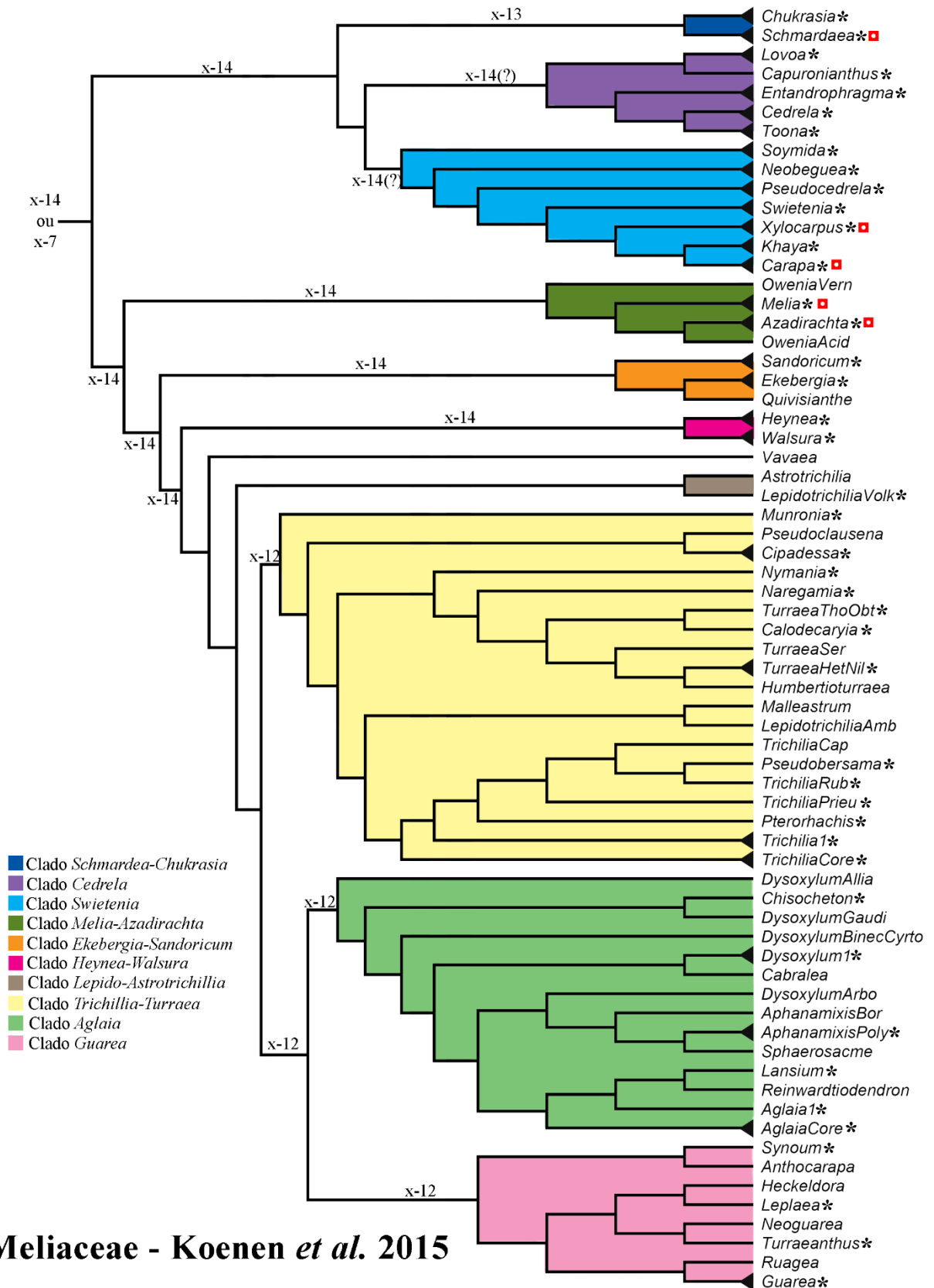


Figura 10 – Árvore filogenética de Rutaceae adaptada de Groppo *et al.* (2012). Os gêneros listados à esquerda não foram incluídos na árvore original. (* gêneros com número cromossômico conhecido. ■ gêneros com quantidade de DNA conhecida. ◀ gêneros com informações extranuméricas.)

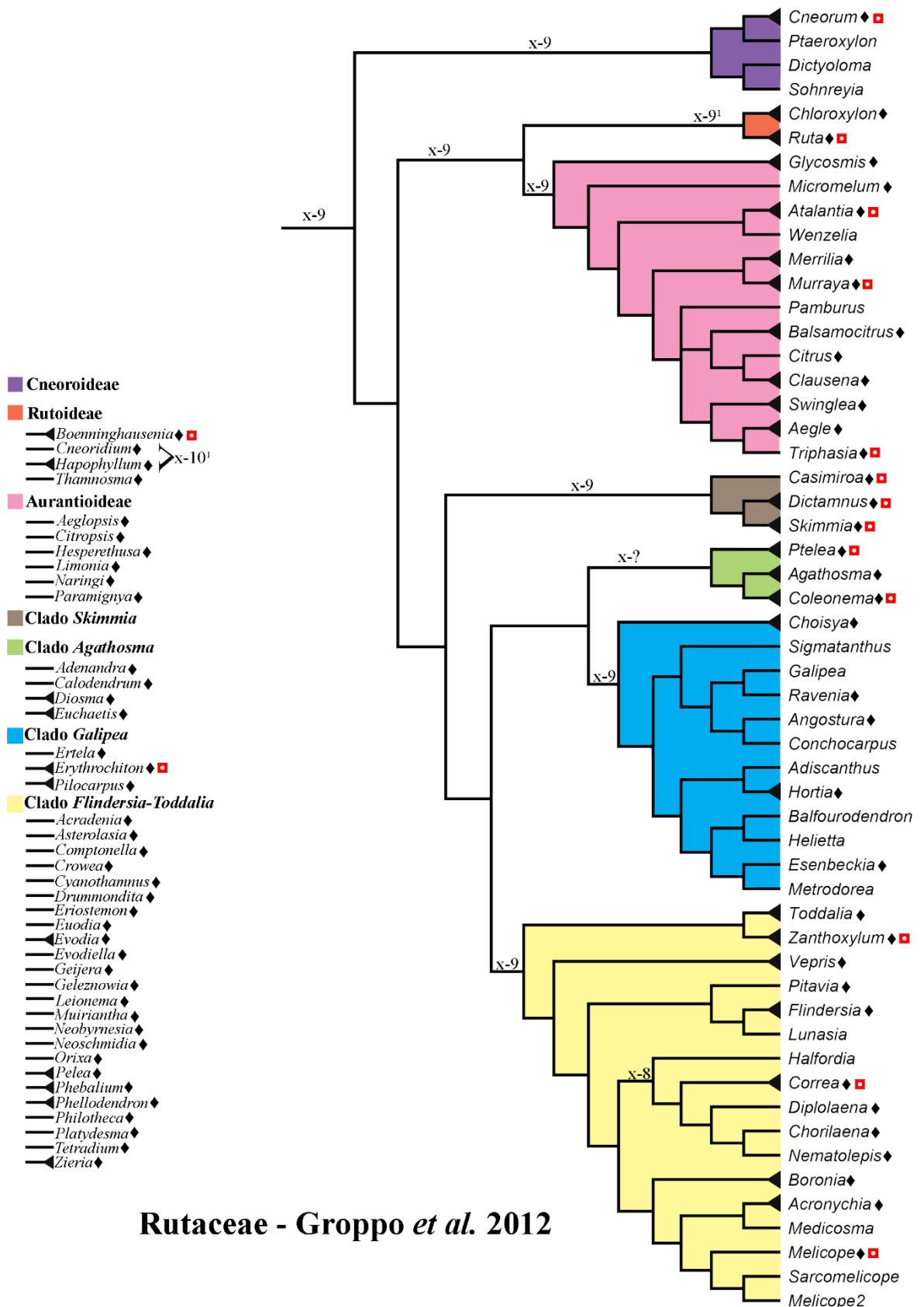
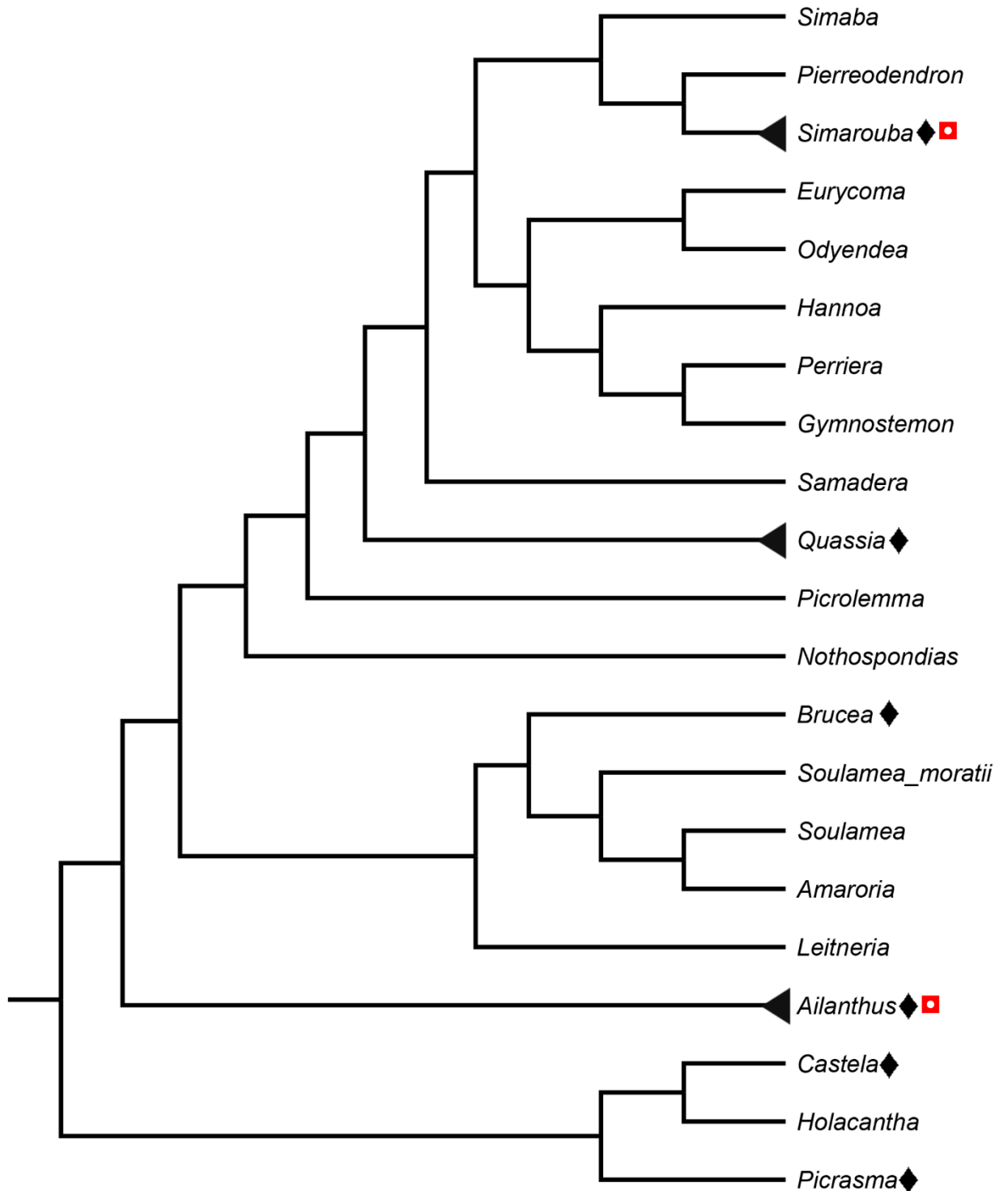
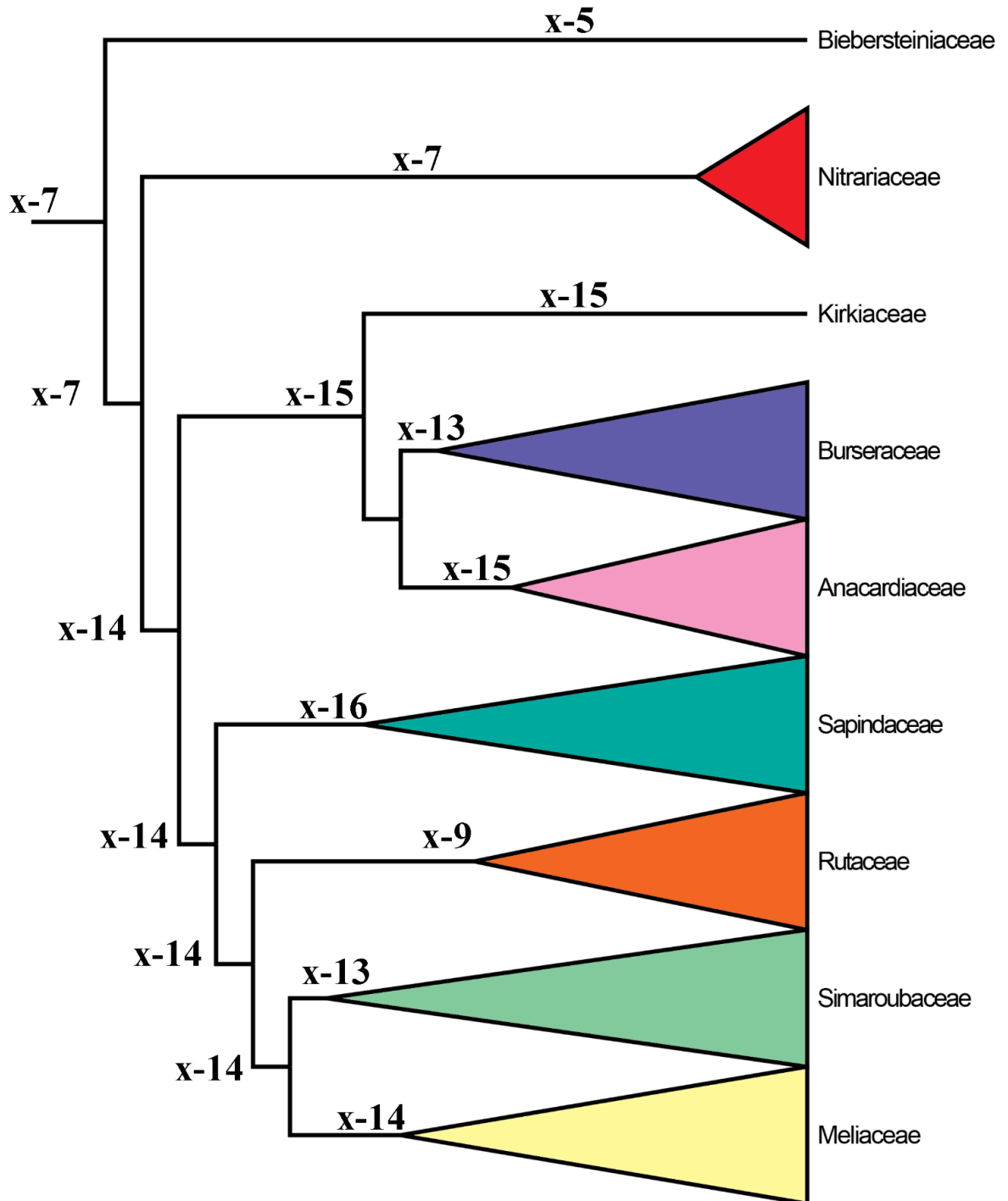


Figura 12 – Árvore filogenética de Simaroubaceae adaptada de Clayton *et al.* (2008). Os gêneros listados à esquerda não foram incluídos na árvore original. (* gêneros com número cromossômico conhecido. ■ gêneros com quantidade de DNA conhecida. ◀ gêneros com informações extranuméricas.)



Simaroubaceae - Clayton *et al.* 2009

Figura 13 – Árvore filogenética de Sapindales adaptada de Muellner-Riehl *et al.* (2016). Os números básicos mais parcimoniosos de cada nó foram plotados



Sapindales - Muellner-Riehl 2016

CAPÍTULO 2

Reconstrução da evolução do número cromossômico da ordem Sapindales e suas famílias.

CAPÍTULO 2 - Reconstrução da evolução do número cromossômico da ordem Sapindales e suas famílias.

RESUMO

A ordem Sapindales representa mais de 3% da diversidade de eudicotiledôneas, com seis grandes famílias (Anacardiaceae, Burseraceae, Meliaceae, Rutaceae, Sapindaceae e Simaroubaceae) e três menores (Biebersteiniaceae, Kirkiaceae e Nitrariaceae). É uma ordem monofilética, porém há controvérsias nas relações inter e intra-familiares. A citogenética tem sido usada como ferramenta biosistemática no auxílio de relações sistemáticas e nos mecanismos evolutivos. O conhecimento da citogenética de Sapindales é escasso, sendo o número cromossômico o mais conhecido. Os dados cromossômicos associados à filogenia podem trazer informações importantes sobre a evolução dos números cromossômicos. Programas estatísticos, como ChromEvol e Mesquite, podem fornecer subsídio estatístico para a reconstrução da evolução do número cromossômico, o qual foi o objetivo desse trabalho. Um banco de dados de número cromossômico foi criado a partir das espécies com número determinado e foi utilizado o ChromEvol com as configurações padrões para avaliar três hipóteses (número básico da raiz fixa, $x = 5$ ou $x = 7$) em duas árvores filogenéticas. Uma árvore, ainda não publicada, continha comprimento de ramo e, a outra, era simplificada a partir de trabalhos já existentes. Nos resultados foram apresentadas as árvores com a reconstrução da evolução do número cromossômico, bem como a probabilidade de ocorrência dos eventos de disploidia ascendente, disploidia descendente, duplicação e demiduplicação. O modelo escolhido foi o de evolução linear, considerando duplicação e demiduplicação como eventos semelhantes, pois este modelo é o que possuía menor valor AKAIKE (AIC). A evolução do número cromossômico em Sapindales iniciou a partir de $x = 7$, com derivação de duas pequenas famílias. A duplicação e aumento para o número básico $x = 14$ foi ancestral das famílias grandes. Cada família evoluiu de maneira distinta, porém com a tendência a diminuição do número cromossômico através de disploidia descendente na diversificação dos clados internos. A poliploidia não foi um evento presente e importante em todas as famílias, porém em Rutaceae e Meliaceae houve uma forte influência da poliploidia na diversificação dos clados. As sugestões de número básico foram: Biebersteiniaceae $x = 5$, Nitrariaceae $x = 7$, Anacardiaceae $x = 14$ ou 15 , Burseraceae $x = 13$, Meliaceae inconclusivo, Rutaceae $x = 9$, Sapindaceae $x = 16$ e Simaroubaceae inconclusivo.

1. INTRODUÇÃO

A ordem Sapindales representa cerca de 3% da diversidade das eudicotiledôneas e, segundo o APG IV (2016), está inserida no clado das Malvídeas (MAGALLÓN *et al.*, 1999). Apesar de reconhecidamente monofilética, as relações entre as suas famílias circunscritas permanecem controversas, com diversos autores divergindo de opinião. Chase *et al.* (1993), Soltis *et al.* (1998, 2000), Savolainen *et al.* (2000a, b), Hilu *et al.* (2003); APG I, II, III e IV (1998, 2003, 2009, 2016) analisaram a ordem Sapindales em filogenias de angiospermas e/ou eudicotiledôneas. Já os trabalhos de Sheahan & Chase (1996), Gadek *et al.* (1996), Muellner *et al.* (2007) e Muellner-Riehl *et al.*, (2016) foram realizados com enfoque específico na ordem Sapindales. Além dos estudos moleculares, dentre as sinapomorfias morfológicas que dão suporte ao monofiletismo da ordem estão: folhas pinado-compostas, que podem ser palmado-compostas, trifolioladas ou unifolioladas (reduzidas), e flores com disco nectarífero evidente (JUDD *et al.*, 2009; KUBITZKI, 2011).

Dentre as propostas de classificação filogenética recentes a principal modificação de circunscrição foi a inclusão dos gêneros *Biebersteinia*, *Nitraria*, *Peganum*, e *Kirkia* dentro da ordem Sapindales (MUELLNER *et al.*, 2007). Os trabalhos filogenéticos mais recentes das famílias restantes são: Anacardiaceae-Burseraceae, em que Weeks *et al.* (2014) mostraram que as duas famílias são monofiléticas, mas as classificações intrafamiliares precisam ser revistas; Meliaceae com o trabalho de Koenen *et al.* (2015); Rutaceae, com o trabalho de Groppo *et al.* (2012), no qual as revisões de classificação intrafamiliar continuam a serem feitas; Sapindaceae, com Buerki *et al.* (2010, 2013) que relatam a dificuldade da circunscrição de Sapindaceae e até sugeriram reutilizar a classificação clássica em Aceraceae, Hippocastanaceae, Sapindaceae *s.s.* e a descrição de uma nova família, Xanthoceraceae; e Simaroubaceae, com o trabalho de Clayton *et al.* (2009), que demonstrou que a família é monofilética.

Sendo assim, a ordem hoje comporta nove famílias: seis são consideradas “*Big families*”, Anacardiaceae, Burseraceae, Meliaceae, Rutaceae, Sapindaceae e Simaroubaceae, com mais de 5000 espécies reconhecidas, e três famílias menos diversificadas são Biebersteiniaceae, Kirkiaceae e Nitrariaceae (MUELLNER-RIEHL *et al.*, 2016).

A determinação do número cromossômico tem sido, historicamente, utilizada em estudos evolutivos, sendo considerada uma importante ferramenta em estudos sistemáticos, auxiliando no entendimento das relações filogenéticas e mecanismos evolutivos nos vegetais

(STEBBINS, 1971; GREILHUBER 2005, BENKO-ISEPPON e MORAWETZ, 2000a, 2000b; BENKO-ISEPPON & WANDERLEY, 2002; GITAÍ *et al.*, 2005).

Guimarães (2018, Capítulo 1) realizou um estudo para demonstrar o estado da arte da citogenética de Sapindales. O autor demonstrou que o número de espécies de Sapindales com conhecimento de número cromossômico é baixo, com registro em apenas aproximadamente 14% das espécies e 45% dos gêneros. A maioria das informações também estão restritas apenas ao número cromossômico, com poucos trabalhos trazendo informações a mais, como cariótipo (detalhamento de tamanho e forma dos cromossomos, além da caracterização longitudinal dos cromossomos mediante a aplicação de técnicas de bandamento e de hibridização de DNA *in situ*) e tamanho do genoma.

A variação de número cromossômico de Sapindales é alta, com mais de 60 números diferentes. Essa variação vai desde $2n = 10$ a $2n = 360$. O levantamento também demonstrou que há divergências nas indicações de número básico (x) por diversos autores, principalmente na família Meliaceae, pois os insuficientes dados dispersos na literatura não permitem uma visão ampla para demonstrar de modo mais preciso a evolução do número cromossômico dentro da ordem (GUIMARÃES, 2018, Capítulo 1).

Os números cromossômicos e suas variações devem ser analisadas junto à filogenia, desde os clados mais basais até os mais derivados, para inferir a reconstrução da história evolutiva do número cromossômico (GUERRA, 2000; STACE, 2000). Destarte, a informação citogenética e a evolução do número básico junto à filogenia são de grande importância para a biosistemática vegetal.

Nos últimos anos, com o desenvolvimento de softwares específicos, a exemplo do ChromoEvol (GLICK & MAYROSE, 2014; MAYROSE *et al.* 2010), é possível fazer inferências sobre os números cromossômicos à luz de algoritmos Bayesianos e Máxima Verossimilhança, mesmo com a ausência de dados cromossômicos em alguns terminais.

A aplicação deste software vem trazendo resultados promissores que ampliam os horizontes da Citogenética, unindo informações cromossômicas a dados macromoleculares e vêm sendo utilizados em alguns grupos taxonômicos como: Orchidaceae, em que foi sugerido o número básico para o gênero *Heterotaxis*, além de corroborar a classificação das espécies em dois clados (MORAES *et al.*, 2016); Colchicaceae, no qual se evidenciou padrões cromossômicos de acordo com a origem biogeográfica atrelada à filogenia e demonstrou que a evolução da família ocorreu basicamente por disploidias (CHACÓN *et al.*, 2014); Cyperaceae, na qual a variação numérica de cromossomos se mostrou como um significativo sinal evolutivo e indicou uma tendência do cariótipo a ser $2n = 10$ (com $x = 5$), além de mostrar

que números altos e baixos são restritos a alguns clados e que os eventos de poliploidia e eventos de alteração morfológica são específicos de certos ramos (RIBEIRO *et al.*, 2017).

Além desses, há trabalhos com o gênero *Phacelia* Juss. (Boraginaceae) (WALDEN *et al.*, 2014), a ordem Nymphaeales (PELLICER *et al.*, 2013) e o gênero *Meconopsis* Vig. (Papaveraceae) (XIAO *et al.*, 2014). A análise cromossômica pelo ChromEvol é utilizada até mesmo para animais, como o trabalho de Cardoso *et al.* (2014) com *Mycetophylax*, um gênero de formigas, e o de Hamm (2017) com a borboleta monarca.

Dada à controvérsia taxonômica da ordem Sapindales, à forma dispersa nas quais os números cromossômicos são registrados em literatura, e às lacunas de conhecimento de quaisquer informações cariotípicas para alguns táxons da ordem, conforme ressaltado por Guimarães (2018, capítulo 1), este estudo objetiva analisar a evolução dos números cromossômicos na ordem Sapindales e em suas famílias. Para isso, será feita a reconstrução da evolução do número cromossômico de Sapindales e de suas famílias mediante análises estatísticas, pela utilização do programa ChromEvol, a partir dos números cromossômicos já determinados das espécies atualmente existentes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Buscamos em compilados, livros e artigos científicos os números cromossômicos já publicados para as espécies da ordem Sapindales para a construção de um banco de dados simplificado com os seus respectivos gêneros. As correções nomenclaturais foram realizadas através da plataforma online *The Plant List* (2017). O banco de dados e o panorama da distribuição dos números cromossômicos na ordem Sapindales e em suas famílias foram apresentados no Capítulo 1 desta dissertação (GUIMARÃES, 2018).

A reconstrução da evolução do número cromossômico foi feita através do método desenvolvido por Mayrose *et al.* (2010) e Glick & Mayrose (2014) empregando o programa ChromEvol, utilizando métodos estatísticos de análise de máxima verossimilhança e bayesiana. Para a reconstrução foram necessários os bancos de dados dos números cromossômicos e uma árvore filogenética da ordem Sapindales para a análise estatística. O programa conta com oito modelos de análises levando em consideração as alterações cromossômicas como ganho, perda, duplicação e demiduplicação do número cromossômico para estimar o número cromossômico do nó anterior. Não há distinção entre aneuploidia e disploidia, generalizando assim ambos os eventos como disploidia.

Devido à presença de citótipos e possíveis erros de contagem, atribuímos pesos aos números cromossômicos, como o próprio programa permite. Primeiramente, para os números

cromossômicos para cada espécie e, posteriormente, com o resultado anterior, atribuímos peso aos números cromossômicos do gênero, evitando superestimar o peso das contagens de mesmo número para uma única espécie. A soma dos pesos atribuídos para cada gênero foi de 1 (um).

Utilizamos duas árvores para as análises devido às diferentes amostragens em cada uma delas: a primeira foi cedida pelo Prof. P. Dias (artigo em construção), derivada de uma análise de máxima de verossimilhança (RAxML), com comprimentos de ramos; a segunda foi uma árvore simplificada (sem comprimento dos ramos) para gênero, construída neste trabalho no *software* Mesquite, utilizando dados das árvores filogenéticas mais recentes (BUERKI *et al.*, 2013; CLAYTON *et al.*, 2009; GROPPPO *et al.*, 2012; KOELNEN *et al.*, 2015; MUELLNER *et al.*, 2007; MUELLNER-RIEHL *et al.*, 2016; WEEKS *et al.*, 2014;). A classificação dos subgrupos (clados/táxons) utilizados dentro das famílias foi baseada na árvore simplificada e nas respectivas publicações de origem das árvores, quando disponíveis.

Com o banco de números cromossômicos e as árvores filogenéticas, rodamos o programa utilizando os parâmetros padrões fornecidos para obter as análises e a opção de todos os modelos. Foi ajustado para utilizar 10.000 simulações para cada modelo a fim de computar as mudanças ao longo dos ramos.

O modelo escolhido para o resultado foi aquele que obteve menor valor usando o AIC (AKAIKE, 1974). O AIC é uma estatística utilizada para avaliar resultados de diferentes modelos de uma matriz de dados, que já é calculado pelo próprio *software*. Após a determinação do melhor modelo, foram realizadas mais duas análises: uma fixando o valor do número básico da raiz como $x = 5$ e a outra com $x = 7$ para testar hipóteses do número ancestral da raiz da ordem Sapindales. A escolha desses números se deve a dois motivos: primeiro, pelo fato de a família basal da ordem Biebersteiniaceae possuir número básico $x = 5$ e, segundo, por alguns autores relatarem $x = 7$ como o número básico das angiospermas (RAVEN, 1975; SOLTIS, 2005). Um total de três resultados para cada árvore foi gerado, variando o número básico (Não fixado (h1), $x = 5$ (h2) e $x = 7$ (h3)).

As árvores geradas após análises foram visualizadas no *software* FigTree (1.4.3). O ChromEvol retorna diversas árvores com as informações separadas: Uma com a nomenclatura dos nós; uma com o número gamético mais provável em cada nó e outra com as probabilidades de cada evento ter ocorrido em cada ramo. Os dados resultantes das árvores foram compilados e editados no *software* de imagens Adobe® Photoshop® para melhor visualização e compreensão. Em cada árvore apresentada, foi colocado o número haploide dos nós. Para evitar poluição da imagem, não repetimos o número nos demais nós subsequentes com a mesma informação de número haploide.

Em cima de cada ramo foi colocado, de acordo com o código de cores, os valores para o número esperado de eventos de alteração numérica ocorrida em cada ramo (ganho, perda, duplicação e demiduplicação). Os valores considerados como significativos são os acima de 0.5. Foi gerada uma tabela contendo a soma dos valores para cada família e para os ramos da ordem (sem os valores internos das famílias) e o total da árvore.

Nos terminais da árvore colocamos os gêneros e suas respectivas proporções de registros de número cromossômico, o número cromossômico apresentado em vermelho é o mais representativo para aquele gênero. Nos gêneros com ausência de contagens cromossômicas colocamos “X”, pois assim o ChromEvol reconhece as lacunas para realizar suas análises. As árvores derivadas com a reconstrução foram discutidas, em nível de ordem e família, com dados da literatura.

3. RESULTADOS

Para cada uma das árvores iniciais (P. Dias e Simplificada) foi gerada uma árvore com a reconstrução de números cromossômicos. O modelo evolutivo escolhido, a partir da primeira análise com todos os modelos, foi o que obteve o menor valor AIC, o algoritmo “LINEAR_RATE_DEMI”. Esse modelo considera tanto ganho como perda de cromossomos de forma linear, além do que depende do nó anterior para definir o próximo e considera a duplicação e demiduplicação como eventos semelhantes.

3.1 Ordem Sapindales

3.1.1 Árvore de P. Dias

A primeira análise, sem número básico da raiz fixado, indicou o número básico $x = 13$ para Sapindales. Para as famílias, os números básicos resultantes foram: $x = 12$ em Nitrariaceae $x = 15$ no primeiro clado de Anacardiaceae e $x = 14$, no segundo clado; $x = 16$ em Sapindaceae; $x = 15$ em Kirkiaceae; $x = 13$ em Burseraceae; $x = 12$ em Meliaceae; $x = 9$ em Rutaceae e $x = 13$ em Simaroubaceae (Figura 1). A hipótese do número básico da raiz sendo de $x = 5$ manteve os números básicos para Anacardiaceae, Kirkiaceae, Burseraceae, Nitrariaceae, Meliaceae e Simaroubaceae. Rutaceae e Sapindaceae resultaram em diferentes números, com $x = 8$ e $x = 14$, respectivamente. A hipótese do número básico $x = 7$ manteve o mesmo resultado de números básicos das famílias com $x = 5$ (Figura 1).

3.1.2 Árvore Simplificada (a partir de Muellner-Reich *et al.*, 2016)

Todas as três análises (sem número básico da raiz fixado, raiz fixada em $x = 5$ e $x = 7$) realizadas resultaram nos mesmos números básicos das famílias. A diferença se deu na raiz da ordem com o resultado da análise de número básico não fixado, com a o retorno da raiz não

fixada de $x = 6$. Biebersteiniaceae resultou em $x = 5$, Nitrariaceae em $x = 7$, Kirkiaceae em $x = 15$, Burseraceae em $x = 13$, Anacardiaceae em $x = 14$ Sapindaceae em $x = 15$, Rutaceae em $x = 12$, Simaroubaceae em $x = 14$ e Meliaceae em $x = 14$ (Figura 2).

3.2 Famílias

3.2.1 Anacardiaceae

As árvores tiveram diferença significativa de evolução numérica, pois a árvore de P. Dias dividiu a família em dois grandes grupos, chamados de Anacardiaceae I e II. Em Anacardiaceae I o número básico foi de $x = 15$ para a raiz da família e também para a raiz dos cladogramas Anacardium, Searsia, Schinus e do gênero *Pistacia*. Dentro do clado Anacardium houve altas probabilidades de eventos de adição e redução no ramo que vai para *Mangifera* e probabilidade de uma duplicação no clado irmão que vai para *Semecarpus* (Figura 3).

Em Anacardiaceae 2 o número básico foi de $x = 14$ para a raiz, para o clado Tapirira e para os gêneros *Pentaspadon*, *Camposperma* e *Buchanania*. O clado Spondias teve probabilidades de eventos de adição no ramo com número básico de $x = 15$ e internamente uma segunda variação com $x = 16$ para *Dracontomelon*. O Clado Tapirira, assim como a família, conservou $x = 14$, mas internamente houve probabilidades de ter ocorrido eventos de redução para $x = 13$ (Figura 4).

Na árvore Simplificada a partir de Weeks *et al.* (2014), o número básico de Anacardiaceae foi $x = 14$ em todas as hipóteses testadas. No clado Spondias houve probabilidade de eventos de adição para $x=15$ em alguns gêneros e redução para $x = 13$ em outros. No clado Tapirira houve redução para $x = 13$ e nos cladogramas mais derivados redução para $x = 12$ (Figura 5)

O clado Anacardium possui número básico $x = 20$, uma possível duplicação de um anterior $x = 10$. Os cladogramas Searsia, Schinus e *Pistacia* possuem $x = 15$, derivadas a partir de $x = 10$ por eventos de demiduplicação ou de adição (Figura 5).

3.2.2 Burseraceae

As topologias entre as árvores de P. Dias e a Simplificada (a partir de Weeks *et al.*, 2014) são semelhantes, com a diferença que o clado formado por *Garuga* e *Boswellia* estão mais próximos de *Protium* na árvore de P. Dias (Figura 6). Na árvore simplificada esse clado faz parte da subfamília Garugae junto a *Canarium* (Figura 7).

Apesar das diferenças na topologia, ambas as árvores resultaram nos mesmos números básicos. Para a família é indicado $x = 13$, assim como para o gênero *Beisellia*. A subfamília Protiae apresentou eventos de redução para $x = 11$ e Burserae permaneceu com $x = 13$. O clado formado por *Garuga/Boswellia* tem $x = 12$ (Figuras 6 e 7). O restante da subfamília Garugae,

sem esses dois gêneros (árvore de P. Dias), possui $x = 24$, derivada de uma duplicação de $x = 12$ (Figura 6).

3.2.3 Meliaceae

As amostragens em ambas as árvores (Figuras 8 e 9) são substancialmente diferentes. As árvores diferem também na topologia e na formação dos clados, apresentando resultados completamente diferentes. A árvore de P. Dias possui o clado *Melia*/*Azadirachta* na base, com $x = 11$, derivado de uma redução do número básico da família, que é de $x = 12$. Após uma duplicação para 24, suportada por uma demiduplicação (a qual é semelhante no modelo à duplicação), foram derivados os outros números por disploidia, com $x = 25$ no clado misto *Cedrela*/*Swietenia*, $x = 24$ no clado misto *Trichilia*/*Guarea* e $x = 23$ no clado *Aglaia* (Figura 8).

Na árvore simplificada de Meliaceae (a partir de Koenen *et al.*, 2015), os resultados são diferentes da árvore de P. Dias. A base da família ficou com $x = 14$, com um primeiro ramo para os clados *Schmardea*-*Chukrasia*, *Cedrela* e *Swietenia*. Nestes, o primeiro clado *Schmardea*-*Chukrasia* sofreu uma disploidia descendente para $x = 13$. E os outros derivam de uma duplicação para $x = 28$, com disploidias descendentes nos clados *Cedrela* e *Swietenia* (Figura 9).

O outro ramo derivou nos mais basais por disploidias, com números ainda não poliploidizados nos clados *Melia*-*Azadirachta*, *Ekebergia*-*Sandoricum* e *Heynea*-*Walsura*. Nos clados mais derivados desse ramo houve diversos eventos de disploidia e poliploidia, tanto para a derivação do clado como internamente a ele. O clado *Guarea*, mais derivado dentro da árvore, apresenta os maiores números cromossômicos básicos (Figura 9).

3.2.4 Rutaceae

A topologia das árvores de P. Dias e a Simplificada (a partir de Groppo *et al.*, 2012) é diferente, mas a posição dos grandes grupos terminais permanece semelhante. Na árvore de P. Dias o número basal é $x = 9$. Há duas divisões iniciais: uma permanece com $x = 9$ e segue para os clados *Rutoideae* e *Aurantioideae*. A segunda divisão tem como base $x = 18$, derivada de uma duplicação. Há a continuação do número básico $x = 18$ para os clados *Skimmia*, *Flindersia*-*Toddalia* e parte de *Galipea*. No clado *Galipea* há também redução do número através de possíveis eventos de disploidia descendentes, assim como internamente aos clados *Flindersia*-*Toddalia* e *Agathosma* (Figura 10).

Na árvore simplificada, a base foi diferente da árvore de P. Dias, com $x = 12$ e eventos de redução para os clados *Rutoideae* e *Aurantioideae*. Os clados *Agathosma*, *Skimmia*, *Galipea* e *Flindersia* são derivados de um evento de demiduplicação, que resultou em $x = 18$. Esses clados tiveram eventos de redução internamente (Figura 11).

3.2.5 Sapindaceae

Há diferenças de amostragem nas árvores de P. Dias e na Simplificada (a partir de Buerki *et al.*, 2013) e também na topologia. Na árvore de P. Dias a base ficou com $x = 16$ tanto para a família como para quase todos os clados, excetuando o clado Paullinia. Alguns outros clados também tiveram variação interna do número básico nos nós, como nos clados Aceraceae, Litchi, Paullinia e Doratoxylon (Figura 12)

Na árvore Simplificada, o número básico também foi de $x = 16$ sendo conservado para os clados Schleiclera, Litchi, Melicoccus e Cupania. Nos clados mais basais ocorreram eventos de disploidia descendente que derivaram em $x = 14$ para Aceraceae e Dodonaeae. Nos clados Doratoxylon e Paullinia, a derivação foi para $x = 15$. Variações internas nos clados Dodonaeae, Litchi e Paullinia ocorreram por eventos de disploidia descendente (Figura 13).

3.2.6 Simaroubaceae

Ambas as árvores possuem amostragens e topologias semelhantes (Figura 14 A e B). Na árvore de P. Dias a base foi de $x = 13$ permanecendo nos grupos mais basais e modificando para $x = 15$ nos mais derivados. Para a árvore Simplificada (a partir de Clayton *et al.*, 2009), a base foi de $x = 14$, com eventos de disploidia para os gêneros basais ($x = 13$) e disploidia ascendente ($x = 15$) no resto da família. Houve eventos de duplicação cromossômica no gênero *Ailanthus* nas duas árvores (Figuras 14A e 14B).

3.2.7 Famílias pequenas

Apenas Kirkiaceae e o gênero *Nitraria* foram amostradas na árvore de P. Dias para a ordem Sapindales, sendo $x = 15$ e $x = 12$, respectivamente (Figura 1). Na árvore simplificada (a partir de Muellner-Reich *et al.*, 2016), todas as pequenas famílias foram amostradas (Figura 2).

Biebersteiniaceae possui $x = 5$ em todas as espécies e foi derivado do número basal, que varia com a hipótese testada, se foi conservada ($x = 5$) ou descendente ($x = 6$ ou 7). Nitrariaceae foi derivada do número basal de Sapindales, com $x = 7$, e internamente com eventos de disploidia descendente e duplicação. Kirkiaceae, família monoespecífica, mantém um único registro (HANSON *et al.*, 2001), considerado número básico da família ($x = 15$) (Figura 2).

3.3 Expectativas de Eventos

Os dados que foram retornados pelo ChromEvol para as probabilidades significativas dos eventos de cada nó foram somados para a ordem e para as famílias das duas árvores (Tabela 1). Exceto a soma da ordem da árvore simplificada de Sapindales, todos os outros grupos apresentam a redução do número cromossômico como evento mais frequente e significativo. A soma dos eventos de ganho aparece, em média, como metade dos eventos de

perda. Os eventos de duplicação e demiduplicação foram mais comuns em Meliaceae, Rutaceae e Anacardiaceae I. Por outro lado, na árvore de P. Dias, Sapindaceae e Anacardiaceae II não obtiveram valores significativos para eventos de Duplicação/Demiduplicação. Já na árvore simplificada, apenas Burseraceae não teve valores significativos para estes eventos.

4. DISCUSSÃO

Devido às diferenças de amostragem, ou seja, do número de terminais e de topologia das árvores utilizadas, foram obtidos diferentes resultados para algumas famílias. A árvore de P. Dias foi mais eficiente para algumas análises internas das famílias, pois por possuir valores de comprimento do ramo, a estatística avaliou melhor as probabilidades dos eventos que ocorreram nos ramos. Nas árvores simplificadas, embora não tivesse os comprimentos de ramos, na maioria das famílias havia uma quantidade maior de terminais (gêneros) do que na árvore de P. Dias, fornecendo assim uma maior compreensão do estado real de conhecimento da família.

4.1 Sapindales

As diferenças principais que ocorreram entre as duas árvores foi a ausência de Biebersteiniaceae e de mais gêneros de Nitrariaceae na árvore de P. Dias, levando a uma amostragem menos completa dos grupos basais da árvore. As diferenças ocorreram majoritariamente na posição basal. Entretanto, independente da árvore ou da hipótese testada, o número basal das grandes famílias é sempre $x = 14$, demonstrando uma possível origem paleopoliploide da ordem como um todo.

A análise da árvore de P. Dias apresentou na hipótese do número básico não fixado um valor alto ($x = 13$), pois, com a falta das famílias basais, o cálculo se baseou apenas nas famílias grandes, com ancestral comum de $x = 14$. Devido a Nitrariaceae estar sendo representada apenas pelo gênero *Nitraria*, o qual tem uma extensa série poliploide, o número básico dela foi $x = 12$. Logo a raiz com $x = 13$ seria a mais parcimoniosa para derivar em Nitrariaceae, com $x = 12$, e em $x = 14$ para o ancestral comum das grandes famílias. As diferenças entre as três hipóteses (h1, h2, h3) foram devidas à lacuna das famílias basais na árvore (e Biebersteiniaceae e outros gêneros de Nitrariaceae). Na hipótese h1 foi obtido um valor alto ($x = 13$), enquanto nas hipóteses de h2 e h3, foram obtidos valores baixos e parecidos ($x = 6$ e 7 , respectivamente).

Trazendo essas questões para a árvore Simplificada foi possível notar que, com a inclusão das famílias basais na árvore, o resultado do número cromossômico basal da ordem (na hipótese do número não fixado) foi próximo ($x=6$) dos números básicos propostos nas outras hipóteses, corroborando a ideia de que os números ancestrais das angiospermas era um número

baixo, entre cinco e nove e, provavelmente, $x = 6$ como apontou Soltis *et al.* (2005). No Capítulo 1 (GUIMARÃES, 2018) havia sido apontado $x=7$ como o número básico mais parcimonioso para a ordem, baseado apenas na distribuição dos números cromossômicos nas famílias, sem apoio estatístico. Agora, com a aplicação do programa ChromEvol, o resultado da hipótese não fixada ($x = 6$) é mais parcimonioso para a derivação do $x = 5$ de Biebersteiniaceae e para a derivação do próximo nó com $x = 7$. Este nó conserva o número para Nitrariaceae e no outro ramo ocorrem eventos de duplicação que originaram o ramo das grandes famílias de Sapindales.

Logo, é possível reafirmar que, independentemente do número basal que seja colocado na base da ordem, há um consenso entre todas as análises de que a origem das grandes famílias de Sapindales é derivada de um ancestral comum poliploide com $x = 14$. Na análise interna de cada família é possível notar as suas tendências e singularidades. É importante ressaltar que, devido à escassa existência de contagens, já evidenciadas no Capítulo 1 (GUIMARÃES, 2018), algumas probabilidades foram estimadas pela estatística. Apesar desse fator, as tendências e visão geral são bem suportadas.

4.2 Anacardiaceae

As duas árvores de Anacardiaceae apresentam topologias diferentes, mas conservam os clados e suas relações semelhantes. Caso a árvore de P. Dias venha a ser aceita e Anacardiaceae realmente seja uma família polifilética, é interessante ressaltar que os dois clados formados possuem identidades cromossômicas particulares. Anacardiaceae I possui a base tanto da família quanto dos clados com $x = 15$ e Anacardiaceae II possui a base com $x = 14$.

Na árvore simplificada (WEEKS *et al.*, 2014) a base é de $x = 14$. Para a formação dos clados equivalentes a Anacardiaceae II ocorreram eventos de disploidia ascendente para a formação do clado Spondias e eventos de redução para a formação do clado seguinte Tapirira, ambos a partir de $x = 14$. Essa tendência à diminuição do número continua até um possível evento de (Demi)duplicação que gerou novamente o número mais comum e representativo de Anacardiaceae, $x = 15$. Esse evento teria dado origem ao clado equivalente de Anacardiaceae I.

Mesmo que Bawa (1973) tenha sugerido que o gênero *Spondias* seja um paleotetraploide ancestral com $n = 16$ e Guimarães (2018, Capítulo 1) tenha sugerido que o número básico do clado Spondias seja $x = 15$, não é possível determinar, através dos resultados aqui apresentados, qual seja o número básico mais parcimonioso. O clado Tapirira já havia sido considerado como $x = 14$ com ancestral $x = 7$ por Bationo-Kano *et al.* (2016), mas o $x = 7$ é meio improvável já que a poliploidia ocorreu na formação das grandes famílias de Sapindales.

O clado *Dobinea* é um clado irmão de *Anacardiaceae* e possui registro de $2n = 14$ (FORMAN, 1953). Guimarães (2018, Capítulo 1) sugeriu que o número básico do clado seria $x = 7$. Essa sugestão é corroborada apenas pelo resultado da árvore simplificada, pois nenhum dos dois gêneros (*Dobinea* e *Campylopetalum*) foram inclusos na árvore de P. Dias.

Os cladogramas seguintes já são incluídos em *Anacardiaceae* I da árvore de P. Dias. O clado *Anacardium* tem os resultados bem diferentes entre as árvores, mas têm em comum números acima de $x = 15$. Mukherjee (1950) sugeriu que *Mangifera* fosse aloploidia com $x = 8$ e Aliyuu & Awopetou (2007) sugeriram entre $x = 7$ e $x = 16$. Essas sugestões de números baixos não são compatíveis com a história natural da família. Já o gênero *Semecarpus* teve as sugestões de número básico mais próximas dos padrões da família, com $x = 15$ (BIR *et al.*, 1980); EKJ, 1955; KHOSLA *et al.*, 1973; MEHRA, 1976; SARKAR *et al.*, 1980). Guimarães (2018, Capítulo) discutiu a questão dos gêneros mais conhecidos desse clado (*Anacardium* e *Mangifera*) serem espécies cultivadas, com altas probabilidades de alterações numéricas devido às hibridações interespecíficas e à seleção artificial, logo a acurácia de determinações de números básicos pode ser baixa.

Os cladogramas restantes (*Searsia*, *Schinus* e *Pistacia*) possuem, por ambas as árvores, o número básico constante de $x = 15$, com pouca variação interna e leves disploidias. No clado *Searsia* não há indicações além da feita por Guimarães (2018, Capítulo 1). Las penãs *et al.* (2006) sugeriram que o número básico fosse $x = 7$, baseando-se apenas no trabalho de Raven (1975) que indicava que $x = 7$ seria o número básico de *Anacardiaceae*. Porém, como já citado neste trabalho, a formação de poliploides é bem mais ancestral que a formação das famílias, portanto números básicos baixos são pouco prováveis de derivar grandes cladogramas dentro das famílias. O Clado *Pistacia* também possui a formação a partir de $x = 15$, como sugeriu Guimarães (2018, Capítulo 1). Paiva & Leitão (1987) também sugeriram um número baixo para uma contagem da família (*Rhus*), embora tenham sugerido $x = 15$ para outras espécies desse gênero.

Mesmo com a diferença nos números cromossômicos nos caminhos para chegar nos cladogramas, em ambas as árvores, a família foi formada citogeneticamente por eventos de disploidia, principalmente disploidia descendente. Em cladogramas com números cromossômicos altos ocorreram eventos de duplicação, em que a poliploidia foi um fator determinante, como no clado *Anacardium*.

4.3 Burseraceae

A topologia entre as duas árvores é bastante semelhante, com apenas a diferença da posição dos gêneros *Garuga* e *Boswellia*. A família, em ambos os casos, deriva inicialmente de

$x = 13$ conservando o número no gênero basal *Beisellia*, corroborando o que Bawa (1973) tinha sugerido. A tendência da família é de diminuir, através de disploidia descendente, o número cromossômico à medida que os grupos vão derivando, exceto em parte da subfamília Garugae, onde ocorre poliploidia.

Em Protiae, Guimarães (2018, Capítulo 1) relatou que a escassez de registros de números cromossômicos traz imprecisão para sugerir um número básico para essa subfamília. Nas árvores apresentadas por Guimarães (2018, Capítulo 1) o resultado é $x = 11$, coincidente com o obtido nas duas árvores do presente trabalho. Entretanto, são necessárias novas determinações de números cromossômicos para que possa ser feita alguma inferência.

Dentro de Burserae, Bawa (1973) e Guimarães (2018, Capítulo 1) indicaram que o número básico da subfamília seria $x = 13$, com uma disploidia interna para o gênero *Bursera*. A árvore de P. Dias corrobora essas previsões anteriores, mas a árvore simplificada considera que $x = 12$ seja mais viável. Lembrando que a árvore de P. Dias possui comprimentos de ramo, é mais provável a ocorrência de disploidia ascendente de $x = 12$ para $x = 13$ na subfamília, pois internamente tanto o gênero basal (*Aucoumea*), quanto o mais derivado (*Commiphora*) apresentam $x = 13$. Assim, uma reversão para a condição ancestral de $x = 12$ do gênero *Bursera* ($x = 11$) seria mais parcimonioso.

Como já mencionado, em Garugae, a poliploidia parece ter sido efetiva na evolução, como no gênero *Canarium* ($2x = 26$, $6x = 78$ e $8x = 104$) (Anexo 1), que, como apontou Guimarães, (2018, Capítulo 1), deriva de $x = 13$. Além disso, Guimarães (2018, Capítulo 1) sugeriu que $x = 13$ seja o número básico de Garugae. Porém nas árvores geradas (P. Dias e simplificada) Garugae teria $x = 12$, com derivação por disploidia em *Garuga* ($x = 13$) e *Boswellia*, ($x = 11$) e por poliploidia ($x = 24$) em alguns gêneros.

4.4 Meliaceae

Não é possível comparar as duas árvores, pois além das topologias serem diferentes, a amostragem da árvore de P. Dias é muito baixa. Guimarães (2018, Capítulo 1) relatou que Meliaceae possui a maior amplitude de variação de número cromossômico ($2n = 20$ a $2n = 360$) dentro da ordem Sapindales e uma alta incidência de números diferentes (31). Diante deste panorama de grande diversidade de números cromossômicos dentro da família, a árvore de P. Dias se torna subestimada e inconclusiva para análise comparando-a com a árvore simplificada. O que podemos atribuir às duas árvores são eventos distintos de poliploidia que ocorrem em momentos diferentes na evolução da família.

A árvore simplificada demonstra que a evolução do número cromossômico de Meliaceae é bastante diversa, com numerosos eventos variados na mudança do número. Datta

e Samantha (1977) sugeriram que o número básico da família fosse $x = 7$, mas a reconstrução demonstra que Meliaceae surgiu a partir de um ancestral já poliploide e que, posteriormente, outros eventos independentes de poliploidia tenham ocorrido em diversos clados. Guimarães (2018, Capítulo 1) relatou essa tendência em suas observações. O número básico da raiz da árvore simplificada corrobora Guimarães (2018, Capítulo 1), que sugeriu que Meliaceae tenha derivado a partir de $x = 14$, com eventos de disploidia/aneuploidia e de poliploidia. Os dados da árvore simplificada mostram que os eventos de poliploidia ocorrem bem antes do que previstos por Guimarães (2018, Capítulo 1).

O clado Schmardea-Chukrasia, com $x = 13$, corrobora as previsões de Guimarães (2018, Capítulo 1), Styles & Vosa (1992) e Styles & Bennett (1992). Embora Styles & Bennett (1992) tenham sugerido que *Schmardea* é derivada de um híbrido entre $x = 6$ e $x = 7$ a partir de $n = 12$, essa hipótese nunca foi testada para confirmar essa origem híbrida. Além do mais, a filogenia da época do trabalho era diferente da de hoje, o que explicaria a ideia de $x = 13$ vir de $x = 12$, e não de $x = 14$, como o presente estudo sugere.

Os clado Schmardea-Chukrasia corresponde ao clado basal dentro de Cedreloideae. Na árvore simplificada, os clados restantes (Swietenia e Cedrela), possuem origem paleopoliploide ($x = 28$), a partir de $x = 14$. Há uma variação muito grande interna dos números cromossômicos nos Clados Cedrela e Swietenia ($x = 25, 26, 27, 28, 29$). Alguns autores sugeriram diversos números básicos para os gêneros desses clados, para os quais Guimarães (2018, Capítulo 1) compilou $x = 7, 9, 12, 23, 25, 26, 28$. (KHOLA & STYLES, 1975; MINFRAY, 1963b; STYLES & VOSA, 1971). Entretanto, como citado anteriormente, as relações entre os gêneros que os autores utilizam nos seus trabalhos são antigas e completamente diferentes dos dados filogenéticos atuais, o que os torna sem efeitos. Além disso, Guimarães (2018, Capítulo 1) levantou a questão que 90% dos registros de número cromossômico para Meliaceae ocorreram antes de 1980 e que pode haver muita imprecisão nas contagens, devido ao pequeno tamanho e grande quantidade de cromossomos. Outra questão importante de citar é a confusão entre os conceitos de número básico e número haploide, apontado por Guimarães (2018, Capítulo 1) em trabalhos mais antigos. De todo modo, independente dos números básicos, esses clados possuem uma paleopoliploidização e uma diferenciação mais recente por eventos de disploidia/aneuploidia.

O clado Melia-Azadirachta foi considerado muitas vezes como tribo Meliae e posicionada de forma basal dentro da família. Não obstante, as previsões de número básico $x = 14$ de vários autores (DATTA & SAMANTHA, 1977. JHA, 2014; KHOSLA & STYLES, 1975;

MINFRAY 1963b; GUIMARÃES, 2018, Capítulo 1; STYLES & VOSA, 1971), foram corroboradas pela árvore simplificada

O clado *Ekebergia-Sandoricum* possui número básico $x = 14$, tanto pela árvore simplificada quanto pela sugestão de Guimarães (2018, Capítulo 1). Este autor ainda relatou que há uma enorme variação cromossômica, além de presença de série poliploide para o gênero *Sandoricum*. Guimarães (2018, Capítulo 1) sugeriu que a série poliploide seja derivada de $x = 11$, embora esse número não seja refletido na árvore simplificada.

No clado *Heynea-Walsura* ($x = 14$), Ghosh (1968) discutiu se o gênero *Walsura* tem origem paleotetraploide. O autor se baseou em outros autores que sugeriam que o número básico de Sapindales fosse $x = 7$ (DATTA & SAMANTHA, 1977; STYLES & VOSA, 1971). Entretanto, a origem da família já vem de um número poliploidizado, $x = 14$, assim essa origem paleotetraploide apontada por Ghosh (1968) seria bem anterior à sugerida por ele.

O clado *Trichillia-Turraea*, segundo Guimarães (2018, Capítulo 1), possui uma amplitude imensa de variação de número cromossômico ($2n = 28$ a 360), além de possuir o maior número já registrado ($2n = 360$). Styles & Vosa (1971), Bawa (1973) e Guimarães (2018, Capítulo 1) relataram a alta ocorrência de poliploidia no gênero *Trichillia*. Entretanto, devido à essa grande variação do número cromossômico, é difícil inferir o número básico do clado, mesmo analisando a árvore simplificada. Guimarães (2018, Capítulo 1) já havia alertado sobre essa dificuldade.

No clado *Aglaia* não houve nenhuma sugestão de número básico, além da de Guimarães (2018, Capítulo 1). Este autor relatou duas tendências no clado, com $x = 10$ e $x = 12$. Porém, nenhuma dessas tendências está de acordo com a árvore simplificada ($x = 20$), pois os eventos de poliploidia são bem mais ancestrais do que os autores previam. Variações por disploidia também ocorreram no clado. Guimarães (2018, Capítulo 1) também mencionou a possibilidade de a variação ser resultado de erros de contagem em diversos gêneros.

No clado *Guarea* as contagens são todas altas, com a menor sendo $2n = 72$. A imprecisão das contagens acima de 100 são relatadas pelos autores (FARVARGER, 1961; MANGENOT *et al.*, 1957; MANGENOT & MANGENOT, 1957; STYLES & VOSA, 1971). Devido a essas imprecisões é difícil inferir um número básico. Todavia, a árvore simplificada infere que tenha ocorrido uma paleopoliploidia antes da diversificação do clado, o que explicaria os seus altos números cromossômicos.

De forma geral, Meliaceae é a família com mais desafios para a compreensão da evolução citogenética. Diversos fatores, como a falta de registros recentes e precisos,

cromossomos numerosos e pequenos, baixa quantidade de informações citogenéticas, e numerosos e repetitivos eventos de dispoloidia e poliploidia contribuem para esse cenário.

4.5 Rutaceae

As topologias das árvores são distintas, mas as posições dos grandes grupos terminais são semelhantes, mesmo que a árvore de P. Dias tenha mais amostragem, com um maior número de terminais. Entretanto, a árvore simplificada possui representação de um grupo a mais, que é Cneoroideae. Com essas semelhanças e devido a um maior número de terminais, a árvore que mais traz informações para a discussão é a de P. Dias.

A árvore simplificada possui um número básico diferente da de P. Dias. O $x = 12$ na árvore simplificada não demonstra ser um número representativo, pois o posicionamento do grupo basal (Cneoroideae), e ainda de outros grupos, é mais parcimonioso se derivado de $x = 9$, como demonstra a árvore de P. Dias. Por possuir o valor de comprimento dos ramos, a árvore de P. Dias tem uma estatística melhor para avaliar o acúmulo de mudanças genéticas que aconteceram na evolução da família.

Na árvore de P. Dias, a base de $x = 9$ é bastante representativa para os grupos basais, confirmando sugestão de diversos autores (DESAI, 1960; GUERRA, 1984; SINGHAL *et al.* 1983). O primeiro ramo nessa árvore abrange Cneoroideae, Rutoideae e Aurantioideae. O clado Cneoroideae, plotado apenas na árvore simplificada, possui registros apenas em um gênero (*Cneorum*), com $2n = 36$, e Guimarães (2018, Capítulo 1) sugeriu que o clado seja um paleotetraploide ancestral.

Aurantioideae é um clado extensamente estudado e numericamente bem estável. Diversos autores já sugeriram $x = 9$, além da presença de poliploidia derivadas desse número básico (BARROS & SILVA *et al.*, 2013; GUERRA, 2000, 2013; KRUG, 1943b; MEHRA, 1973; MOW & ZHANG, 2012; GUIMARÃES, 2018, Capítulo 1; SINGHAL *et al.*, 1983).

Rutoideae é dividida em dois ramos na árvore de Dias. O ramo com *Cneoridium* e *Haplophyllum* são diploides e tetraploides derivados de $x = 9$ (GUIMARÃES, 2018, Capítulo 1). Groppo *et al.* (2012), apesar de não incluir os gêneros na filogenia, sugeriu que esse ramo estaria muito mais próximo de Aurantioideae do que de *Ruta*, o que corrobora o número básico ser semelhante ao de Aurantioideae. O segundo ramo possui uma tendência a ter $x = 10$, como destacou Guimarães (2018, Capítulo 1). Guerra (1984) relatou que há erros de contagem e uma tendência dos autores a arredondar os números de Rutoideae para que encaixem em $x = 9$, e indicou que Rutoideae *s.s.* (sem *Cneoridium* e *Haplophyllum*) tem como número básico $x = 10$. A análise estatística pode retornar esse resultado num estudo posterior, caso haja mais contagens desses gêneros para elucidar os possíveis erros de contagem.

O outro ramo derivado (clados *Skimmia*, *Agathosma*, *Galipea* e *Flindersia-Toddalia*) se mostra como derivado de uma possível duplicação a partir do número básico $x = 9$ para $x = 18$. Nesse ramo, os clados são derivados de números básicos altos, indicando que pode ter ocorrido poliploidia no início de sua diversificação (GUIMARÃES, 2018, Capítulo 1).

No clado *Skimmia*, é sugerido $x = 18$ em ambas as árvores. Guimarães (2018, Capítulo 1) sugeriu que, excetuando o gênero *Skimmia*, todos os outros gêneros são derivados de $x = 9$, confirmando o presente resultado. Entretanto, o gênero *Orixa* ($2n = 34$) também não segue o padrão de Rutaceae. Esse número pode representar apenas erros de contagem ou simplesmente eventos citogenéticos apomórficos mais recentes dentro deste clado, como pode ser inferido na árvore de P. Dias. Guerra (1984) apontou que o número básico de *Skimmia* fosse $x = 15$. Caso as contagens estejam todas corretas, e devido às altas probabilidades, é possível que tenha ocorrido no clado diversos eventos de disploidia e que este possa estar ligado a diversificação dos gêneros.

No clado *Agathosma* houve sugestões de números básicos e gaméticos para os gêneros *Diosma* ($x = 15$) e *Euchaetis* ($x = 14$) (GOLBLATT & WILLIAMS, 1987). Porém, esses gêneros não foram incluídos em nenhuma das filogenias mais recentes de Rutaceae. Guerra (1984) também apontou erros de contagem nos registros desse clado. Guimarães (2018, Capítulo 1) sugeriu que o grupo possa ter surgido derivado de um paleotetraploide, o que é corroborado pela reconstrução dos números deste trabalho, com diversificação de gêneros internos por disploidias/aneuploidias. Na árvore de P. Dias a reconstrução indicou $x = 14$, enquanto na de Groppo *et al.* (2012) há indicação de $x = 18$.

O clado *Galipea*, de acordo com a filogenia cedida por P. Dias, se divide em dois ramos filogenéticos ($x = 18$ e $x = 17$). Entretanto, há lacunas no conhecimento de diversos gêneros, trazendo, assim, inconsistências na reconstrução do clado. O primeiro clado, com *Ravenia* e *Erythrochiton*, com $x = 18$, pode ser derivado de um paleopoliploide. Guimarães (2018, Capítulo 1) sugeriu que *Erythrochiton* pode ter o número básico $x = 8$ ou $x = 9$, mas devido à posição do gênero neste primeiro clado e às probabilidades de ter ocorrido eventos de duplicação, pode se considerar que seja $x = 8$.

O segundo clado com *Pilocarpus*, *Hortia* e *Esenbeckia* é um pouco mais diverso. A reconstrução prevê em partes o que Guimarães (2018, Capítulo 1) apontou para esses gêneros. A reconstrução retorna $x = 17$, seguida de diminuição para $x = 16$. Nesse grupo com $x = 16$ está incluído *Esenbeckia*, que possui registros de múltiplos de $x = 8$: Kaastra (1978) indicou para *E. febrifuga* $2n = 64$ derivado de $x = 8$ ($8x$) ou de $x = 16$ ($4x$); Guimarães (2018, Capítulo 1) mencionou $2n = 7x = 56$ em *E. irwiniana*. A paleotetraploidia é visível nesse gênero, além

de novas poliploidias e demiduplicações. O gênero *Pilocarpus* possui $2n = 36, 44$ e 88 , porém 36 é um provável erro de contagem (GUERRA, 1984; SKORUPA, 2000). Guimarães (2018, Capítulo 1) sugeriu que o o gênero seja derivado de um poliploide a partir de $x = 8$, com posterior eventos de alterações estruturais cromossômicas, porém são necessários novos estudos para confirmar essa hipótese. Não obstante é difícil compreender a relação de *Pilocarpus* na filogenia, pois ele não está incluso. O gênero *Hortia* está na base desse clado e possui um número básico bem abaixo dos cladoss irmãos. Guimarães (2018, Capítulo) sugeriu que o gênero seja um triploide de $x = 8$ que teve sua meiose regularizada.

O clado Flindersia-Todallia caracteriza-se por ser o mais rico em gêneros e espécies da família e citogeneticamente por possuir uma predominância de $2n = 28$ e 36 , de acordo com Guimarães (2018, Capítulo 1). O autor também explicitou que há predominância dos números básicos $x = 8$ e 9 , além de diversos eventos de poliploidia e ausência de números diploides, exceto no gênero *Boronia*. Outros autores já haviam indicado os eventos de disploidia e poliploidia que ocorrem no clado (DESAI, 1960; GUERRA, 1984; MORAWETZ, 1986; SHAN *et al.* 2003a, b; STACE, 1992 YAN *et al.*, 2002). Também já havia sido descrito anteriormente que o número básico de alguns gêneros desse clado seria $x = 18$ (KIEHN & LORENCE, 1996; MEHRA & KHOSLA, 1973; MORAWETZ, 1986; MOW, 2012; STACE, 1992), sendo corroborado com a reconstrução, tanto na árvore de P. Dias como na de Groppo *et al.* (2012). Entretanto, na árvore de P. Dias o grupo contendo *Zanthoxylum*, *Phellodendron* e *Tetradium* é considerado irmão do clado Agathosma, com indicação de $x = 38$. Estes gêneros possuem diversos números cromossômicos registrados (GUIMARÃES, 2018, Capítulo 1).

4.6 Sapindaceae

As topologias das duas árvores são diferentes, mas relações entre os cladoss são próximas. O número básico da família nas duas árvores é igual, com $x = 16$. Alguns cladoss apresentam redução do número cromossômico através de eventos de disploidia descendente. Eventos de duplicação são ausentes na formação da família (mas importantes na formação de alguns poucos gêneros citados mais à frente) e a diminuição do número cromossômico por eventos disploides foi o principal fator da variação numérica presente na família. A tendência em ambas as árvores é a conservação de $x = 16$ ou a diminuição do número cromossômico.

A árvore simplificada inclui o gênero *Xanthoceras*, que possui $x = 15$ (LI, 1987) e foi um dos táxons a se divergir primeiro dentro das Sapindaceae. Seu número básico é bem próximo dos resultados de $x = 16$ para a base de Sapindaceae.

As sugestões realizadas por Guimarães (2018, Capítulo 1) são bem próximas dos resultados de ambas as árvores da reconstrução do número cromossômico. Diferem no clado

Aceraceae, devido às diferenças de topologia entre a árvore de Buerki *et al.* (2013) e a simplificada.

No clado Aceraceae há relatos de diversos eventos de poliploidia e indicações de número básico para *Acer* ($x = 13$) e *Aesculus* ($x = 20$) (CALIC *et al.*, 2003; FOSTER 1933; MEHRA *et al.*, 1972; MEURMAN, 1933; OGINUMA *et al.*, 1994; PLANTE *et al.*, 1933; SANTAMOUR & FRANKS, 1998; TAKIZAWA, 1952). O gênero *Acer* possui diversos poliploides derivados de $x = 13$. O mais comum é o de $2n = 52$ (GUIMARÃES, 2008, Capítulo 1). O ramo mais derivado dentro de Aceraceae, com *Aesculus* e *Handeliidendron*, possui número básico $x = 10$.

O clado Doratoxylon possui apenas um gênero (*Filicium*) com dois relatos: um para $n = 15$ e outro para $n = 16$ (Anexo 1). Em ambas as árvores, o número básico indicado para o clado é $x = 15$, embora Guimarães (2018, Capítulo 1) tenha indicado que possa ser $x = 15$ ou $x = 16$.

Na árvore simplificada, o clado Dodonaea possui uma série dispoloide, com $x = 12, 13, 14$ e 15 , difícil de analisar, embora a maior frequência seja de $x = 14$ para *Dodonaea* (FORNIMARTINS & MARTINS, 1995; MEHRA *et al.*, 1972; GUIMARÃES, 2018, Capítulo 1). Guimarães (2018, Capítulo 1) relatou que, devido à pequena disponibilidade de contagens, não é possível determinar um número básico com precisão. Por outro lado, na árvore de P. Dias o único gênero analisado está num clado com $x = 16$.

Os gêneros *Delavaya* e *Koelreuteria* são tratados ambos como ramos distintos. Guervin (1964) determinou que o número básico de *Ungnadia* é $x = 16$. Como ele é o gênero irmão de *Koelreuteria*, corrobora o resultado da reconstrução na árvore simplificada. Cao *et al.* (2004) determinou *Delavaya* com $x = 14$, assim como na reconstrução.

O clado Litchi tem diversas sugestões de número básico na literatura, como $x = 13, 14, 15$ e 16 (BAWA, 1973; MEHRA *et al.*, 1972; PAIVA & LEITÃO, 1987). O clado foi dividido em três grupos na árvore de P. Dias devido a inserção do gênero *Sapindus* no meio. Essa divisão em grupos é semelhante à que Guimarães (2018, Capítulo 1) realizou para sua análise. Na reconstrução, o clado como um todo tem base $x = 16$, porém $x = 15$ e $x = 13$ aparecem em alguns grupos.

O grupo 1 com *Atalaya*, *Deinbolia* e *Lepisanthes* possui $x = 15$ tanto pela reconstrução das duas árvores quanto pela sugestão de Guimarães (2018, Capítulo 1). *Lepisanthes* possui $x = 13, 14$ e 15 , entretanto Hemmer & Morawetz (1990) determinaram como $x = 14$, considerando os outros como erros de contagem. Contudo, o gênero tem passado por diversas reestruturações e sinonimizicações (ACEVEDO-RODRIGUEZ *et al.*, 2011).

No grupo 2, com *Nephelium*, *Litchi*, *Dimocarpus* e *Xerospermum*, a maioria das contagens indica que ele seria melhor representado por $x = 15$. Guimarães (2018, Capítulo 1) apontou que podem haver erros de contagens para os números que fogem a esse padrão, como em *Nephelium*, com $n = 11$ (MEHRA et al., 1972), e uma contagem de *Litchi*, com $n = 14$ (CHAUDURI, 1940). A árvore simplificada retorna que esse grupo é $x = 15$, como sugeriu Guimarães (2018, Capítulo 1), apesar da árvore de P. Dias manter o $x = 16$ ancestral.

O grupo 3 com *Pancovia*, *Chytranthus* e *Blighia* indica $x = 16$ em ambas as árvores e em todas as contagens já realizadas (GUIMARÃES, 2018, Capítulo 1).

O clado *Melicoccus* só possui número determinado em dois gêneros (*Melicoccus* e *Talisia*), com $x = 16$ (GUIMARÃES, 2018, Capítulo 1) e ambas as árvores também indicam $x = 16$.

O clado *Paullinia* é o mais bem estudado dentro das Sapindaceae (GUIMARÃES, 2018, Capítulo 1). Há relatos de poliploidia e disploidia, além da sugestão de diversos números básicos como $x = 7, 9, 10, 11, 12, 14$ e 15 (BAWA, 1973; COULLERI et al. 2012; FERRUCCI, 2000; FERRUCCI & URDAMPILLETA, 2011b; FORNI-MARTINS & MARTINS, 1999; GIL & OBEMBE, 1991a; LOMBELO & FORNI MARTINS, 1998; MEHRA, 1972; NOGUEIRA et al., 2005; SOLIS-NEFFA & FERRUCCI, 2001; URDAMPILLETA, 2009; URDAMPILLETA et al., 2006; URDAMPILLETA et al., 2013).

Ambas as árvores colocam $x = 15$ como número básico do clado *Paullinia*. Guimarães (2018, Capítulo 1) fez uma série de considerações no seu trabalho, que são compatíveis com as informações geradas nas árvores pela reconstrução do número cromossômico. O autor relatou que os números mais basais do clado possuem $x = 15$, que é o mais próximo da base das Sapindaceae, que é $x = 16$. Também relatou que há uma diminuição por disploidia do número básico nos cladogramas mais derivados, diminuindo para $x = 12$ em gêneros como *Serjania*, *Cardiospermum*, *Paullinia*, *Urvillea*. Lombello & Forni Martins (1998) encontraram uma relação entre o número básico e a especialização da forma de vida. Nesse caso, os cladogramas mais especializados tendem a apresentar menores números cromossômicos (GUIMARÃES, 2018, Capítulo 1). Urdampilleta (2009) considerou que essa redução acompanhada do modo de vida, é uma sinapomorfia do clado *Paullinia*. Nesse clado também é um dos poucos em que ocorrem séries poliploides, como em *Paullinia*, *Urvillea* e *Cardiospermum* (GUIMARÃES, 2018, Capítulo 1).

O clado *Cupania*, mesmo sendo um dos mais derivados dentro das Sapindaceae, manteve o número básico $x = 16$ em ambas as árvores. Esse número básico também foi sugerido

por Guimarães (2018, Capítulo 1) ao analisar a distribuição dos números cromossômicos no clado.

4.7 Simaroubaceae

As árvores possuem a amostragem e a topologia muito semelhantes. Entretanto o número da raiz é diferente. Na árvore simplificada, a raiz $x = 14$ é a mais parcimoniosa para derivar em $x = 13$ nos grupos basais e $x = 15$ nos grupos mais derivados. Porém, na árvore de P. Dias há o comprimento dos ramos, logo o $x = 13$ permaneceria no grupo basal e derivaria em $x = 15$ nos clados restantes. Há sugestão de outros autores apenas para *Quassia*, com $x = 18$ (DESAI, 1960; EKJ, 1955; GHOSH, 1970).

Guimarães (2018, Capítulo 1) sugeriu alguns números básicos para os gêneros: *Simarouba* com $x = 15$ ou 16, *Aillanthus* com $x = 16$; *Brucea* com $x = 12$ ou 15; *Castela* com $x = 13$; *Picrasma* com $x = 12$. Porém o autor destacou que existe uma lacuna de contagens e uma variedade alta para os poucos registros, dificultando a definição com precisão o número básico da família.

Há diversos eventos de disploidia ascendente nos grupos mais derivados e de disploidia descendente nos grupos mais basais, além de poliploidia em *Ailanthus*. É possível haver mais espécies com poliploidia na família, além dos já relatados *Simarouba* (BAWA, 1973) (embora esse relato seja apenas sugestão, pois não há citótipos poliploides registrados na literatura) e *Aillanthus* (GUIMARÃES, 2018, Capítulo 1).

4.8 Famílias pequenas

4.8.1 Biebersteiniaceae e Kirkiaceae

A família Biebersteiniaceae só foi amostrada na árvore simplificada. Por ser basal, não houve muitas modificações a partir dos números da raiz. Guimarães (2018, Capítulo 1) indicou $x = 5$, pois todas as contagens possuem $2n = 10$ (Anexo 1). Além disso, Guimarães (2018, Capítulo 1) relatou que no trabalho de Liu *et al.* (2001) diversas características citogenéticas, como assimetria e tamanho dos cromossomos, que indicam que o cariótipo é bem derivado, a partir de um ancestral entre $x = 5$, 6 ou 7, como apontam os resultados presentes na reconstrução.

Kirkiaceae não possui nenhum registro além do de Hanson *et al.*, 2001). Guimarães (2018, Capítulo 1) determinou como $x = 15$. Nas filogenias Kirkiaceae está relacionado com o grupo “Terebinthaceae” (Burseraceae + Anacardiaceae, sensu Weeks *et al.*, 2014), que corresponde à variação presente de $x = 13$, 14 e 15 discutida aqui no tópico das respectivas famílias.

4.8.2 Nitrariaceae

A filogenia (MUELLNER *et al.*, 2007) da família coloca o gênero *Tetradiclis* na posição basal, com $x = 7$ (GUIMARÃES 2018, Capítulo 1). Essa previsão é corroborada principalmente se considerarmos o melhor resultado para a raiz da família como $x = 7$. Os eventos de disploidia internos na família corroboraram a diminuição do número básico para $x = 6$ nos gêneros *Nitraria* e *Peganum*, como sugeriu Guimarães (2018, Capítulo 1).

4.9 Expectativas de evento

A expectativa de eventos é mais significativa na árvore de P. Dias do que na árvore simplificada, pois isso remete à questão do comprimento de ramo presente na primeira. A expectativa na árvore simplificada superestima os eventos, pois todos os ramos possuem o mesmo comprimento. Resumidamente, os melhores resultados das expectativas de eventos para a árvore de P. Dias ocorreram nas famílias Anacardiaceae, Burseraceae, Rutaceae e Sapindaceae e as relações entre as famílias; na árvore simplificada, estão apenas Meliaceae e Simaroubaceae. Isso confirma a necessidade do comprimento de ramo para uma reconstrução mais precisa.

A redução do número cromossômico é algo comum em toda a extensão da ordem Sapindales, na qual a maior parte dos eventos de poliploidia são antigos (paleopoliploides). Após a duplicação e aumento de número cromossômico ancestral, a tendência é a de diminuir esses números dentro das famílias.

Jones (1977) já sugeria que a disploidia descendente é o fator mais comum nas alterações disploides nas angiospermas. Entretanto, em alguns clados houve o aumento do número cromossômico. A visão de Jones (1977) é corroborada no presente estudo quando consideramos isoladamente apenas a probabilidade com maior valor de cada ramo, que é, na maioria das vezes, de disploidia descendente. Entretanto, quando comparamos todos os valores de probabilidade dentro de um ramo, é possível notar que em diversos ramos há números significativos tanto para disploidia ascendente e descendente, o que poderia estar de acordo com o modelo de Schubert & Rieger (1985) que prevê translocações bidirecionais simultâneas para a ascendência e descendência do número cromossômico.

A poliploidia dentro das Rosídeas, grupo no qual a ordem Sapindales está inserida, possui a segunda menor taxa de poliploidia infragenérica (WOOD *et al.*, 2009). Meliaceae e Rutaceae se destacam como sendo as famílias que mais se distanciam desse padrão, com os mais quantitativos eventos de poliploidia. Meliaceae é a família com maiores números cromossômicos (GUIMARÃES, 2018, Capítulo 1) e também a que apresenta a menor razão Perda/Ganho, indicando que a poliploidia é um processo importante da sua evolução. Sapindaceae, por sua vez, praticamente não possui eventos de poliploidia, exceto em alguns

gêneros do clado *Paullinia* e no gênero *Melicoccus*. Nessa família, a evolução cariotípica ocorreu ao que tudo indica por disploidia.

A análise detalhada de cariótipos (mediante a aplicação de técnicas de bandamento e de hibridização de DNA *in situ*) apontaria que tipos de alterações estruturais e numéricas influenciaram o direcionamento da evolução da citogenética de Sapindales. Todavia, o pequeno conhecimento e a baixa disponibilidade de informações na literatura inviabilizam um estudo dessa magnitude.

4.10 Visão geral de Sapindales

A ordem Sapindales evoluiu de um número entre $x = 5$ e $x = 7$, mas as grandes famílias são todas derivadas de um ancestral com $x = 14$. Cada família se desenvolveu em sua particularidade nos números cromossômicos por eventos de disploidia (principalmente descendente) e, em alguns casos, com a poliploidia atuando como fator evolucionário. A ordem Sapindales, portanto, evoluiu inicialmente através de eventos de poliploidia como fator de diversificação e especiação dos ancestrais das espécies existentes. Esses paleopoliploides derivaram através de eventos disploides, em sua maioria descendentes, nos números cromossômicos atuais.

Tabela 1 – Soma das expectativas acima de 0.5 de cada tipo de evento para ordem e famílias das árvores de P. Dias e Simplificada. A soma de Sapindales se refere aos eventos fora do espectro das famílias.

Famílias	Árvore P. Dias				Árvore Simplificada			
	Ganho	Perda	Duplicação	Demiduplicação	Ganho	Perda	Duplicação	Demiduplicação
Sapindales	50,5	62,4	-	0,6	4	2,7	2	-
Anacardiaceae (I)	11.3	22.1	0.5	0.9	28.1	76.3	0.5	0.7
Anacardiaceae II	9.4	16.4	-	-	-	-	-	-
Burseraceae	6.8	11.2	0.8	-	15.5	34,3	-	-
Meliaceae	16.9	18.1	-	3.7	57.7	114.6	1.4	1.6
Rutaceae	105.2	159.7	3.6	1.5	22.8	52.4	0.9	1.6
Sapindaceae	51.5	79.4	-	-	18.1	105.5	-	0.9
Simaroubaceae	26.9	37.4	0.8	-	4	23.3	0.8	-
Total	278.5	406.7	5.7	6.7	150.2	409.1	5.6	4.8

Figura 1: Árvore de Sapindales fornecida por P. Dias contendo as expectativas de evento conforme a reconstrução através do ChromEvol. Os círculos representam o número gamético mais provável do ramo.

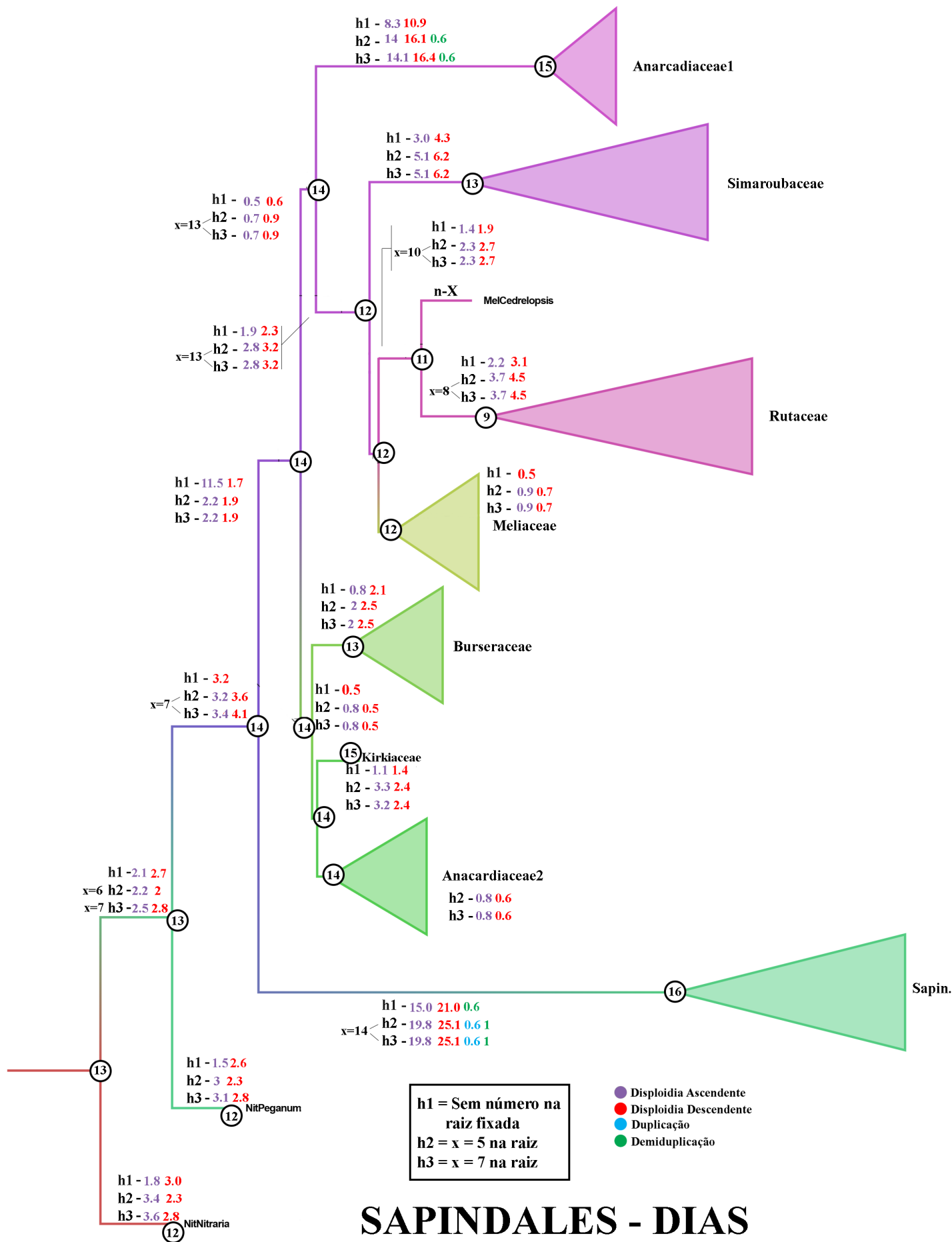


Figura 2: Árvore de Sapindales simplificada contendo as expectativas de evento conforme a reconstrução através do ChromEvol. Os círculos representam o número gamético mais provável do ramo.

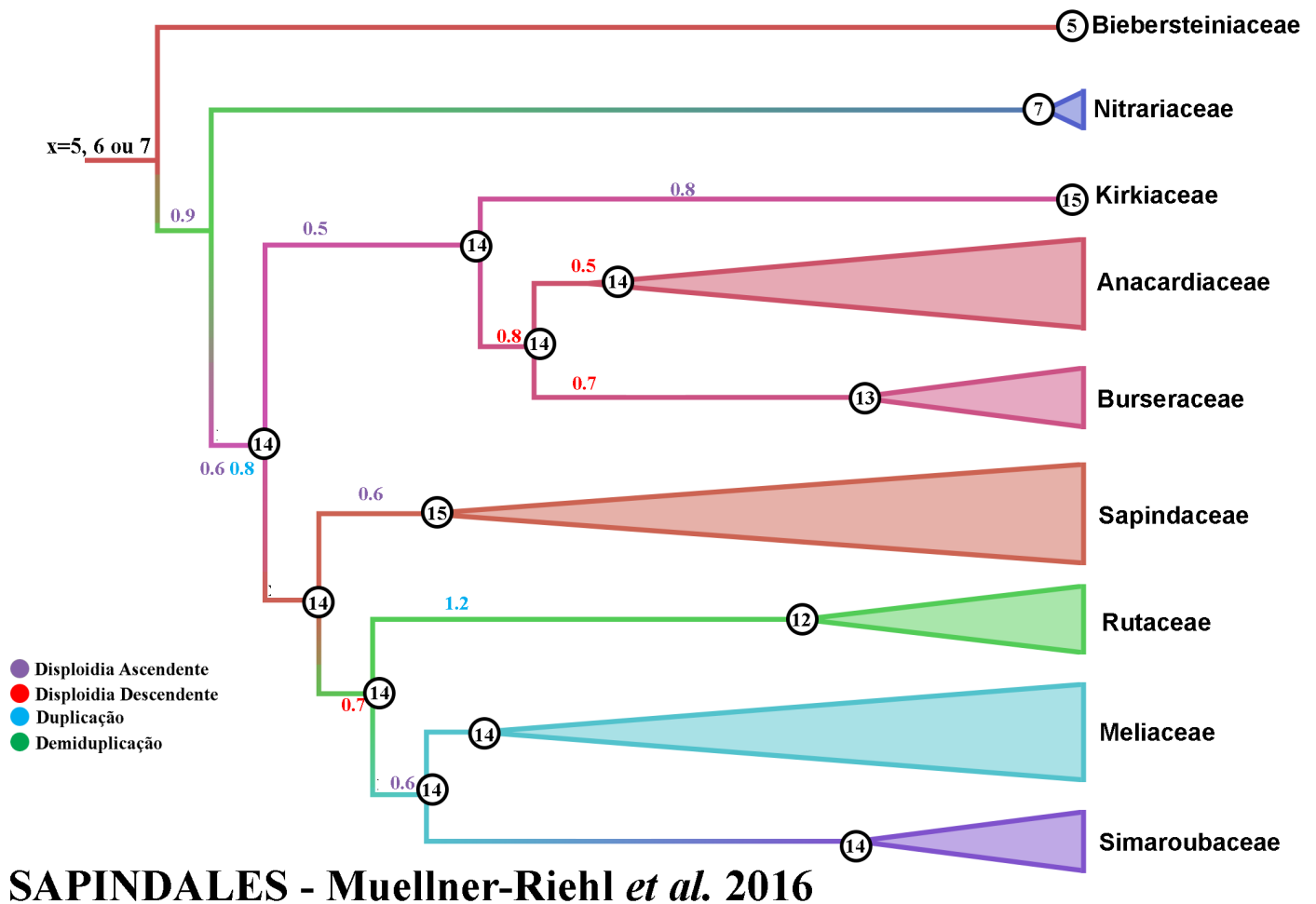


Figura 3: Árvore de Anacardiaceae 1 fornecida por P. Dias contendo as expectativas de evento conforme a reconstrução através do ChromEvol. Os círculos representam o número gamético mais provável do ramo.

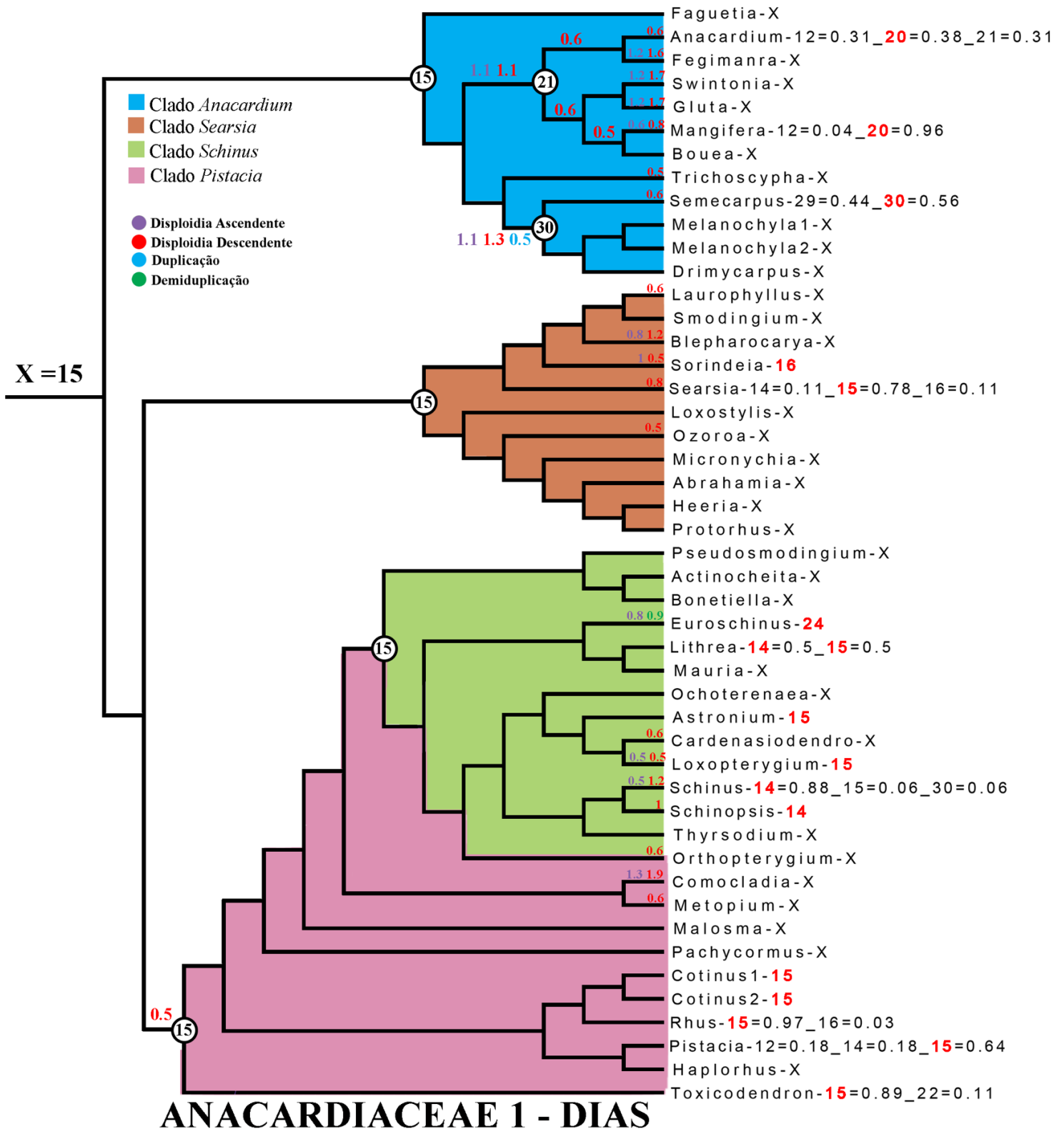


Figura 4: Árvore de Anacardiaceae 2 fornecida por P. Dias contendo as expectativas de evento conforme a reconstrução através do ChromEvol. Os círculos representam o número gamético mais provável do ramo.

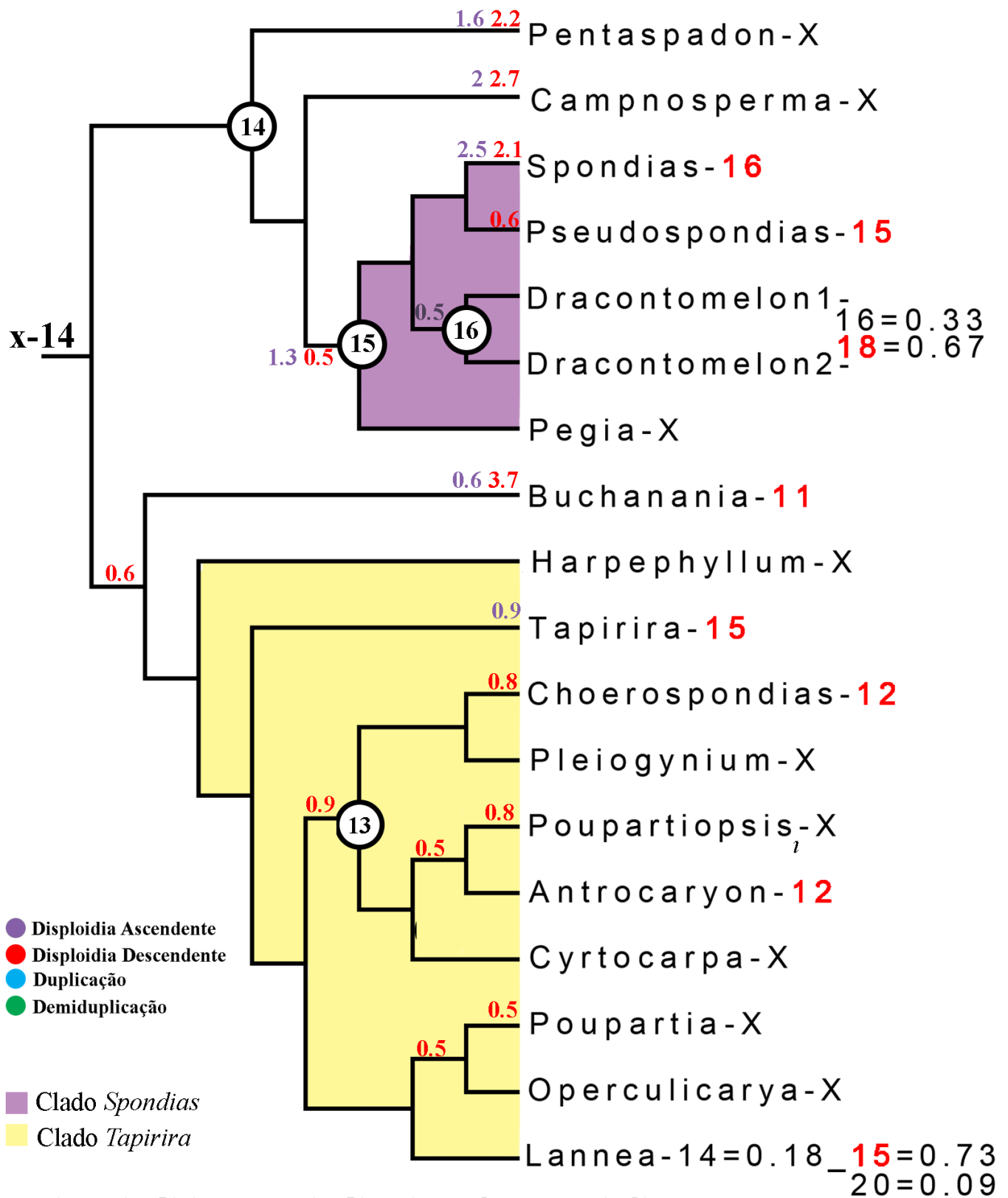


Figura 6: Árvore de Burseraceae fornecida por P. Dias contendo as expectativas de evento conforme a reconstrução através do ChromEvol. Os círculos representam o número gamético mais provável do ramo.

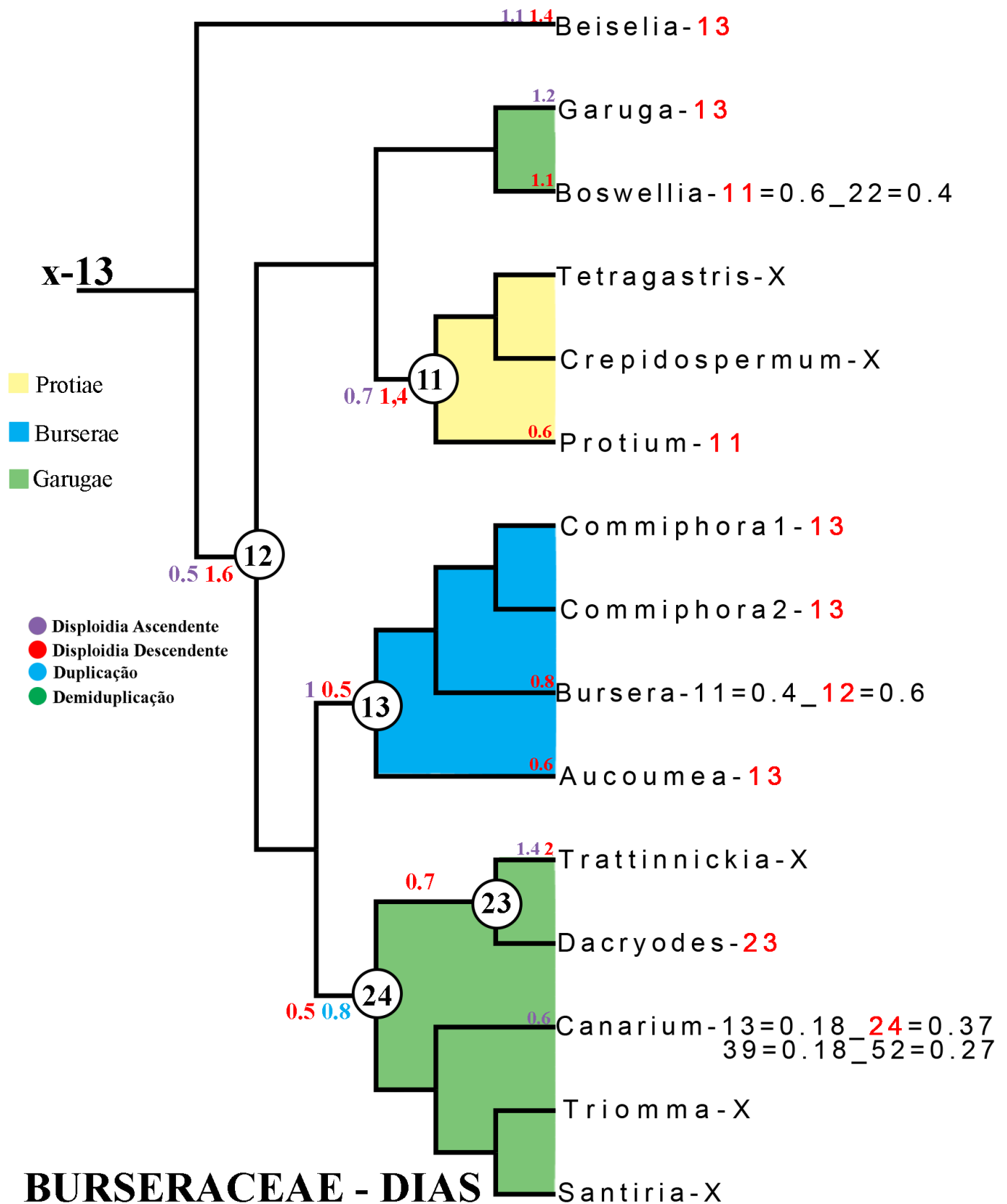


Figura 7: Árvore de Burseraceae simplificada contendo as expectativas de evento conforme a reconstrução através do ChromEvol. Os círculos representam o número gamético mais provável do ramo.

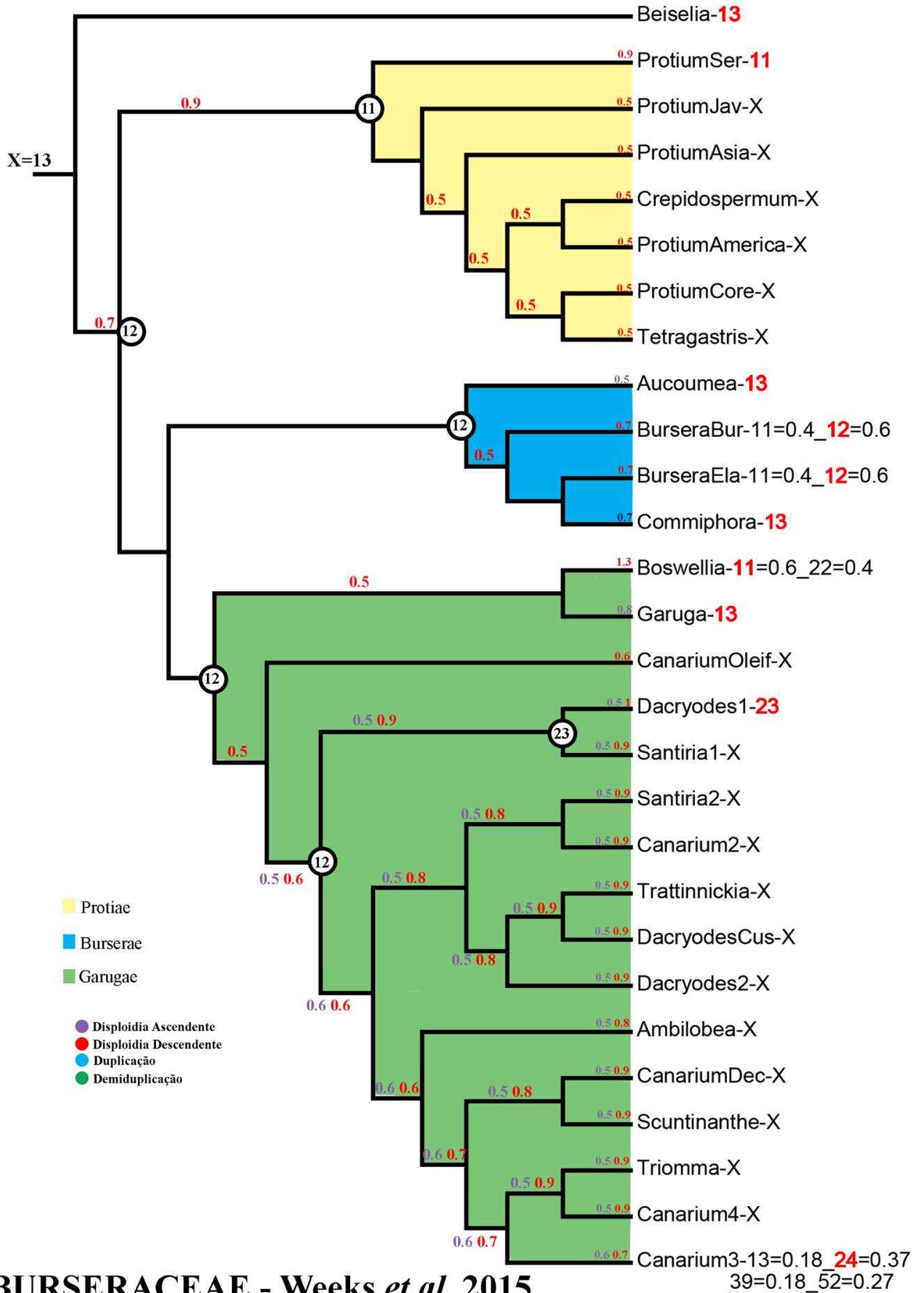


Figura 8: Árvore de Meliaceae fornecida por P. Dias contendo as expectativas de evento conforme a reconstrução através do ChromEvol. Os círculos representam o número gamético mais provável do ramo.

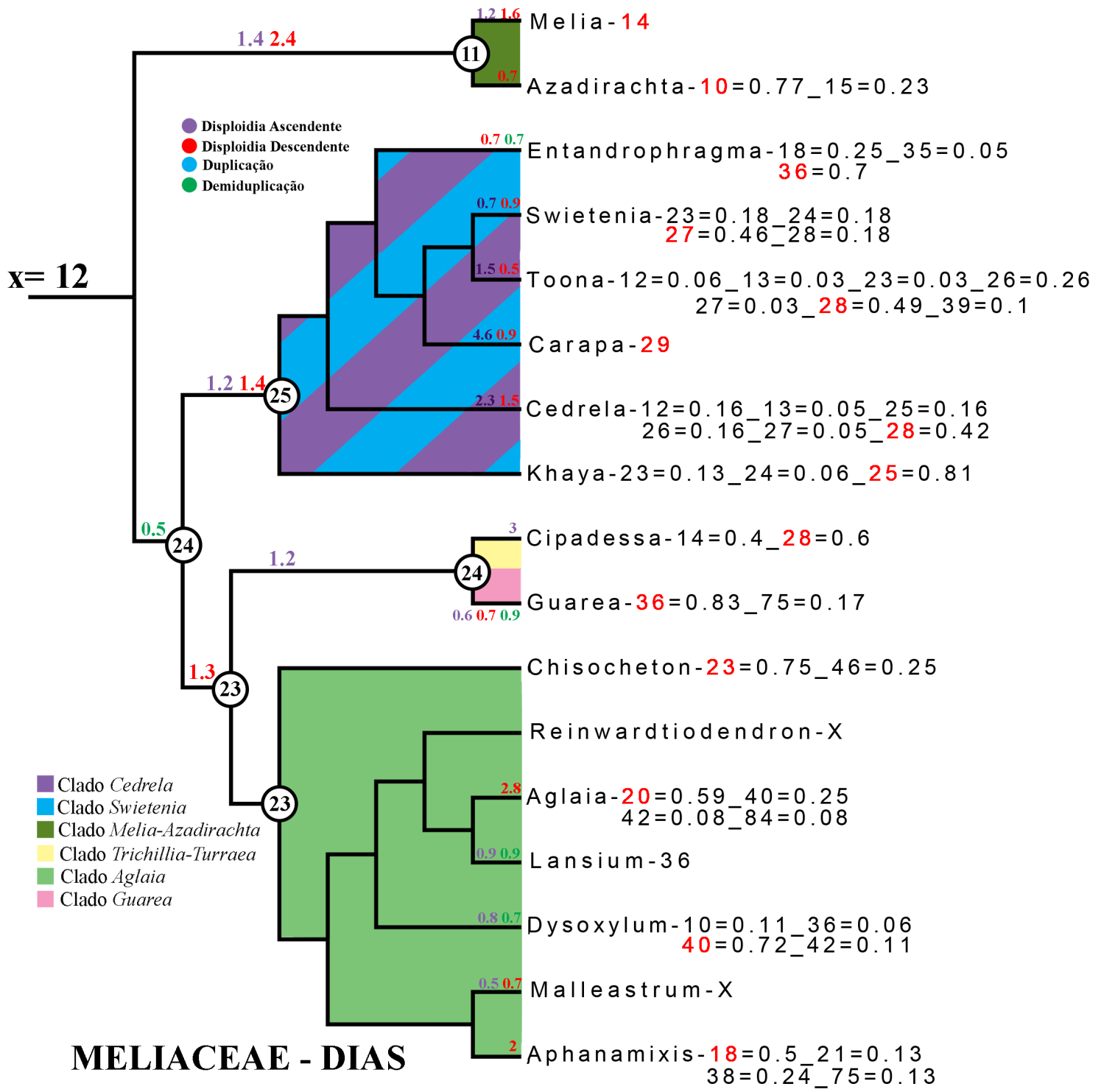


Figura 10: Árvore de Rutaceae fornecida por P. Dias contendo as expectativas de evento conforme a reconstrução através do ChromEvol. Os círculos representam o número gamético mais provável do ramo.

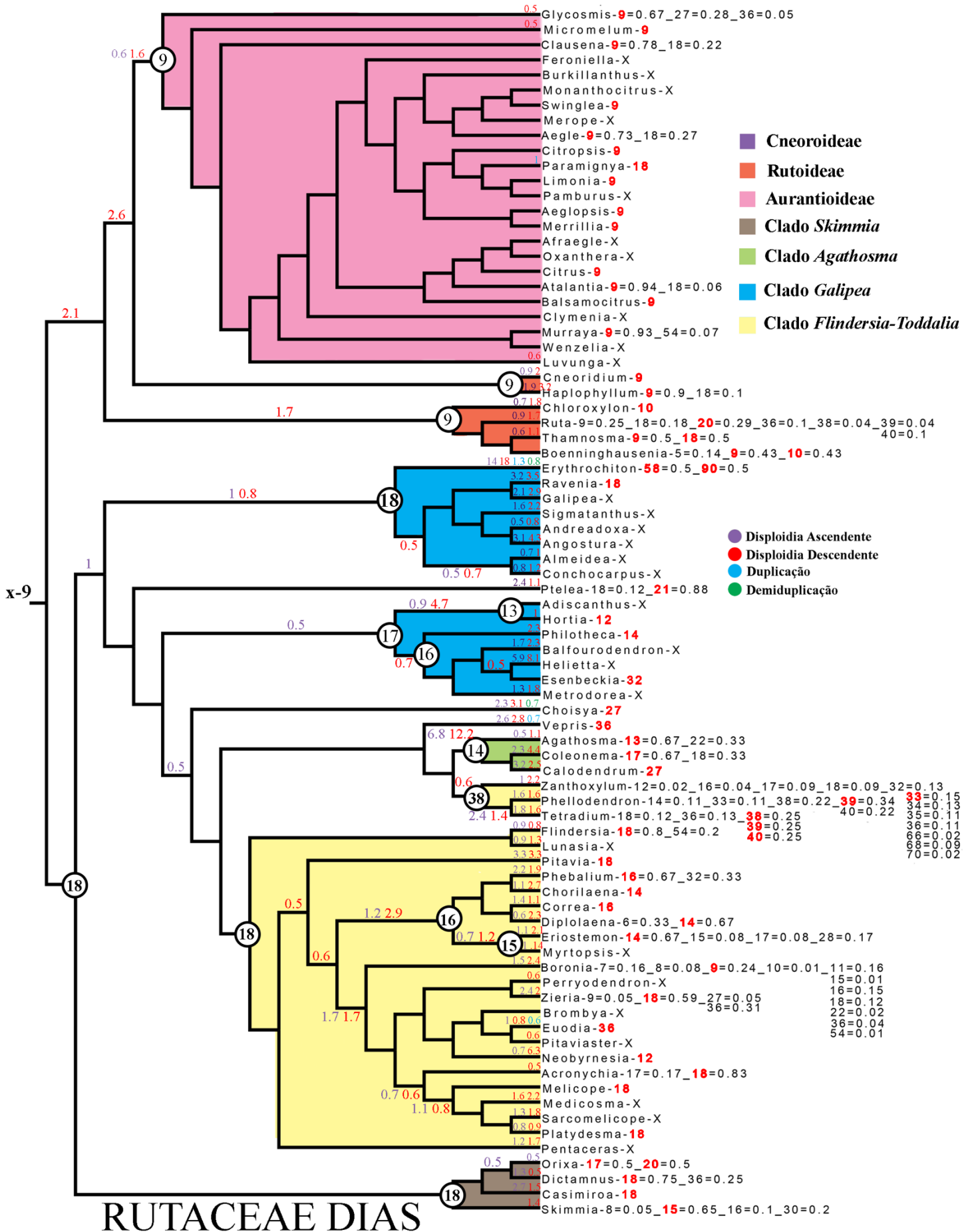


Figura 11: Árvore de Rutaceae simplificada contendo as expectativas de evento conforme a reconstrução através do ChromEvol. Os círculos representam o número gamético mais provável do ramo.

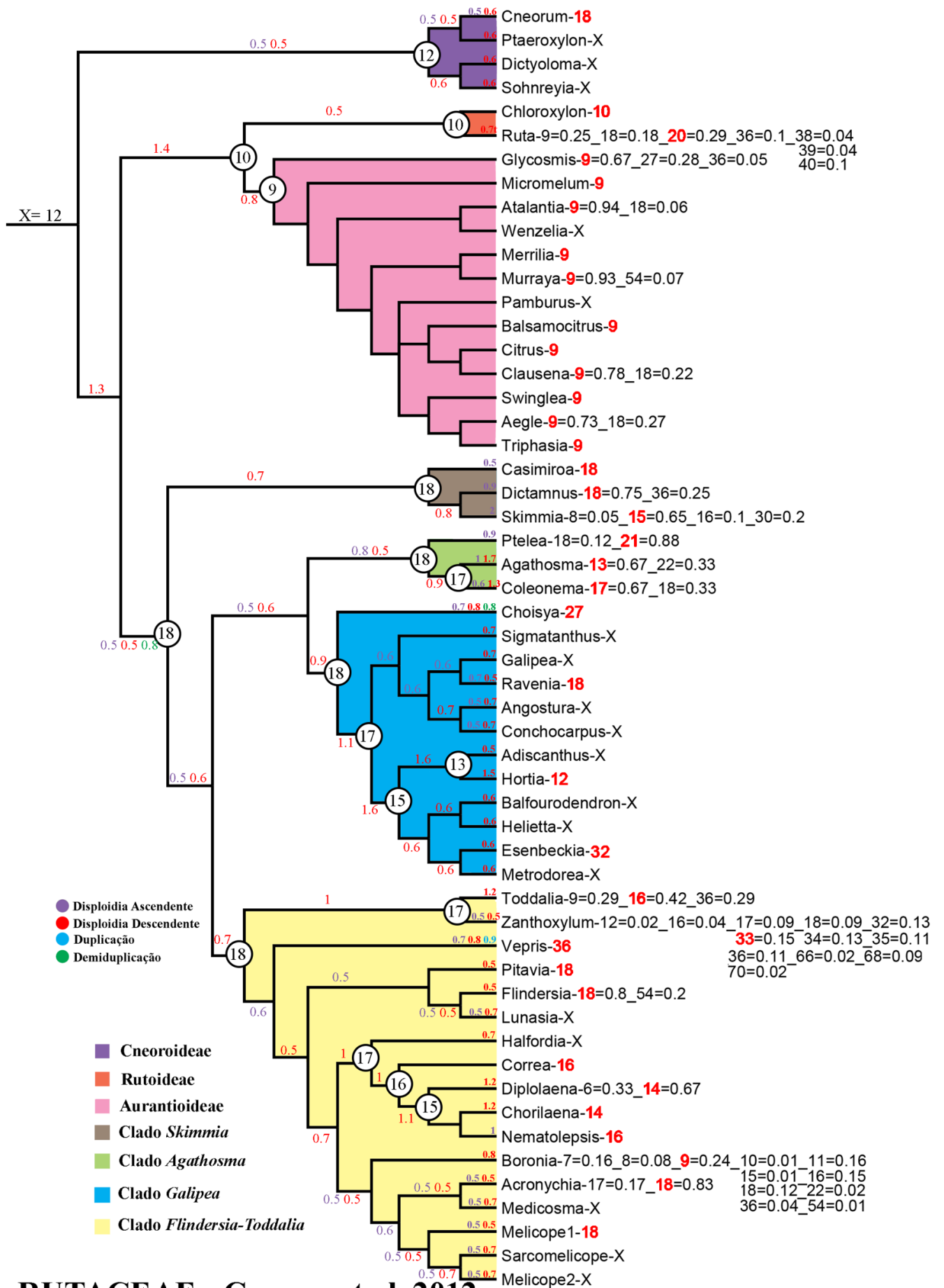


Figura 12: Árvore de Sapindaceae fornecida por P. Dias contendo as expectativas de evento conforme a reconstrução através do ChromEvol. Os círculos representam o número gamético mais provável do ramo.

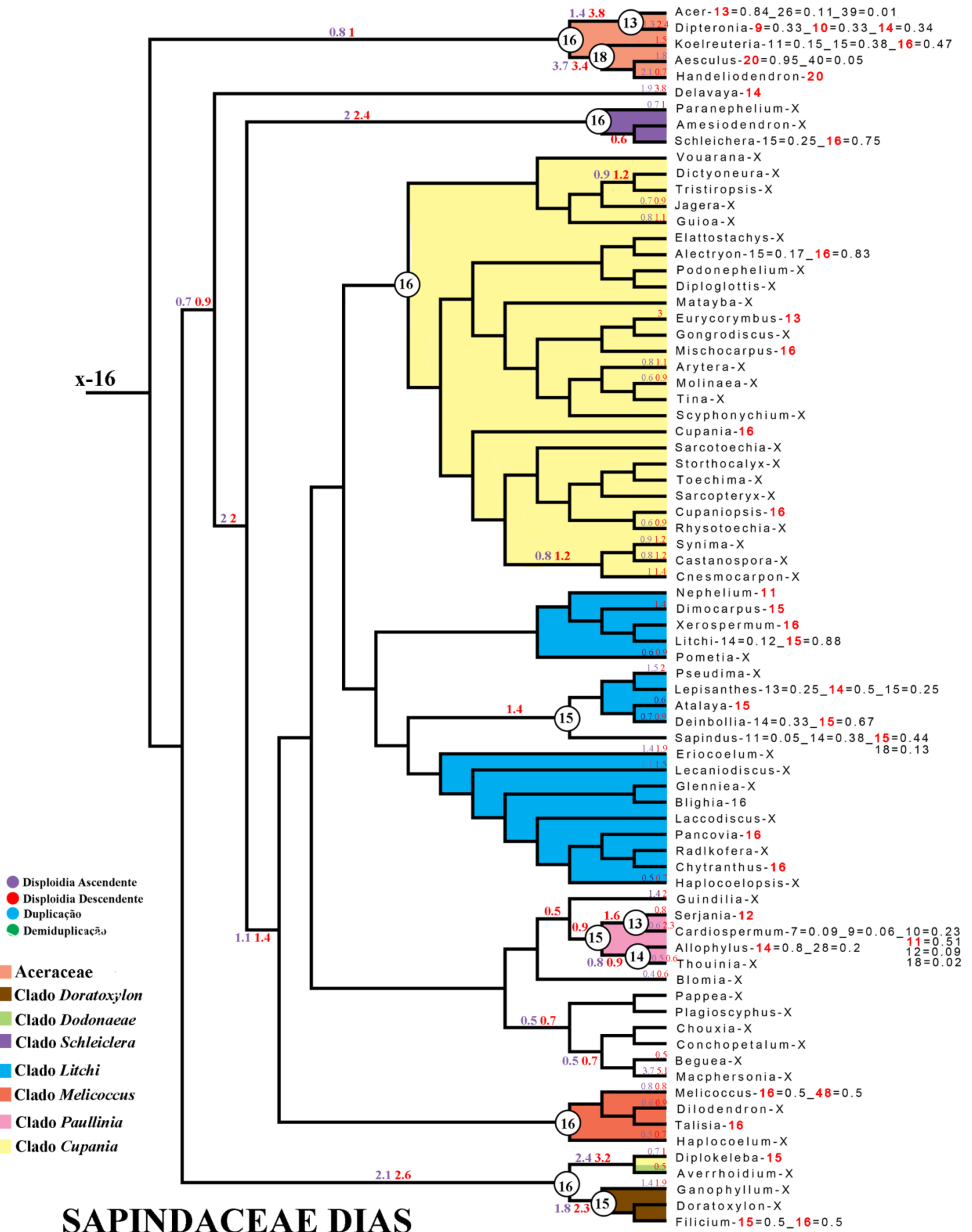


Figura 13: Árvore de Sapindaceae simplificada contendo as expectativas de evento conforme a reconstrução através do ChromEvol. Os círculos representam o número gamético mais provável do ramo.

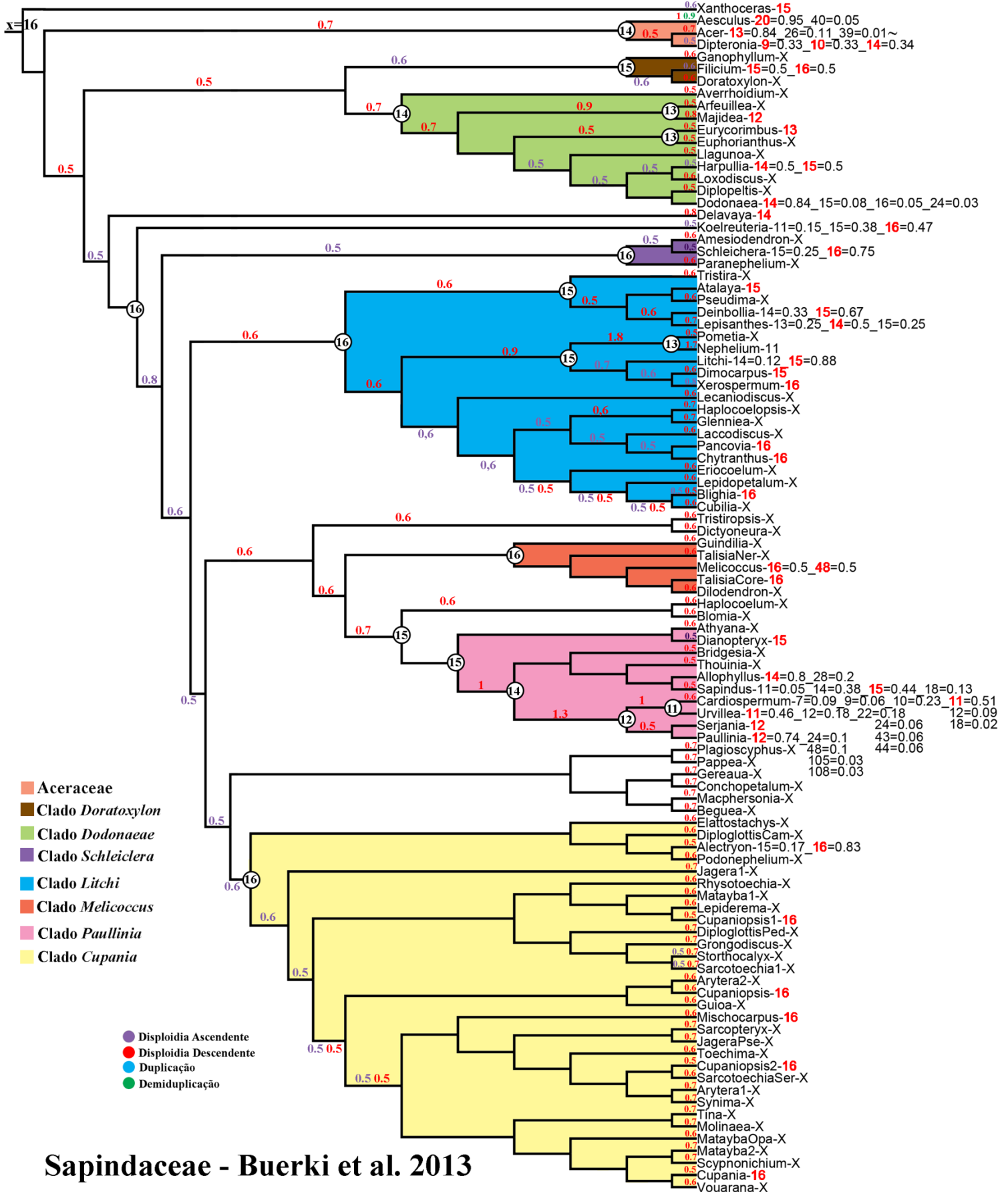
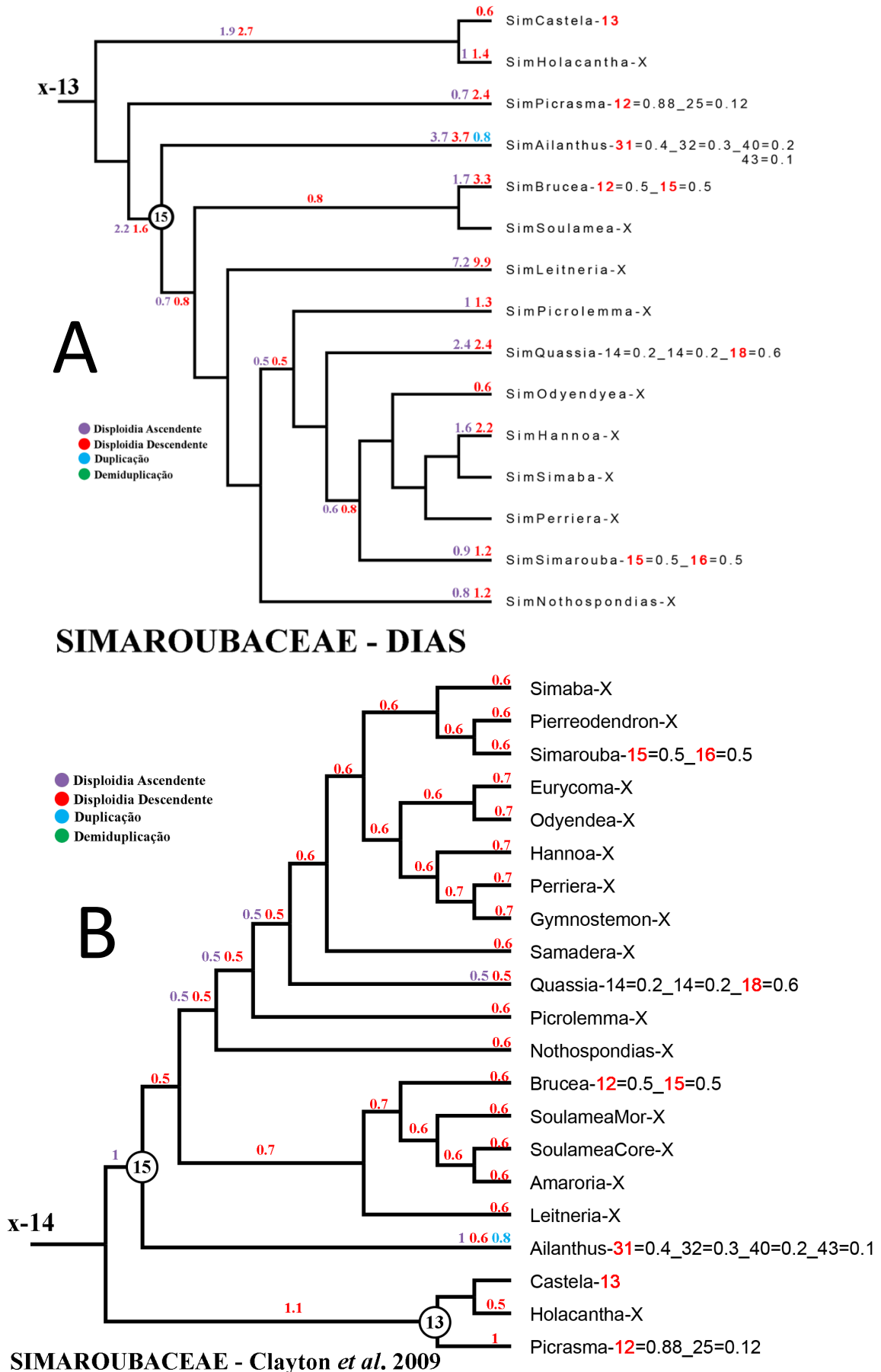


Figura 14: Árvore de Simaroubaceae fornecida por P. Dias (A) e a simplificada (B) contendo as expectativas de evento conforme a reconstrução através do ChromEvol. Os círculos representam o número gamético mais provável do ramo.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O nível de conhecimento citogenético da Ordem Sapindales é baixo, atingindo menos da metade dos gêneros conhecidos e menos de 15% das espécies.
- A ordem Sapindales possui uma enorme variação de número cromossômico, com mais de 60 números e uma amplitude de $2n = 10$ a $2n = 360$.
- Nos estudos analisados, as informações extranuméricas são bem escassas, sendo a presença de imagem a informação mais presente nos trabalhos, com cerca 43%.
- Outras informações, como caracterização vertical e quantidade de DNA, mal chegam a 10%. Em famílias como Burseraceae, Meliaceae e Simaroubaceae, praticamente são ausentes informações desse tipo.
- As discussões envolvendo os números cromossômicos no geral são curtas, com a maior porcentagem (57%) abordando o nível de ploidia, seguido de 43% sobre o número básico e só em 35% são discutidos em associação com a filogenia.
- Os compilados juntos abrangem 90% das publicações de número cromossômico. CCDB é o mais completo, com 72%.
- A maioria dos registros foi feito na Ásia, principalmente na região do Himalaia. Apenas Rutaceae e Sapindaceae não tem os registros predominantes nessa área, mas na Oceania e America do Sul, respectivamente.
- A década que teve mais publicação com número cromossômico foi a de '70, seguida da de '80. Após houve um declínio de contagens ao longo dos anos.
- Os números mais frequentes dentro das Sapindales foram de $2n = 24, 26, 28, 30$ e 36 , porém há uma grande variação na ordem ($2n = 10$ a $2n = 360$). Anacardiaceae e Rutaceae possuem concentração em poucos números. Em Sapindaceae e Meliaceae ocorre concentração em diversos números.
- O conhecimento das espécies no Brasil é maior, porém os gêneros são menos conhecidos em relação ao mundo.
- O número básico da ordem fica entre $x = 5, 6$ ou 7 . Com indícios que o número 7 seja o mais parcimonioso.
- A evolução dos números cromossômicos em Sapindales, no início, ocorreu por duplicação e aumento do número cromossômico.
- O ancestral das grandes famílias da ordem possui número básico de $x = 14$.
- Biebersteiniaceae foi uma família que sofreu diminuição do número cromossômico e alterações morfológicas no cariótipo e possui número básico com $x = 5$.
- Nitrariaceae manteve o numero cromossômico ancestral até a diversificação dos gêneros, na qual houve diminuição do número cromossômico, seguida de diversos eventos de poliploidia.

- Anacardiaceae é uma família que evolui por eventos de disploidia, principalmente descendentes. Em poucos gêneros houve poliploidia. O número básico é de $x = 14$ ou 15 .
- Burseraceae tende a diminuir o número cromossômico. Em Garugae é mais comum ocorrer poliploidia. O número básico indicado é $x = 13$.
- Meliaceae possui alta incidência de recorrência em eventos de disploidia e poliploidia. Não foi possível determinar com clareza o número básico da família. São necessários estudos mais pontuais e novas contagens para a família.
- A família Rutaceae possui uma determinada constância nos números cromossômicos derivados de $x = 9$ em um clado e $x = 10$ em outro. Eventos de poliploidia são bem comuns na família e foi um dos fatores mais importantes para a diversificação.
- Sapindaceae possui número básico de $x = 16$. A conservação desse número é bastante alta dentro da família, porém alguns clados foram formados por diversos eventos disploides. Os eventos de poliploidia são quase ausentes, exceto em poucos gêneros.
- Simaroubaceae é uma família com pouquíssimo conhecimento citogenético. Há presença de poliploidia e disploidia, porém nada conclusivo sobre o número básico da família.
- Foi constatada a importância do comprimento de ramo para a reconstrução da evolução dos números cromossômicos.
- As famílias tiveram evoluções diferentes do número cromossômico, porém a tendência à diminuição dos números é recorrente.
- A poliploidia não é tão presente na evolução do grupo, mas, onde aparece, teve bastante importância para a sua diversificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P. Systematics of *Serjania* (Sapindaceae) part I: A revision of *Serjania* sect. *Platycooccus*. **MEMOIRS-NEW YORK BOTANICAL GARDEN**, 1993.
- ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; VAN WELZEN, P. C.; ADEMA, F.; VAN DER HAM, R. W. J. M. Sapindaceae. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, p. 357-407, 2011.
- AGARWAL, P. K. Cytology of *Atalantia ceylanica*(ARN). **Current Science**, v. 57, n. 4, p. 207-208, 1988.
- AGARWAL, P. K. Pachytene morphology of *Severinia buxifolia* (Ten.). **CIS Chromosome Inform. Serv.**, v. 44, p. 24–26, 1988.
- AGHARKAR, S. P. & ROY, N. On the origin and distribution of cultivated mangoes. **Indian J. Genet.**, v. 11, p. 48, 1951.
- AHUJA, M. R. & NATARAJAN, A. T. Chromosome number of some common plants. **Current Science**, v. 26, p. 117, 1957.
- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE transactions on automatic control**, v. 19, n. 6, p. 716-723, 1974.
- AL-SAGHIR, M.; BAKER, S. A.; PUSOK, R. Effective method to resolve the chromosome numbers in *Pistacia* species (Anacardiaceae). **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, n. 20, p. 2913, 2014.
- ALIYU, O. M. & AWOPETU, J. A. Chromosome studies in Cashew (*Anacardium occidentale* L.). **African Journal of Biotechnology**, v. 6, n. 2, p. 131-136, 2007.
- ALMEIDA, C. C. S.; CARVALHO, P. C. L.; GUERRA, M. S. Karyotype differentiation among *Spondias* species and the putative hybrid Umbu-cajá (Anacardiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 155, n. 4, p. 541-547, 2007.
- AMIN, A. In IOPB chromosome number reports XXXIX. **Taxon**, v. 22, p. 115-118. 1973.
- ANTA, M. A. S.; MARTÍN, F. G.; ANDRÉS, F. N. Datos cariológicos de algunas plantas salmantinas. **Studia botanica**, n. 6, p. 169-171, 1987.
- APG II. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 141, p. 399–436, 2003.

- APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, n. 2, p. 105-121, 2009.
- APG. An ordinal classification for the families of flowering plants. **Annals of the Missouri botanical Garden**, v. 85, n. 4, p. 531-553, 1998.
- APG. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1-20, 2016.
- ARENDS, J. C. & LAAN F.M. In IOPB chromosome number reports LXV, **Taxon**, v. 28, p. 636-637, 1979.
- AROHONKA, T. Kromosomilukumääriytyksiä nauvon seilin saaren putkilokasveista. Turun yliopisto. **Biologian laitos**, 1982.
- ARORA C. M. New chromosome report. II. **Bullet. Bot. Surv. India**, v. 3, p. 37, 1961.
- ARUMUGANATHAN, K. & EARLE, E. D. Nuclear DNA content of some important plant species. **Plant molecular biology reporter**, v. 9, n. 3, p. 208-218, 1991.
- ARYAVAND, A. Contribution a l'etude cytotaxonomique de quelques Angiospermes de l'Iran. **Botaniska notiser**, 1975.
- ARYAVAND, M. A. Contribution á l'cytotaxonomique de *Biebersteinia multifida* DC. (Géraniacées). **CR Hebd Séances Acad Sci (Paris) D**, v. 280, p. 1551-1554, 1975
- ASTANOVA, S. B. In Takhtajan, A. **Numeri Chromosomatum Magnoliophytorum Florae URSS, Moraceae--Zygophyllaceae**. Nauka, Petropoli, 1993
- AYAZ, Emine; NAMLI, Süreyya. The karyotype analysis of *Pistacia vera* L. from Turkey. **Natural product research**, v. 23, n. 9, p. 866-870, 2009.
- BALTISBERGER, M. In IOPB chromosome data 3. **Newslett. Int. Organ. Pl. Biosyst.**, Zürich, v. 17, p. 5-7, 1991.
- BANERJI, E.A.R. In DARLINGTON C. D. & WYLIE A. P. **Chromosome atlas of flowering plants**, 1955.
- BANERJI, I. & PAL, S. A note on the cytology and pollen of *Aegle marmelos* Corr. **Phyton**, Buenos Aires, v. 8, p. 75-78, 1957.
- BAQUAR, S. R. Chromosome numbers in some vascular plants of East Pakistan. **Rev. Biol.**, v. 6, p. 440-448, 1967

- BAQUAR, S. R.; AKHTAR, S.; HUSAIN, A. Meiotic chromosome numbers in some vascular plants of indus delta. I. **Botaniska Notiser**, v. 118, n. 3, p. 289-&, 1965.
- BARANEC, T. & MURIN, A. Karyogical analyses of some Korean woody plants. **Biologia**, Bratislavia, v. 58, n. 4, p. 797-804, 2003.
- BARATAKKE, R. C. & PATIL, C. G. Cytological investigations in poly-gamo-dioecious tree *Simarouba glauca* DC. **The Nucleus**, v. 53, n. 1-2, p. 33-36, 2010.
- BARROS e SILVA, A.E.; DOS SANTOS SOARES FILHO, W.; GUERRA, M. Linked 5S and 45S rDNA sites are highly conserved through the subfamily Aurantioideae (Rutaceae). **Cytogenetic and Genome Research**, v. 140, n. 1, p. 62, 2013.
- BASAK, U. C. In situ quantitation of DNA and karyotype analysis in four threatened mangrove species found in Bhitarkanika forest of Orissa. **Cytobios**, v. 93, p. 147-155, 1998.
- BASR ILA, H.; KAFKAS, S.; TOPAKTAS, M. Chromosome numbers of four *Pistacia* (Anacardiaceae) species. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 78, n. 1, p. 35-38, 2003.
- BATIONO-KANDO, P.; ZONGO, J.; SILJAK-YAKOVLEV, S. First genome size assessment, heterochromatin and rDNA chromosome mapping in the genus *Sclerocarya* (Anacardiaceae): insight into the new basic chromosome number. **Botany Letters**, v. 163, n. 1, p. 11-17, 2016.
- BAWA, K.S. Chromosome numbers of tree species of a lowland tropical community. **J. Arnold Arbor.**, v. 54, p. 422-434, 1973
- BERNARDELLO, L. M. Cromosomas gameticos de *Fagara coco* (Hook. et Arn.) Engl. (Rutaceae). **Kurtziana**, v. 16, p. 165-166, 1983.
- BERNARDELLO, L. M.; STIEFKENS, L. B.; PIOVANO, M. A. Números cromosómicos en Dicotiledóneas argentinas. **Bol. Soc. Argent. Bot**, v. 26, n. 3-4, p. 149-157, 1990.
- BERNARDO, F. A. & RAMIREZ, D. A. Cytology of Philippine Plants III. *Lansium domesticum* Corr. **Philippine Agriculturalist**, v. 43, n. 5, p. 375-377, 1959.
- BEUZENBERG, E. J. & HAIR, J. B. Contributions to a chromosome atlas of the New Zealand flora—25: Miscellaneous families. **New Zealand Journal of Botany**, v. 21, n. 1, p. 13-20, 1983.
- BEUZENBERG, E. J. & HAIR, J. B. Contributions to a chromosome atlas of the New Zealand flora—5: Miscellaneous families. **New Zealand Journal of Botany**, v. 1, n. 1, p. 53-67, 1963.

- BHADURI P.N., Bose S. In DARLINGTON C. D. & WYLIE A. P. **Chromosome atlas of flowering plants**, 1955.
- BHATTACHARYA, S.S.; KHALIFA, M.M.; CHAUDHRI, I.I. In IOPB chromosome number reports XXXII. **Taxon**, v. 20, p. 349-356, 1971.
- BHATTACHARYYA, P. K. & BANERJEE A. G. Conservation of *Naringi crenulata* (Roxb.) Nicolson in the Burdwan (Rutaceae). **Proc. Indian Sci. Congr. Assoc.**, v. 84, n. 3, p. 44-45, 1997
- BIR, S. S.; GILL, B. S.; BEDI, Y. S.; SINGHAL, V. K. Evolutionary status of the woody taxa of Garhwal Himalaya. In KHOSLA, P. K. **Improvement of forest biomass**, Solan: Society of Tree Scientists, India, p. 81-96, 1980.
- BIR, S.S. & KUMARI S. In IOPB chromosome number reports XLIX. **Taxon**, v. 24, p. 501-516, 1975.
- BOCHANTSEVA, Z. P. Ochislakh chromosom. **Introd. Akkli. Rasteny Akad. Nauk. UZ. SSR**, p. 44-53, 1972.
- BOLKHOVSKIKH, Z. V. Chromosome numbers of flowering plants. **Chromosome numbers of flowering plants.**, 1969.
- BORGEN, L. Chromosome numbers of Macaronesian flowering plants: 2. **Norw. J. Bot**, v. 21, n. 3, p. 195-210, 1974.
- BORGMANN F. H. Anteil der Polyploiden in der Flora des Bismarcksgebirges von Ostneuguinea - **Zeitschr. Bot.**, v. 52, n. 2, p. 118-173, 1964.
- BOTTACCI, A.; MORI, B.; SCHIFF, S.; & GELLINI, R. Numeri cromosomici per la flora Italiana: 1267-1269. **Inform. Bot. Ital**, v. 23, n. 2-3, p. 117-118, 1991.
- BOWDEN, W. M. A list of chromosome numbers in higher plants. I. Acanthaceae to Myrtaceae. **American Journal of Botany**, p. 81-92, 1945a.
- BOWDEN, W. M. A List of Chromosome Numbers in Higher Plants. II. Menispermaceae to Verbenaceae. **American Journal of Botany**, v. 32, n. 4, p. 191-201, 1945b.
- BOWDEN, W. M. Diploidy, polyploidy, and winter hardiness relationships in the flowering plants. **American Journal of Botany**, v. 27, p. 357-71, 1940.
- BRAMWELL, D.; HUMPHRIES, C. J.; MURRAY, B. G.; OWENS, S. J Chromosome numbers in plants from the Canary Islands. **Bot. Notiser**, v. 124, n. 3, p. 376-382, 1971.
- BRIGGS, D.; WALTERS, S. M. **Plant variation and evolution**. Cambridge University Press, 2016.

- BRIZICKY, George K. The genera of Anacardiaceae in the southeastern United States. **Journal of the Arnold Arboretum**, v. 43, n. 4, p. 359-375, 1962.
- BUERKI, S.; FOREST, F.; STADLER, T.; ALVAREZ, N. The abrupt climate change at the Eocene–Oligocene boundary and the emergence of South-East Asia triggered the spread of sapindaceous lineages. **Annals of botany**, v. 112, n. 1, p. 151-160, 2013.
- CÁCERES, M. E.; TODESCO, P. M. A. Cromosomas mitóticos de *Schinopsis haenkeana* y *Loxopterygium grisebachii* (Anacardiaceae). **Kurtziana**, v. 19, p. 47-51, 1987.
- CALIC, D.; ZDRAVKOVIĆ-KORAĆ, S.; JEVREMOVIĆ, S.; GUĆ-ŠĆEKIĆ, M.; & RADOJEVIĆ, L. J. Efficient haploid induction in microspore suspension culture of *Aesculus hippocastanum* and karyotype analysis. **Biologia plantarum**, v. 47, n. 2, p. 289-292, 2003.
- CAO, L.; XIA, N.; XIONG, Z. Chromosome counts of three monotypic genera in Sapindaceae. **Journal of Tropical and Subtropical Botany**, v. 13, n. 5, p. 429-431, 2004.
- CAPPELLETTI C. Sterilità di origine micotica nella *Ruta patavina* L.. **Ann. Bot.**, Rome, v. 18, n. 2, p. 145-166, 1929.
- CARDOSO, D. C.; DAS GRAÇAS POMPOLO, S.; CRISTIANO, M. P.; TAVARES, M. G. The role of fusion in ant chromosome evolution: insights from cytogenetic analysis using a molecular phylogenetic approach in the genus *Mycetophylax*. **Plos One**, v. 9, n. 1, 2014.
- CARR, G. D. Additional chromosome numbers of Hawaiian flowering plants. **Pac. Sci**, v. 39, n. 3, p. 302-306, 1985.
- CARR, G. D. Chromosome numbers of Hawaiian flowering plants and the significance of cytology in selected taxa. **Amer. J. Bot**, v. 65, n. 2, p. 236-242, 1978.
- CARVALHEIRA, G. M. G.; GUERRA, M.; SANTOS, G. A. D.; ANDRADE, V. C. D.; FARIAS, M. C. A. D. Cytogenetics of angiosperms collected in the State of Pernambuco: IV. **Acta Botanica Brasilica**, v. 5, n. 2, p. 37-51, 1991.
- CASAS, J. F. & PIQUERAS, J. F. Estudio cariológico de algunas plantas bolivianas. **An. Jard. Bot. Madrid**, v. 38, n. 1, p. 149-152, 1981.
- CHASE, M. W. *et al.* Phylogenetics of seed plants: an analysis of nucleotide sequences from the plastid gene *rbcL*. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 528-580, 1993.
- CHAUDURI, K. A note the morphology and chromosome number of *Litchi chinensis* Sonner - **Current Science**, v. 9, n. 9, p. 416, 1940

- CHEN, R-y; LI, X-l.; SONG, Q-w.; LIN, S-h. Studies on chromosomes of some tropical fruits trees in China. **J. Wuhan Bot. Res.**, v. 3, n.4, p. 423-428, 1985.
- CHEN, R. Y. et al. Chromosome atlas of Chinese fruit trees and their close wild relatives. In. **Chromosome atlas of Chinese principal economic plants. Volume 1.**, 1993.
- CHEN, R. Y. et al. **Chromosome atlas of major economic plants genome in China. Tomus 4. Chromosome atlas of various bamboo species.** Beijing: Science Press, 646 p., 2003.
- CHERUBINI, C. Numero de cromosomas de algunas espermatofitas de la flora Mendocina. **Rev. Fac. Cienc. Agrar. Univ. Nac. Cuyo**, v. 22, n. 2, p. 23-25, 1982.
- CHIANG, F. & GONZALEZ-MEDRANO, F. Nueva especie de *Casimiroa* (Rutaceae) de la zona árida oaxaqueño-poblana. **Bol. Soc. Bot. Mex**, n. 41, p. 23-26, 1981.
- CLAVIJO-JIMÉNEZ, E. R. Notas cariológicas sobre algunas especies norteafricanas. **Acta botánica malacitana**, n. 16, p. 449-454, 1991.
- CLAYTON, J. W. Simaroubaceae. In: **Flowering Plants. Eudicots.** Springer Berlin Heidelberg, p. 408-422, 2011.
- CLAYTON, J. W.; SOLTIS, P. S.; SOLTIS, D. E. Recent long-distance dispersal overshadows ancient biogeographical patterns in a pantropical angiosperm family (Simaroubaceae, Sapindales). **Systematic Biology**, v. 58, n. 4, p. 395-410, 2009.
- COLEMAN, J. R. Chromosome numbers of angiosperms collected in the state of São Paulo. **Revista Brasileira de Genética**, v. 5, n. 3, p. 533-549, 1982.
- CONSTANTINIDIS, T. In Mediterranean chromosome number reports no. 6. **Flora Mediterranea**, v. 6, p. 308-312, 1996.
- CONTANDRIOPOULOS, J. Caryologie et localisation des spece vegetales endemique de la corse. **Bull Soc. Bot.**, France, v. 104, n. 2, p. 53-55, 1957a.
- CONTANDRIOPOULOS, J. Contribution à l'étude caryologique des endemiques de la Corse. **Ann. Fac. Sci.**, Marseille, v. 26, p.51-65, 1957b
- CONTANDRIOPOULOS, J. Recherches sur la flore endemique de la Corse et sur ses origines. **Ann. Fac. Sci.**, Marseille, v. 32, p. 1-354, 1962.
- COPELAND, H.F. The reproductive structures of *Schinus molle* (Anacardiaceae). **Madroño**, v. 15, n. 1, p. 14-25, 1959.

- COULLERI, J. P.; DEMATTEIS, M.; FERRUCCI, M. S. A new insight into *Serjania* Mill. (Sapindaceae, Paullinieae) infrageneric classification: a cytogenetic approach. **Plant systematics and evolution**, v. 298, n. 9, p. 1743-1753, 2012.
- COVAS, G. & SCHNACK, B. Estudios cariológicos en Antófitas II parte. **Revista Argent. Agron**, v. 14, n. 3, p. 224-231, 1947.
- DAHLGREN, R.; KARLSSON, T.; LASSEN, P. Studies on the flora of the Balearic Islands: 1. Chromosome numbers in Balearic Angiosperms. **Bot. Notiser**, v. 124, n. 2, p. 249-269, 1971.
- DALGAARD, V. Chromosome numbers in flowering plants from Madeira. **Willdenowia**, v. 16, n. 1, p. 221-240, 1986.
- DALY, D. C.; HARLEY, M. M.; MARTÍNEZ-HABIBE; M-C.; WEEKS, A.; Burseraceae. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, p. 76-104, 2011.
- DARLING, C. A. Chromosome Behavior in *Acer platanoides* L. **American Journal of Botany**, v. 10, n.8, 450-457, 1923.
- DARLING, C. A. Mitosis in living cells. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, v. 39, n. 8, p. 407-409, 1912.
- DARLING, C. A. Sex in dioecious plants. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, v. 36, n. 4, p. 177-199, 1909.
- DARLINGTON, C. A; WYLIE, A. P. **Chromosome Atlas of flowering Plants**. London: George Allens, 1955.
- DARLINGTON, C. D. & JANAKI, E. K. **Chromosome atlas of cultivated plants.**, 1945.
- DAS, A. B. & JENA, S. N. Chromosome Stability and Inter-population Genetic Variability in a Tree Mangrove *Xylocarpus granatum* Koen. (Meliaceae) as Revealed by RAPD Markers. **Cytologia**, v. 73, n. 2, p. 105-113, 2008.
- DATTA, P. C. & SAMANTA, P. Cytotaxonomy of Meliaceae. **Cytologia**, v. 42, n. 2, p. 197-208, 1977.
- DELAY, C. Recherches sur la structure des noyaux quiescents chez les Phanérogames. **Rev. Cytol. Et Cytophysiol. Vég.**, v. 9, p. 169-222, 1947.
- DENT, T.C. In IOPB chromosome numbers reports XXII. **Taxon**, v. 18, p. 433-442, 1969
- DESAI, S. Cytology of Rutaceae and Simarubaceae. **Cytologia**, v. 25, n. 1, p. 28-35, 1960.
- DESAI, S. R. Chromosome Numbers in the Rutaceae. **Nature**, v. 175, p. 1125, 1955.

- DI, N. L. Slide preparation of chromosome of somatic cell of *Rhus verniciflua*. **Hereditas**, Beijing, v. 6, n. 4, p. 11, 1984.
- DÍAZ-LIFANTE, Z. Números cromosómicos para la flora Española. 630--642. **Lagascalia**, v. 16, p. 328--333, 1991
- DIERS, L. **Der anteil an polyploiden in den vegetationsgürteln der westkordillere Perus**. Tese de Doutorado. 1961.
- DOBES, C. H.; HAHN, B.; MORAWETZ, W. Chromosomenzahlen zur gefässpflanzen-flora Österreichs. **Linzer Biol. Beitr.**, v. 29, n. 1, p. 5-43, 1997.
- DOBIGNY, G.; DUCROZ, J. F.; ROBINSON, T. J.; VOLOBOUEV, V. Cytogenetics and cladistics. **Systematic Biology**, v. 53, n. 3, p. 470-484, 2004.
- DOBRONZ, K. **Beiträge zur Zytologie der Gattung Aesculus und deren systematische Auswertung**. Universitäts-Buchdr. G. Neuenhahn, p. 1-61, 1935.
- DRUSKOVIC, B. & LOVKA, M. In IOPB chromosome data 9. **Int. Organ. Pl. Biosyst. Newslett.**, Zurich, v. 24, p. 15--19, 1995.
- DUFFIELD, J.W. Polyploidy in *Acer rubrum* L.. **Chron. Bot.**, v. 7, n. 8, p. 390-391, 1943.
- EICHHORN, A. & FRANQUET, R. Numération chromosomique et évolution nucléaire chez le *Koelreuteria paniculata*. **Compt. Rend. Hebd. Séances Acad. Sci**, v. 202, p. 1609-1611, 1936.
- EKJ In DARLINGTON C. D. & WYLIE A. P. **Chromosome atlas of flowering plants**, 1955.
- FAVARGER, C. Le nombre chromosomique du *Pseudostellaria europaea* Schaeftlein. **Phyton (Ann. Rei. Bot. Horn)**, v. 9, n. 3-4 p. 252-256, 1961.
- FERRUCCI, M. S. & SOLÍS NEFFA, V. G. Citotaxonomía de Sapindaceae sudamericanas. **Bol. Soc. Argent. Bot.**, v. 33, n. 1-2, p. 77-83, 1997.
- FERRUCCI, M. S. & URDAMPILLETA, J. D. *Cardiospermum bahianum* (Sapindaceae: Paullinieae), a new species from Bahia, Brazil. **Systematic Botany**, v. 36, n. 4, p. 950-956, 2011.
- FERRUCCI, M. S. & URDAMPILLETA, J. D. *Cardiospermum cristobaliae* (Sapindaceae, Paullinieae), una nueva especie de Minas Gerais, Brasil. **Brittonia**, v. 63, n. 4, p. 478-483, 2011.
- FERRUCCI, M. S. Cromosomas en *Cardiospermum* y *Diplokeleba* (Sapindaceae), significado taxonómico y evolutivo. **Bonplandia**, Corrientes, Argentina, v. 6, n. 3, p. 151-164, 1989.

- FERRUCCI, M. S. Cytotaxonomy of Sapindaceae with special reference to the tribe Paullinieae. **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, n. 4, p. 941-946, 2000.
- FERRUCCI, M. S. El número cromosómico de *Urvillea laevis* Sapindaceae. **Bonplandia**, Corrientes, Argentina, v. 9, n. 3-4, p. 305-306, 1997.
- FERRUCCI, M. S. Novedades en *Houssayanthus* y *Serjania* (Sapindaceae). **Bonplandia**, Corrientes Argentina, v. 5, p. 164-174, 1981a.
- FERRUCCI, M. S. Recuentos cromosómicos en *Allophylus* y *Serjania* (Sapindaceae) Bol. **Soc. Argent. Bot.**, v. 24, n. 1-2, p. 200-202, 1985.
- FERRUCCI, M. S. Recuentos cromosómicos en Sapindaceae. **Bonplandia**, Corrientes, Argentina, v. 5, n. 11, p. 73-81, 1981b.
- FERRUCCI, M. S. & POMPERT, M. de. Nueva cita de sapindaceae cultivada *Koelreuteria elegans* subsp *formosana*. **Bonplandia**, Corrientes, Argentina, v. 9, n. 1-2, p. 25-27, 1996.
- Flora do Brasil 2020 em construção.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 2017
- FORMAN, L. L. A new genus from Thailand. **Kew Bulletin**, v. 8, n. 4, p. 555-564, 1953.
- FORMAN, L. L.; BRANDHAM, P. E.; HARLEY, M. M.; LAWRENCE, T. J. *Beiselia mexicana* (Burseraceae) and its affinities. **Kew bulletin**, v. 44, n. 1, p. 1-31, 1989.
- FORNI-MARTINS, E.R. & MARTINS, F. R. Chromosome studies on Brazilian cerrado plants. **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, n. 4, p. 947-955, 2000.
- FORNIMARTINS, E. R.; PINTOMAGLIO, C. A. F.; DA CRUZ, N. D. Chromosome-numbers in brazilian cerrado plants. **Revista Brasileira de Genética**, v. 18, n. 2, p. 281-288, 1995.
- FOSTER, R. C. Chromosome number of *Acer* and *Staphylea*. **Journal of the Arnold Arboretum**, v. 14, p. 386-92, 1933.
- FREEMAN, C. C. & BROOKS, R. E. Documented plant chromosome numbers 1988: 1. Chromosome counts for north american plants - I. **SIDA, Contributions to Botany**, p. 241-250, 1988.
- FREITAS, D. V.; CARVALHO, C. R.; DO NASCIMENTO FILHO, F. J.; ASTOLFI-FILHO, S. Karyotype with 210 chromosomes in guarana (*Paullinia cupana* 'Sorbilis'). **Journal of plant research**, v. 120, n. 3, p. 399-404, 2007.
- FRITSCH, R. Chromosomenzahlen von Pflanzen der Insel Kuba I. **Die Kulturpflanze**, v. 18, n. 1, p. 189-197, 1970.

- FUKUDA, T.; NAIKI, A.; NAGAMASU, H. Karyotypic analysis of *Skimmia japonica* (Rutaceae) and related species. **Journal of plant research**, v. 120, n. 1, p. 113-121, 2007.
- FUNABIKI, K. Distribution and polyploidy of angiosperms. II. Northern flora of Japan. **Kromosomo**, v. 37, p. 1268-1275, 1958.
- GADEK, P. A. FERNANDO, E. S.; QUINN, C. J.; HOOT, S. B.; TERRAZAS, T.; SHEAHAN, M. C.; CHASE, M. W. Sapindales: molecular delimitation and infraordinal groups. **American Journal of Botany**, v. 83, n. 6, p. 802-811, 1996.
- GADELLA, T. W. J. Chromosome numbers of some angiospermae collected in Cameroun and the Ivory Coast. **Proceed Roy. Neth. Acad. Sci.**, ser. C., v. 72, p. 306-310, 1969.
- GADELLA, T. W. J.; KLIPHUIS, E.; LINDEMAN, J. C.; MENNEGA, E. A. Chromosome numbers and seedling morphology of some Angiospermae collected in Brazil. **Acta Botanica Neerlandica**, v. 18, n. 1, p. 74-83, 1969.
- GADELLA, T. W. J.; KLIPHUIS, E.; MENNEGA, E. A. Chromosome numbers of some flowering plants of Spain and S. France. **Acta Botanica Neerlandica**, v. 15, n. 2, p. 484-489, 1966.
- GAJAPATHY, C. Cytological observations in some dicotyledons. **Sci. Cult**, v. 28, p. 375-376, 1962.
- GAMAGE, H. K. & SCHMIDT, S. Short Communication. A robust method for chromosome quantification and ploidy determination in woody species. **Australian Journal of Botany**, v. 57, n. 2, p. 87-93, 2009.
- GHAFFARI, S. M. & FASIHI-HARANDI, O. Chromosome counts and assessment of two heterochromatic chromosomes in some species of *Pistacia* L. from Iran. In: **III Acta horticulturae**, V. 591, p.389-393, 2002.
- GHAFFARI, S. M. Chromosome counts of some angiosperms from Iran II. **Iran. J. Bot.**, v. 3, p. 183-188, 1987.
- GHAFFARI, S. M. In IOPB Chromosome number reports XCL. **Taxon**, v. 35, p. 404-407, 1986.
- GHAFFARI, S. M.; SHABAZAZ, M.; BEHBOODI, B. Sh. Chromosome variation in *Pistacia* genus. **Options Mediterraneennes, Serie A**, v. 63, p. 347-354, 2005.
- GHOSH, R. B. An analysis of somatic chromosomes in *Aphanamixis polystachya* (wall) parker=(*amoora rohituka* w+ a). **Genetica iberica**, v. 20, n. 3-4, p. 145, 1968.a
- GHOSH, R. B. Karyomorphological studies of somatic chromosomes in *Ailanthus excelsa* Roxb., an ornamental and a road-side plant. **Broteria**, v. 39, p. 3-8, 1970a.

- GHOSH, R. B. Karyotype Study of Somatic Chromosomes in *Garuga Pinnata* Roxb. As an Aid to its Discussion in Phylogeny. **Caryologia**, v. 19, n. 2, p. 151-155, 1966.
- GHOSH, R. B. Morphology of somatic chromosomes in *Ravenia spectabilis* Engl. (= *Lemonia spectabilis* Lindl.) an ornamental plant. **Broteria**. V. 39, p. 131-134, 1970b.
- GHOSH, R. B. Studies on the Morphology of Somatic Chromosomes in *Walsura Pisciadia* Roxb. **Caryologia**, v. 21, n. 2, p. 111-114, 1968.
- GHOSH, R.B. An analysis of the somatic chromosome morphology in *Bursera serrata* Wall with a view to understanding its phylogeny. **Beitr. Biol. Pflanzen**, v. 46, p. 39-44, 1969.
- GHOSH, R.B. An analysis of the somatic chromosomes in *Quassia amara* L. with some remarks on its taxonomic status and affinity. **Broteria**, v. 39, p. 9-15, 1970c.
- GHOSH, Rash Behari. Chromosome number of some flowering plants. **Current Science**, v. 30, n. 2, p. 73-&, 1961.
- GIBBS, P. E. & INGRAM, R. Chromosome numbers of some Brazilian flowering plants. **Notes Roy. Bot. Gard. Edinburgh**, v. 40, n. 2, p. 399-407, 1982.
- GILL, B. S.; BIR S.S.; SIDHU M.S.; SINGHAL V.K. In IOPB Chromosome number reports LXXXIV. **Taxon**, v. 33, p. 536-539, 1984.
- GILL, B. S.; BIR, S. S.; SINGHAL V. K.; Cytological studies in some western Himalayan wood species II. Polypetalae In. PALIWAL, G.S. **The vegetational Wealth of the Himalayas**. Puja Publishers, Delhi, p. 497-515, 1984. a.
- GILL, B. S.; BIR, S. S.; SINGHAL, V. K. In IOPB chromosome number reports LXIV. **Taxon**, v. 28, p. 403, 1979.
- GILL, B. S.; BIR, S. S.; SINGHAL, V. K. In IOPB Chromosome number reports LXV. **Taxon**, v. 28, p. 630, 1979.a
- GILL, B. S.; BIR, S. S.; SINGHAL, V. K. In IOPB Chromosome number reports LXXI. **Taxon**, v. 30, p. 513-514, 1981.
- GILL, B. S.; SINGHAL, V. K.; BEDI, Y. S.; BIR, S. S. Cytological evolution in the woody taxa of Pachmarhi Hills. **Journal of Cytology and Genetics**, v. 25, p. 308-320, 1990.
- GILL, L. S. & OBEMBE, A. O. Chromosome studies in some trees and shrubs from S Nigeria. **Willdenowia**, v. 21, n. 1-2, p. 233-238, 1991.
- GILL, L. S. Chromosome numbers of angiosperms in Tanzania: II. **Adansonia**, v. 18, p. 375-376, 1978b.

- GILL, L. S. In IOPB chromosome number reports LX. **Taxon**, v. 27, p. 223-231, 1978a.
- GILLIS, W. T. The systematics and ecology of poison-ivy and the poison-oaks (*Toxicodendron*, Anacardiaceae). **Rhodora**, v. 73, n. 793, p. 72-159, 1971.
- GLICK, L.; MAYROSE, I. ChromEvol: assessing the pattern of chromosome number evolution and the inference of polyploidy along a phylogeny. **Molecular Biology and Evolution**, v. 31, n. 7, p. 1914-1922, 2014.
- GOLDBLATT, P. & JOHNSON D. E. Index to Plant Chromosome Numbers 1986–1987. **Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.**, v. 30, p. 1–243, 1990
- GOLDBLATT, P. & JOHNSON D. E. Index to Plant Chromosome Numbers 1988–1989. **Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.**, v., 40, p. 1–238, 1991.
- GOLDBLATT, P. & JOHNSON D. E. Index to Plant Chromosome Numbers 1990–1991. **Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.**, v. 51, p. 1–267, 1994.
- GOLDBLATT, P. & JOHNSON D. E. Index to Plant Chromosome Numbers 1992–1993. **Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.**, v. 58, p. 1–276, 1996.
- GOLDBLATT, P. & JOHNSON D. E. Index to Plant Chromosome Numbers 1994–1995. **Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.**, v. 69, p. 1–208, 1998.
- GOLDBLATT, P. & WILLIAMS, I. Notes on chromosome cytology of Rutaceae: Diosmeae. **Ann. Missouri Bot. Gard**, v. 74, n. 2, p. 443-444, 1987.
- GOLDBLATT, P. Index to Plant Chromosome Numbers 1975–1978. **Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.**, v. 6, p. 1– 553, 1981.
- GOLDBLATT, P. Index to Plant Chromosome Numbers 1979–1981. **Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.**, v. 8, p. 1– 427, 1984.
- GOLDBLATT, P. Index to Plant Chromosome Numbers 1982–1983. **Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.**, v. 13, p. 1–224, 1985.
- GOLDBLATT, P. Index to Plant Chromosome Numbers 1984–1985. **Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.**, v. 23, p. 1–264, 1987.
- GOLDBLATT, P. Miscellaneous chromosome counts in angiosperms: 2. Including new family and generic records. **Ann. Missouri Bot. Gard**, v. 66, n. 4, p. 856-861, 1979.
- GOLDBLATT, P. New or noteworthy chromosome records in the angiosperms. **Ann. Missouri bot. Gard**, v. 63, p. 889-95, 1976.

- GORANOVA, V. Mediterranean chromosome number reports 16 (1572--1583). **Fl. Medit.**, v. 16, p. 425-431, 2006.
- GRANT, V. Chromosome number patterns in primitive angiosperms. **Botanical Gazette**, v. 143, n. 3, p. 390-394, 1982.
- GRIMM, J. Entwicklungsgesch. Untersuchungen an *Rhus* u. *Coriaria*. **Flora, Neue Folge, IV. Bd**, n. 4, 1912.
- GROPPO, M.; KALLUNKI, J. A.; PIRANI, J. R.; ANTONELLI, A. Chilean *Pitavia* more closely related to Oceania and Old World Rutaceae than to Neotropical groups: evidence from two cpDNA non-coding regions, with a new subfamilial classification of the family. **PhytoKeys**, n. 19, p. 9, 2012.
- GROSSI, J. A.; DE GODOY, S. M.; MACEDO, C. R.; DE PAULA, G. B. N.; ROMAGNOLO, M. B.; RISSO-PASCOTTO, C. Meiotic behavior during microsporogenesis of some species of Meliaceae family. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 14, n. 1, p. 51-56, 2011.
- GUERRA, M. A situação da citotaxonomia de angiospermas nos trópicos e, em particular, no Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 4, n. 2, p. 75-86, 1990.
- GUERRA, M. Chromosome numbers in plant cytogenetics: concepts and implications. **Cytogenetic and genome research**, v. 120, n. 3-4, p. 339-350, 2008.
- GUERRA, M. Citogenética de angiospermas coletadas em Pernambuco, I. **Revista Brasileira de Genética**, v. 9, p. 21-40, 1986.
- GUERRA, M. Cytogenetics of rutaceae. II. Nuclear DNA content. **Caryologia**, v. 37, n. 3, p. 219-226, 1984b.
- 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**. Guanabara Koogan, 1988.
- GUERRA, M. New chromosome number in Rutaceae. **Plant Systematics and Evolution**, v. 146, n. 1-2, p. 13-30, 1984a.
- GUERRA, M. Uso de *giemsa* na citogenética vegetal - Comparação entre a coloração simples e o bandeamento. **Ciencia e cultura-Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciencia**, 1983.

- GUERRA, M.; SANTOS, K. G. B.; SILVA, A. E. B.; EHRENDORFER, F. Heterochromatin banding patterns in Rutaceae-Aurantioideae—a case of parallel chromosomal evolution. **American Journal of Botany**, v. 87, n. 5, p. 735-747, 2000.
- GUERRA, M.; SOUZA, F. B. G. Tamanho cromossômico e número básico na tribo Aurantieae (Rutaceae). **Ciência e Cultura (São Paulo)**, v. 36, p. 868, 1984.
- GUERRA, M.; SOUZA, M. J. Como observar cromossomos. **Ribeirão Preto: Ed. Funpec**, 2002.
- GUERVIN C. Étude Caryo-Taxinomique et répartition géographique de quelques sapindaées. - **Bull. Mus. Natl. Hist. Nat.**, Paris, v. 36, n. 6, p. 858-868, 1964.
- GUERVIN C. Étude caryo-taxonomique de quatre Sapindacées - **Bull. Mus. Natl. Hist. Nat.**, Paris, Ser. 2, v. 33, n. 6, p.616-619, 1961a.
- GUERVIN, C. Contribution à l'étude cyto-taxonomique des Sapindacées et caryologique des Mélianthacées et des Didiéracées. **Rev. Cytol. Biol. Vég**, v. 23, n. 1, p. 49-87, 1961b.
- GUNASEELI, B. P. & SAMPATHKUMAR, R. Further studies on the chromosome numbers of some taxa of Rutaceae. In: **Proceedings of the Indian Science Congress Association.**, v. 72, p. 45, 1985.
- GUNASEELI, B. P. & SAMPATHKUMAR, R. Karyomorphological studies on *Atalantia monophylla* Corr. and *Toddalia asiatica* Lamk. **Acta Bot. Indica**, v. 18, n. 1, p. 67-70, 1990.
- GUNASEELI, B. P. & SAMPATHKUMAR, R. On the karyomorphological features between *Limonia acidissima* Linn. and *Poncirus trifoliata* (L) Raf. In: **Proceedings of the Indian Science Congress Association**, v. 73, p. 88, 1986.
- GUNASEELI, B. P. & SAMPATHKUMAR, R. Studies on the chromosome numbers of some taxa of Rutaceae. In: **Proceedings of the Indian Science Congress Association.**, v. 71, p. 13, 1984.
- GUO, W. W.; PANG, X. M.; HUO, H. Q.; DENG, X. X. Chromosome observation of Chinese wampee (*Clausena lansium*). **J Huazhong Agric Univ**, v. 19, n. 2, p. 166-167, 2000.
- GUPTA, Raghbir Chand; KAUR, Kuljit; SINGH, Vijay. Meiotic chromosomal studies in family Zygophyllaceae R. Br. from Rajasthan. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding (The)**, v. 76, n. 1, p. 111-115, 2016.
- GURZENKOV, N. N. Studies of chromosome numbers of plants from the south of the Soviet Far East. **Komarov Lect.**, v. 20, p. 47-61, 1973.
- HAIR, J. B.; BEUZENBERG, E. K. Contributions to a chromosome atlas of the New Zealand flora. 2. **New Zealand Jour. Sci.**, v. 2, n 1, p. 148-156, 1959.

- HAIR, J. B.; BEUZENBERG, E. K. Contributions to a chromosome atlas of the New Zealand flora. 4. **New Zealand Jour. Sci.**, v. 3, p. 432-440, 1960.
- HAMM, C. A. Chromosome Number of the Monarch Butterfly, *Danaus plexippus* (Linnaeus 1758) and the Danainae. **bioRxiv**, p. 107-144, 2017.
- HANELT, P. In IOPB chromosome number reports XLII. **Taxon**, v. 22, p. 647-654, 1973
- HANSON, L.; MCMAHON, K. A.; JOHNSON, M. A.; BENNETT, M. D. First nuclear DNA C-values for another 25 angiosperm families. **Annals of Botany**, v. 88, n. 5, p. 851-858, 2001.
- HARANDI, O. F.; GHAFFARI, M. Chromosome studies on pistachio (*Pistacia vera* L.) from Iran. **Cahiers Options Mediterraneennes**, v. 56, p. 35-40, 2001.
- HARRIMAN, N. A. In Chromosome number reports LXX. **Taxon**, v. 30, p. 77-78, 1981.
- HEITZ, E. Der Nachweis der chromosome. Vergleichende Studien über ihre Zahl, Grösse und Form im Pflanzenreich, **I, Zeitschr. Bot.**, v. 118, n. 11-12, p. 625-681, 1926.
- HEMMER, W.; MORAWETZ, W. Karyological differentiation in Sapindaceae with special reference to *Serjania* and *Cardiospermum*. **Botanica Acta**, v. 103, n. 4, p. 372-383, 1990.
- HILL, L. M. In IOPB Chromosome Numbers Report LXXXIV. **Taxon**, v. 33, p. 536-539, 1984.
- HILL, L. M. IOPB chromosome data 1. **Int. Organ. Pl. Biosyst. Newslett.**, Zurich, v. 13, p. 17-19, 1989.
- HILU, K. W. *et al.* Angiosperm phylogeny based on matK sequence information. **American Journal of Botany**, v. 90, n. 12, p. 1758-1776, 2003.
- HILU, K. W. In IOPB chromosome number reports LXIV. **Taxon**, v. 28, p. 395, 1979.
- HINDAKOVA, A. Index to chromosome numbers of Slovakian flora. Part 4. **Acta Fac. Rerum Nat. Univ. Comeniana, Bot**, v. 23, p. 1-23, 1974.
- HOAR, C. S. Chromosome Studies in *Aesculus*. **Botanical Gazette**, v. 84, n. 2, p. 156-170, 1927.
- HONSELL, E. Osservazioni sulla struttura dell'ovulo e sulla cariologia di *Calodendron capense* Thunb. e *Pilocarpus pennatifolius* Lem. **Annali Bot**, v. 24, p. 438-48, 1954.
- HONSELL, E. Ricerche cario-embriologiche in *Ruta corsica* DC. **Delpinoa, ns**, v. 10, p. 141-153, 1957.
- HSU, B.; WENG, R.; KURITA, S. New chromosome counts of some dicots in the Sino-Japanese region and their systematics and evolutionary significance. **Acta Phytotaxonomica Sinica**, v. 32, n. 5, p. 411-418, 1993.

- HSU, C. Preliminary chromosome studies on the vascular plants of Taiwan (I). **Taiwania**, v. 13, n. 1, p. 117-129, 1967.
- HSU, C. Preliminary chromosome studies on the vascular plants of Taiwan (II). **Taiwania**, v. 14: 11-27, 1969.
- HUANG, S. F.; CHEN, Z. Y.; CHEN, S. J.; HUANG, X. X.; QI Q. Y.; SHI, X. H. Plant chromosome count (3). **Subtrop. Forest. Sci. & Technol.** v. 4, p. 50-56, 1986.
- HUANG, S. F.; CHEN, Z. Y.; CHEN, S. J.; QI, Q. Y.; SHI, X. H. Plant chromosome count (2). **Subtrop. Forest. Sci. & Technol.** v.3, p. 41-47, 1986.
- HUANG, S. F.; ZHAO Z. F.; CHEN Z. Y.; CHEN S. Z.; HUANG X. X. Preliminary report on chromosome numbers of plants Yalin Keji. **Asian Forest. Sci. Technol.**, v. 1, p. 1-15, 1985.
- HUANG, S. F.; ZHAO, Z. F.; CHEN, Z. Y.; CHEN, S. J.; HUANG, X. X. Chromosome counts on one hundred species and infraspecific taxa. **Acta Botanica Austro Sinica**, n. 5, p. 161-176, 1989.
- HUBER, W. & BALTISBERGER M. In IOPB chromosome data 1. **Int. Organ. Pl. Biosyst. Newslett.**, Zurich, v. 13, p. 21, 1989.
- HUMPHRIES, C. J; MURRAY, B. G.; BOCQUET, G.; VASUDEVAN, K. N. Chromosome numbers of phanerogams from Morocco and Algeria. **Bot. Not.**, v. 131, p. 391-404, 1978.
- IPCN 2017. Index to Plant Chromosome Numbers. Disponível em: <<http://www.tropicos.org/Project/IPCN>>. Acesso em 2017.
- IVANOVA, D & VLADIMIROV, V. Chromosome numbers of some woody species from the Bulgarian flora. **Phytologia Balcanica**, v. 13, n. 2, p. 205-207, 2007.
- IVANOVA, D.; STANIMIROVA, P.; VLADIMIROV, V. Reports (1445–1456). **Mediterranean chromosome number reports**, v. 15, p. 719-728, 2005.
- JAROLÍMOVÁ, V.. Chromosome counts of some Cuban angiosperms. **Folia Geobotanica**, v. 29, n. 1, p. 101-106, 1994.
- JHA, T. B. Somatic chromosomes of and through EMA method. **The Nucleus**, v. 57, n. 3, p. 185-188, 2014.
- JOHNSON, M. A. T. & TAYLOR, N. P. Chromosome counts in the genus *Skimmia* (Rutaceae). **Kew Bull**, v. 44, n. 3, p. 503-513, 1989.
- JONES, K.. role of robertsonian change in karyotype evolution in higher plants. In: **Chromosomes Today Proc Chromosome Conf.** 1977.

- JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. **Sistemática Vegetal: Um Enfoque Filogenético**. Artmed Editora, 2009.
- KAASTRA, R. C. In IOPB chromosome number reports LIX. **Taxon**, v. 27, p. 53-61, 1978.
- KADRY, A. Chromosome behaviour in *Cardiospermum halicacabum* L. **Svensk Botanisk Tidskrift**, v. 45, p. 414-416, 1951.
- KAYUM, M.; KOC, N. K.; ROKKA, V.M. Variation of the nuclear DNA content of species of subtribe Citrinae (Rutaceae). **HortScience**, v. 33, n. 7, p. 1247-1250, 1998.
- KEIGHERY, G. J. Chromosome numbers in Western Australian plants, II. **J. Roy Soc. W. Australia**, v. 67, p. 26-27, 1987.
- KEIGHERY, G. J. Chromosome numbers in Western Australian plants: 1. **J. Roy. Soc. West. Austral**, v. 60, n. 4, p. 105-106, 1978.
- KEIL, D. J. & PINKAVA, D. J. Reports. In **IOPB chromosome number reports LXIII**. **Taxon**, v. 28, p. 271-273, 1979.
- KHATOON, S. & ALI, S. I. Chromosome atlas of the angiosperms of Pakistan. **Karachi: University of Karachi vii, 232 p.** 1993.
- KHOSLA, P. K. & STYLES, B. T. Karyological studies and chromosomal evolution in Meliaceae. **Silvae Genetica**, v. 24, p. 2-3, 1975.
- KHOSLA, P. K. Cytosystematics of some hardwood families. **Nucleus**, v. 21, p. 211-218, 1978.
- KHOSLA, P. K.; SAREEN, T. S.; MEHRA, P. N. Cytological studies on Himalayan anacardiaceae. **Nucleus**, v. 16, n. 3, p. 205-209, 1973.
- KIEHN, M. & LORENCE, D. H. Chromosome counts on angiosperms cultivated at the National Tropical Botanical Garden, Kaua'i, Hawai'i. **Pacific Science**, v. 50, n. 3, p. 317-323, 1996.
- KIEHN, M. Chromosome Numbers of Hawaiian Angiosperms: New Records and Comments 1. **Pacific Science**, v. 59, n. 3, p. 363-377, 2005.
- KLIPHUIS, E. & WIEFFERING, J. H. Chromosome numbers of some angiosperms from the south of France. **Acta Botanica Neerlandica**, v. 21, n. 6, p. 598-604, 1972.
- KOENEN, E. J.; CLARKSON, J. J.; PENNINGTON, T. D.; CHATROU, L. W. Recently evolved diversity and convergent radiations of rainforest mahoganies (Meliaceae) shed new light on the origins of rainforest hyperdiversity. **New Phytologist**, v. 207, n. 2, p. 327-339, 2015.

- KOUL, A. K.; WAKHLU, A. K.; KARIHALOO, J. L. Chromosome numbers of some flowering plants of Jammu (Western Himalayas): 2. **Chromosome Inform. Serv**, v. 20, p. 32-33, 1976.
- KRISHNASWAMY, N. & RAMAN, V. S. A note on the chromosome numbers of some economic plants of India. **Current science**, v. 18, n. 10, p. 376-378, 1949.
- KRUG, C. A. Chromosome Numbers in the Subfamily Aurantioideae with Special Reference to the Genus Citrus. **Botanical Gazette**, v. 104, n. 4, p. 602-611, 1943.
- KUBITZKI, K. Introduction to Sapindales. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, 2010. p. 1-3.
- KUBITZKI, K.; KALLUNKI, J. A.; DURETTO, M.; WILSON, P. G. Rutaceae. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 276-356.
- KUMAR, S.; GUPTA, R. C.; KUMARI, S. In IAPT/IOPB Chromosome Data 14. **Taxon**, v. 61, n. 6, p.1336-1345, 2012.
- KUMARI, S.; SAGGOO, M. I. S.; KUMAR, S. SOCGI plant chromosome number reports-VIII. **J. Cytol. Genet**, v. 24, p. 179-183, 1989.
- KUROSAWA, S. Cytological studies on some Eastern Himalayan plants. In Hiroshi Hara (compiler), **The flora of Eastern Himalaya Tokyo**. University of Tokyo Press. 1966.
- LAS PEÑAS, M. L.; BERNARDELLO, G.; STEIBEL, P. E.; TROIANI, H. O. Cytogenetic studies in *Schinus* species (Anacardiaceae). **Arnaldoa**, v. 13, n. 2, p. 270-275, 2006.
- LEWIS, W. H.; OLIVER, R. L.; MACBRYDE, B.; ROBERTSON, K. R.; SEMPLE, J. C. Chromosome numbers of phanerogams: 4. **Ann. Missouri Bot. Gard**, v. 57, n. 3, p. 382-384, 1970.
- LI, M. X. Karyotype analysis of some oil plants. **Acta Bot. Boreal.-Occid. Sin.**, v. 7 p. 246-251, 1987.
- LING, G. Y. & KE. G. W. A brief report on an observation on the chromosome numbers of the cultivars of *Euphoria longan*. **China Fruits**, v. 2, p. 36-37, 1989.
- LINNEY, G. K. In Index of chromosome numbers of indigenous New Zealand spermatophytes. **New Zealand Journal of Botany**, v. 38, n. 1, p. 47-150, 2000.
- LIU, J.; HO, T.; CHEN, S.; LU, A. Karyomorphology of *Biebersteinia* Stephan (Geraniaceae) and its systematic and taxonomic significance. **Bot. Bull. Acad. Sin. (Taipei)**, v. 42, n. 1, p. 61-66, 2001.
- LOMBELLO, R. A. & FORNI-MARTINS, E. R. Chromosomal studies and evolution in Sapindaceae. **Caryologia**, v. 51, n. 1, p. 81-93, 1998.

- LONGLEY, A. E. Polycary, polyspory and polyploidy in *Citrus* and *Citrus* relatives. **J Wash Acad Sci**, v. 15, p. 347-351, 1925.
- LORENZO-ANDREU, A. Cromosomas de plantas de la estepa de aragon, lit. **ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE AULA DEI**, p. 195. 1951.
- LÖVE, A. & LÖVE D. Cytotaxonomy of alpine vascular plants of mount Washinton. **Univ. of Colorado Studies Ser. Biol.**, v. 24, p. 1-74, 1966
- LÖVE, A. & LÖVE. D. In IOPB chromosome number reports LXXV. *Taxon*, v. 31, p. 344-360, 1982.
- LÖVE, A. & LÖVE. D. In IOPB chromosome number reports XL. *Taxon*, v. 22, p. 285-291, 1973
- LÖVE, A. Chromosome numbers of central and northwest European plant species. **Opera Botanica (Lund)**, v. 5, p. 1-581, 1961.
- LÖVE, A.; KJELLQVIST, E. B. B. E. Cytotaxonomy of Spanish plants. IV. Dicotyledons: Cestpiniaceae-Asteraceae. *Lagascalia*, v. 4, n. 2, p. 153-212, 1974.
- LÖVE, A.; LÖVE, D. **Chromosome numbers of northern plant species**. Ingólfsprent, 1948.
- LOVKA, M.; SUSNIK, F.; LÖVE, A; LÖVE, D. In IOPB Chromosome numbers reports XXXIV, **Taxon**, v. 20, p. 785-797, 1971.
- LU, L-x.; CHEN, J-l.; CHEN, J-x. An approach to the chromosome number and meioses of pollen mother cells in litchi (*Litchi chinensis* Sonn). **Journal of Fujian Agricultural University**, v. 16, n. 3, p. 224-228, 1987.
- LUZ, L. V.; SILVA, A. C. F.; LAUGHINGHOUSE, H. D., TEDESCO, S. B.; COELHO, A. P. D. Cytogenetic characterization of *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) accessions from Rio Grande do Sul State, Brazil. **Caryologia**, v. 68, n. 2, p. 132-137, 2015.
- MA, X. H.; MA, X. Q.; LI, N. Chromosome observation of some drug plants in Xinjiang. **Acta Bot. Boreal.-Occid. Sin**, v. 10, p. 203-210, 1990.
- MA, X. H.; QIN R. L.; XING, W. B. Chromosome observations of some medical plants in Xinjiang. **Acta Phytotax. Sin.**, v. 22, p. 243-249, 1984.
- MABBERLEY, D. J. Meliaceae. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 185-211.
- MAGALLON, S.; CRANE, P. R.; HERENDEEN, P. S. Phylogenetic pattern, diversity, and diversification of eudicots. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 297-372, 1999.

- MAGLIO, C. A. F. P.; FORNI-MARTINS E. R.; CRUZ. N. D. Chromosome Number Reports LXXXIV. **Taxon**, v. 33, p. 536–539, 1984.
- MAGULAEV, A. J. The chromosome numbers of flowering plants of the northern Caucasus. **Part III—The flora of the northern Caucasus**, v. 2, p. 51-62, 1976.
- MAGULAEV, A. J. The chromosome numbers of flowering plants of the Northern Caucasus (Part II). **The Flora of The Northern Caucasus**, v. 2, p. 51-62, 1976.
- MAJOVSKY, J. & MURIN, A. Neue oder bemerkenswerte Arten in der Flora der Slowakei: 4. Diploide Populationen des Farber-Waid aus der Slowakei.(Novye i zamechatel'nye vidy flory Slovaki: 4). **Acta Fac. Rerum Nat. Univ. Comen., Bot**, v. 22, p. 21-26, 1974.
- MAJOVSKY, J. Index of chromosome numbers of Slovakian flora (Part 3). **Acta Fac. Rerum Nat. Univ. Comeniana Bot.**, v. 22, p. 1-20, 1974.
- MAJOVSKY, J. Index of chromosome numbers of Slovakian flora. **Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comeniana, Bot.**, v. 16, p. 1-26, 1970.
- MALALLAH, G.; AL-DOSARI, M.; MURIN, A. Determination of chromosome numbers in Kuwaiti flora II. **THAISZIA-KOSICE-**, v. 10, n. 2, p. 137-150, 2001.
- MALLA, S. B. In IOPB chromosome number reports LXV. **Taxon**, v. 28, p. 627-628, 1979.
- MALLA, S. B.; BHATTARAI, S.; GORKHALI, M.; SAIJU, H.; KAYASTHA, M. In IOPB chromosome number reports LXX. **Taxon**, v. 30, p. 75, 1981.
- MANGENOT, S, MANGENOT G., FOUTREL, G. DELAMENBRUGE G. Sur les nombres chromosomiques de 150 especes d'Angiospermes d'afrique tropicale, **Compt. Rend. Acad. Sci.**, Paris, v. 245, n. 5, p. 559-562, 1957.
- MANGENOT, S.; MANGENOT, G. Deuxième liste de nombres chromosomiques nouveaux chez diverses Dicotylédones et Monocotylédones d'Afrique occidentale. **Bulletin du Jardin botanique de l'Etat, Bruxelles/Bulletin van den Rijksplantentuin, Brussel**, p. 315-329, 1958.
- MANGENOT, S.; MANGENOT, G. Nombres chromosomiques nouveaux chez diverses Dicotylédones et Monocotylédones d'Afrique occidentale. **Bulletin du Jardin botanique de l'Etat, Bruxelles/Bulletin van den Rijksplantentuin, Brussel**, p. 639-654, 1957.
- MANGENOT, S.; MANGENOT, G.. Enquête sur les nombres chromosomiques dans une collection d'espèces tropicales. **Bulletin de la Société Botanique de France**, v. 109, n. sup2, p. 411-447, 1962.

- MATSUURA, H. Problems of the secondary association of chromosomes. **Botany and Zoology**, v. 7, p. 1665-1671, 1939.
- MAYROSE, I.; BARKER, M. S.; OTTO, S. P. Probabilistic models of chromosome number evolution and the inference of polyploidy. **Systematic Biology**, v. 59, n. 2, p. 132-144, 2010.
- MEHRA, P. N. & KHOSLA, P. K. Cytological Studies of Himalayan Rutaceae. **Silvae Genetica**, v. 22, p. 5-6, 1973.
- MEHRA, P. N. & KHOSLA, P.K. In IOPB chromosome number reports XX. **Taxon**, v. 18, p. 213-221, 1969.
- MEHRA, P. N. & SAREEN, T.S. In IOPB chromosome number reports XXII. **Taxon**, v. 18, p. 433-442, 1969.
- MEHRA, P. N. Cytogenetical evolution of hardwoods. **Nucleus**, v. 15, n. 1, p. 64-83, 1972.
- MEHRA, P. N. Cytology of Himalayan hardwoods. **Cytology of Himalayan hardwoods**, 1976.
- MEHRA, P. N.; KHOSLA, P. K.; SAREEN, T. S. Cytogenetical studies of Himalayan Aceraceae, Hippocastanaceae, Sapindaceae and Staphyleaceae. **Silvae Genet**, v. 21, n. 3-4, p. 96-102, 1972.
- MEHRA, P. N.; SAREEN, T. S.; KHOSLA, P. K. Cytological studies on Himalayan Meliaceae. **J. Arnold Arbor**, v. 53, n. 4, p. 558-568, 1972.
- MESÍČEK, J. & JAROLIMOVA, V. List of chromosome numbers of the Czech vascular plants. **Prague: Academia** v. 1, 144p. 1992.
- MESÍČEK, J. & SOJAK, J. Chromosome studies in Mongolian plants. (Chromosomove pocty mongolskych rostlin). **Preslia**, v. 44, n. 4, p. 334-358, 1972.
- MEURMAN, O. Chromosome morphology, somatic doubling and secondary association in *Acer platanoides* L. **Hereditas**, v. 18, n. 1- 2, p. 145-172, 1933.
- MIÈGE, J. Nombres chromosomiques de plantes d'Afrique occidentales. **Revue de Cytologie et de Biologie Végétales**, v. 21, p. 373, 1960.
- MIÈGE, J. Nombres chromosomiques et répartition géographique de quelques plantes tropicales et équatoriales. **Revue de Cytologie et de Biologie Végétales**, v. 15, n. 4, p. 312-348, 1954.
- MIÈGE, J. Troisième liste de nombres chromosomiques d'espèces d'Afrique Occidentale. **Ann. Fac. Sci. Univ. Dakar**, v. 5, p. 75-86, 1960.

- MINFRAY, E. Contribution à l'étude caryo-taxinomique des Méliacées. **Bulletin de la Société Botanique de France**, v. 110, n. 5-6, p. 180-192, 1963b.
- MINFRAY, E. Le noyau et les chromosomes somatiques de deux Méliacées. **Bull. Mus. Hist. Nat. Paris**, v. 35, n. 5, p. 527-531, 1963a.
- MONTGOMERY, L.; KHALAF, M.; BAILEY, J. P.; GORNALL, R. J. Contributions to a cytological catalogue of the British and Irish flora: 5. **Watsonia**, v. 21, n. 4, p. 365-368, 1997.
- MOORE, R. J. Index to Plant Chromosome Numbers 1967–1971. **Regnum Veg.**, v. 90, p. 1–539, 1973
- MOORE, R. J. Index to Plant Chromosome Numbers for 1972. **Regnum Veg.**, v. 91, p. 1–108, 1974.
- MOORE, R. J. Index to Plant Chromosome Numbers for 1973-1974. **Regnum Veg.**, v. 96, p. 1–257, 1977.
- MORAN, R. & FELGER, R. *Castela polyandra*, a new species in a new section; union of *Holacantha* with *Castela* (Simaroubaceae). **Trans. San Diego Soc. Nat. Hist.** v. 15, n. 4, p. 31-40, 1968.
- MORAWETZ, W. Remarks on karyological differentiation patterns in tropical woody plants. **Pl. Syst. & Evol.**, v.152, p.49-100, 1986.
- MOU, F- j. & ZHANG, D- x. Chromosome studies in the tribe Clauseneae and the cytological homogeneity in the orange subfamily (Aurantioideae, Rutaceae). **Journal Of Systematics And Evolution**, v. 50, n. 5, p. 460-466, 2012.
- MUELLNER-RIEHL, A. N.; WEEKS, A.; CLAYTON, J. W.; BUERKI, S.; NAUHEIMER, L.; CHIANG, Y-C; CODY, S.; PELL, S. K. Molecular phylogenetics and molecular clock dating of Sapindales based on plastid *rbcL*, *atpB* and *trnL-trnF* DNA sequences. **Taxon**, v. 65, n. 5, p. 1019-1036, 2016.
- MUELLNER, A. N. Biebersteiniaceae. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, p. 72-75, 2011a.
- MUELLNER, A. N. Kirkiaceae. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, p. 72-75, 2011b.
- MUELLNER, A. N.; VASSILIADES, D. D.; RENNER, S. S. Placing Biebersteiniaceae, a herbaceous clade of Sapindales, in a temporal and geographic context. **Plant Systematics and Evolution**, v. 266, n. 3-4, p. 233-252, 2007.
- MUKHERJEE, S. K. Mango, its allopolyploid nature. **Nature**, London, v. 166, p. 196-197, 1950.

- MUKHERJEE, S. K. The origin of Mango. **Indian Jour. Genetics and Plant Breeding**, 11, 1:49-56, 1951
- MULLIGAN, G. A. & JUNKINS, B. E. The biology of canadian weeds: 23. *Rhus radicans* L. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 57, n. 2, p. 515-523, 1977.
- MULLIGAN, G. A. Chromosome numbers of some plants native and naturalized in Canada. **Naturaliste Canad**, v. 111, n. 4, p. 447-449, 1984.
- MURATOVA, E. N.; PIMENOV, A. V.; SEDELNIKOVA, T. S.; NELYUBINA, M. I. Chisla khromosom nekotorykh prevesnykh rastenii. (Chromosome numbers of some woody plants.) **Bot. Zhurn**, v. 83, n. 2, p. 148-149, 1998.
- MURIN A. & MAJOVSKY J. In IOPB chromosome number reports LXI. **Taxon**, v. 27, p. 375-392, 1978.
- MURIN A. & MAJOVSKY J. Karyological study of Slovakian flora I. **Acta Fac. Rerum Nat. Univ. Comeniae, Bot.**, v. 27, p. 127-133, 1979.
- MURRAY, B. G. & LANGE, P. J. Contributions to a chromosome atlas of the New Zealand flora - 35. Miscellaneous families. **New Zealand J. Bot.**, v. 37, p. 511-521, 1999.
- NAKAJIMA G. Cytological studies in some flowering dioecious plants, with special reference to the sex chromosomes - **Cytologia**, v. 12, n. 2-3 p. 262-270, 1942.
- NAKAJIMA, G. Cytological studies in some dioecious plants. **Cytologia**, n. 1, p. 282-292, 1937.
- NANDA, P. C. Chromosome number of some trees and shrubs. **Journal of the Indian Botanical Society**, v. 41, p. 271-77, 1962.
- NATARAJAN, G. **Contribution à l'étude caryosystematique des especes de la garrigue languedocienne**. Tese de Doutorado, Academie de Montpellier, France, 1977.
- NATARAJAN, G. In IOPB chromosome number reports LXII. **Taxon**, v. 27, p. 519-535, 1978.
- NAVARRO, F. B.; SUAREZ-SANTIAGO, V. N.; BLANCA, G. A new species of *Haplophyllum* A. Juss. (Rutaceae) from the Iberian Peninsula: evidence from morphological, karyological and molecular analyses. **Annals of botany**, v. 94, n. 4, p. 571-582, 2004.
- NEGODI G. Cariologia delle Rutaceae e delle Zygophyllaceae. **Scientia Genetica**, v. 1, p. 168-185, 1939.
- NEGODI, G. Lineamenti sulla cariologia delle Rutaceae e delle Zygophyllaceae. **Arch. Bot.(Forli)**, v. 13, p. 92-102, 1937.

- NEVLING, L. I. Ecology of an elfin forest in Puerto Rico. 3. Chromosome numbers of some flowering plants. **J. Arnold Arb.**, v. 50, p. 99-103, 1969
- NILSSON, Q. & LASSEN, P. Chromosome Numbers of Vascular Plants from Austria, Mallorca and Yugoslavia. **Botaniska Notiser**, v. 124, p. 270-276, 1971.
- NISHIKAWA, T. Chromosome counts of flowering plants of Hokkaido (9). **J. Hokkaido Univ. Educ., Sect. 2B**, v. 36, p. 25–40, 1985.
- NOGUEIRA, C. Z.; RUAS, P. M.; RUAS, C. F.; FERRUCCI, M. S. Karyotypic study of some species of *Serjania* and *Urvillea* (Sapindaceae: tribe Paullinieae). **Amer. J. Bot.**, v. 82, n. 5, p. 646-654, 1995.
- OGINUMA, K.; DAMAS, K.; SITAPAI, A.; TOBE, H. A cytology of some plants from Papua New Guinea: additional notes. **Acta phytotaxonomica et geobotanica**, v. 50, n. 1, p. 43-50, 1999.
- OGINUMA, K.; GU, Z.; YUE, Z.; KONDO, K. Chromosomes of some woody plants native to Yunnan, China. **Kromosomo**, v. 73, p. 2491–2497, 1994.
- OGINUMA, K.; KATO, A.; TOBE, H.; MATHENGE, S. G.; JUMA, F. D. Chromosomes of some woody plants in Kenya. **Acta Phytotax. Geobot**, v. 44, n. 1, p. 53-58, 1993.
- OGINUMA, K.; KIAPTRANIS, R.; DAMAS, K.; TOBE, H. A cytological study of some plants from Papua New Guinea. **Acta phytotaxonomica et geobotanica**, v. 49, n. 2, p. 105-114, 1998.
- OGINUMA, K.; KUROKI, Y.; LI, H.; KONDO, K. Karyomorphology of the dioecious plant *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq. (Sapindaceae). **Chromosome science**, v. 1, n. 2, p. 117-119, 1997.
- OGINUMA, K.; TOBE, H.; OHBA, H. Chromosomes of some woody plants from Nepal. **Acta Phytotax. Geobot**, v. 45, n. 1, p. 15-22, 1994.
- OHRI, D. Genome size variation in some tropical hardwoods. **Biologia Plantarum**, v. 45, n. 3, p. 455-457, 2002.
- OHRI, D.; BHARGAVA, A.; CHATTERJEE, A. Nuclear DNA amounts in 112 species of tropical hardwoods-New estimates. **Plant biology**, v. 6, n. 05, p. 555-561, 2004.
- OLSZEWSKA, M.J.; OSIECKA R. Relationship between 2C DNA content, systematic position & level of DNA endoreplication during differentiation of root parenchyma in dicot shrubs & trees-comparison with herbaceous sp. **Biochem Physiol Pflanzen**, v. 179 p. 641-657, 1984.
- ONO, M. & MASUDA Y. Chromosome numbers of some endemic species of the Bonin Islands II. **Ogasawara Res.**, v. 4, p. 1-24, 1981.

- ONO, M. Chromosome numbers of some endemic species of the Bonin Islands I. **Bot. Mag**, Tokyo, v. 88, p. 323-328, 1975.
- ONO, M. Cytotaxonomical studies on the flowering plants endemic to the Bonin Islands. **Mem. Nat. Sci. Mus.**, v. 10, p. 63-80, 1977.
- ORNDUFF R.; LLOYD, R. In Documented chromosome numbers of plants. **Madroño**, v. 18, n. 4, p. 122-126, 1965
- ORNDUFF, Robert. Index to plant chromosome numbers for 1965. International Bureau For Plant Taxonomy And Nomenclature; London, 1967.
- PAETOW, W. Embryologische Untersuchungen an Taccaceen, Meliaceen und Dilleniaceen. **Planta**, v. 14, n. 2, p. 441-470, 1931.
- PAGLIARINI, M. S. & PEREIRA, M. A. S. Meiotic Studies in *Pilocarpus pennatifolius* Lem. (Rutaceae). **Cytologia**, v. 57, n. 2, p. 231-235, 1992.
- PAIVA, J. & LEITAO, M. T. Números cromosomáticos de plantas de África tropical. **Fontqueria**, v. 14, p. 37-44, 1987.
- PAIVA, J. & LEITÃO, M. T. Números cromossômicos para alguns taxa da África Tropical: 2 Bol. **Soc. Brot**, v. 62, p. 117-130, 1989.
- PANCHO, J.V. In IOPB chromosome numbers reports XXXIV. **Taxon**, v. 20, p. 785-797, 1971.
- PARFITT, B. D.; BAKER, M. A.; GALLAGHER, M. L. In Chromosome number reports LXXXVI. **Taxon**, v. 34, p. 159-164. 1985
- PARFITT, B. D.; PINKAVA, D. J.; RICKEL, D.; FILLIPI, D.; EGGERS, B.; KEIL, D. J. Documented chromosome numbers 1990: 1. Miscellaneous North American vascular plants. **SIDA, Contributions to Botany**, v. 14, n. 2, p. 305-308, 1990.
- PATHAK, G. N. & SINGH, B. Chromosome numbers in some angiospermous plants. **Current science**, v. 18, n. 9, p. 347-347, 1949.
- PEDROSA, A.; GITAÍ, J.; SILVA, A. E. B.; FELIX, L. P.; GUERRA, M. Cytogenetics of Angiosperms collected in the State of Pernambuco: V. **Acta Botanica Brasilica**, v. 13, n. 1, p. 49-60, 1999.
- PELL, S. K. et al. Anacardiaceae. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 7-50.

- PELLICER, J.; KELLY, L. J.; MAGDALENA, C.; LEITCH, I. J. Insights into the dynamics of genome size and chromosome evolution in the early diverging angiosperm lineage Nymphaeales (water lilies). **Genome**, v. 56, n. 8, p. 437-449, 2013.
- PETROVA, A.; ZIELIŃSKI, J.; NATCHEVA, R. Reports (1584-1603). Mediterranean Chromosome Number Reports 16. **Flora Mediterranea** v. 16, p. 385-455, 2006.
- PHITOS, D.; KAMARI, G.; ARHANASIOU, K. Chromosome numbers in some species of greek flora. **Bot. Chron.**, Patras, v. 9, p. 41-47, 1989.
- PIEROZZI, N. I. & ROSSETTO, C. J. Chromosome characterization of two varieties of *Mangifera indica* L. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 546-551, 2011.
- PLANTE, S. In IOPB chromosome data 10. **Int Organ Pl Biosyst Newslett**, Zurich, v. 25, p. 9-10, 1995.
- PLANTE, S.; GERVAIS, C.; DIGNARD, N.; ROY, G. Examen chromosomique d'individus sains ou deperissants d'Acer saccharum. **Bull. Soc. Neuchatel. Sci. Nat**, v. 116, n. 2, p. 47-53, 1993.
- PLUMMER, J. A.; SHAN, F.; GALWEY, N.; YAN, G. New methods for comparison of chromosomes within and between species. **Caryologia**, v. 56, n. 2, p. 227-231, 2003.
- POGAN, E.; JANKUN, A.; MALEKA, J.; WCISLO, H. Further studies in chromosome numbers of Polish angiosperms. Part XIX. **Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica**, v. 28, p. 65-85, 1986.
- POGAN, E.; JANKUN, A.; WCISLOW. H. Further studies in chromosome numbers of Polish angiosperms. Part XXI. **Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica** 30: 119–136. 1989.
- POGGIO, L.; ESPERT, S. M.; FORTUNATO, R. H. Citogenética evolutiva en leguminosas americanas. **Rodriguésia**, p. 423-433, 2008.
- PROBATOVA, N. S. & SOKOLOVSKAIA, A. P. Chromosome numbers of vascular plants from the Far East of the USSR. **Botanicheskii zhurnal**, SSSR, v. 71, p. 1572–1575, 1986.
- PROBATOVA, N. S.; RUDYKA, E. G.; BARKALOV, V. Y.; NESTEROVA, I. A.; KUDRIN, S. G.; CHUBAR, E. A. Chromosome numbers of vascular plants from nature reserves of the Primorsky Territory and the Amur River basin. **Bot. Zhurn**, v. 91, n. 7, p. 1117-1134, 2006.
- PROBATOVA, N. S.; RUDYKA, E. G.; SOKOLOVSKAYA, A. P. Chromosome numbers in vascular plants from the Islands of Peter the Great Bay and Muravyov-Amursky Peninsula (Primorsky Territory). **BOTANICHESKII ZHURNAL-MOSKVA THEN SANKT-PETERBURG-**, v. 83, p. 125-130, 1998.

- RAGHAVAN, R. S. Chromosome numbers in Indian medicinal plants. **Proceedings: Plant Sciences-Section B**, v. 45, n. 6, p. 294-298, 1957.
- RAGHAVAN, R. S.; ARORA, C. M. Chromosome numbers in Indian medicinal plants—II. **Proceedings: Plant Sciences-Section B**, v. 47, n. 6, p. 352-358, 1958.
- RAI, R. Cytological studies in cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Proc. Indian Sci. Congr. Assoc. (III, C)** v. 66, p. 84, 1979.
- RAMIREZ, D. A. Cytology of Philippine Plants: VI *Sandoricum koetiape* (Burm. f.) Merr. **Philippine Agriculturist**, v. 45, n. 5, p. 275-278, 1961.
- RAMIREZ, D. A. Cytology of Philippine plants. VII. *Nephelium lappaceum* Linn. **Philippines Agriculture**, v. 45, p. 340-342, 1961.
- RAO, M. O.; YUAN-HUA, L. U. O.; SHI-MIN, Z. H. O. U.; JIN-PING, L. I. U. Polyembryony in mango (*Mangifera indica* L.) and genetic analysis. **Journal of Tropical and Subtropical Botany**, v. 13, n. 6, p. 475-479, 2005.
- RATTENBURY, J. A. Chromosome numbers in New Zealand angiosperms. In: **Transactions of the Royal Society of New Zealand**. p. 936-38, 1957.
- RAVEN, P. H. The bases of angiosperm phylogeny: cytology. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 724-764, 1975.
- RAVEN, P. H.; HILL, A. J.; KYHOS, D. W. Chromosome numbers of spermatophytes, mostly Californian. **Aliso**, v. 6, p. 105-113, 1965.
- REESE, G. Cyto-systematische Notizen zur Gattung *Nitraria* (Zygophyllaceae). **Flora**, v. 146, n. 3, p. 478-487, 1958.
- REESE, G. Über die Polyploidiespektren in der nordsaharischen Wüstenpflanzen. **Flora**, v. 144, n. 4, p. 598-634, 1957.
- REESE, G. Zur Chromosomenzahl der australischen *Nitraria Schoberi* L. **Portug. Acta Biol. A**, v. 6, p. 295-7, 1962.
- REVELL In DARLINGTON C. D. & WYLIE A. P. **Chromosome atlas of flowering plants**, 1955.
- RIBEIRO, T.; BUDDENHAGEN, C. E.; THOMAS, W. W.; SOUZA, G.; PEDROSA-HARAND, A. Are holocentrics doomed to change? Limited chromosome number variation in *Rhynchospora* Vahl (Cyperaceae). **Protoplasma**, p. 1-10, 2017.
- 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**, v. 206, n. 1, p. 19-26, 2015.
- RILEY, H. P. & HOFF, V. J. Chromosome studies in some South African dicotyledons. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, v. 3, n. 3, p. 260-271, 1961.
- RUDYKA, E. G. Chromosome numbers in vascular plants from the southern part of the Russian far east. **Bot. Zhurn**, v. 80, n. 2, p. 87-90, 1995.
- RUDYKA, E. G. Chromosome numbers of vascular plants from the various regions of the USSR. **Bot Zhurn**, v. 75, p. 1783-1786, 1990.
- SANDHU, P. S. & MANN, S. K. SOCGI plant chromosome number reports—VII. **J. Cytol. Genet**, v. 23, p. 219-228, 1988.
- SANJAPPA, M. In IOPB chromosome number reports LXIII. **Taxon**, v. 28, p. 274–275, 1979.
- SANTAMOUR J. R., FRANK S. New chromosome counts in Acer (maple) species, sections Acer and Goniocarpa. **Rhodora**, v. 90, p. 127-131, 1988.
- SANTAMOUR, F. S. Chromosome number in striped and mountain maples. **Rhodora**, v. 64, p. 281-282, 1962.
- SANTAMOUR, F. S. Cytological notes II. Phellodendron. **Morris Arbor Bull**, v. 17, p. 13, 1966.
- SANTAMOUR, F.S. In IOPB Chromosome Report XXXII. **Taxon**, v. 20, p. 349-356, 1971
- SAREEN, T. S. & SINGH B. In IOPB Chromosome Number Reports XLIX. **Taxon**, v. 24, n. 4, p. 501-516, 1975
- SAREEN, T.S. & KUMARI, S. In IOPB chromosome number reports XLII. **Taxon**, v. 22, p. 647-654, 1973.
- SARKAR A.K.; DATTA N.; RAYCHOWDHURY M.; DAS S. In IOPB chromosome reports L.. **Taxon**, v. 24, p. 671-678, 1975.
- SARKAR, A. K. An interesting observation on the karyotype studies of the parasite, *Macrosolen cochinchinensis*, growing on different hosts. In: **Proceedings of the Indian Science Congress Association**. 1992.
- SARKAR, A. K.; DATTA, N.; CHATTERJEE, U. In Chromosome number reports LXVII. **Taxon**, v. 29, p. 360–361, 1980.
- SARKAR, A. K.; DATTA, N.; CHATTERJEE, U.; DATTA, R. In IOPB chromosome number reports XLII. **Taxon**, v. 22, p. 647-654, 1973.

- SARKAR, A. K.; DATTA, N.; CHATTERJEE, U.; HAZRA, D. In: IOPB chromosome number reports LXXVI. **Taxon**, v. 31, 576–579, 1982
- SARKAR, A. K.; DATTA, N.; MALLICK, R.; CHATTERJEE, U. In IOPB chromosome reports L. **Taxon**, v. 24, p. 671-678, 1976
- SARKAR, A. K.; DATTA, N.; RAYCHOWDHURY, M.; DAS, S. In IOPB chromosome numbers reports LVII. **Taxon**, v. 26, p. 443-452, 1975.
- SARKAR, A. K.; DATTA, R.; RAYCHOWDHURY, M. In IOPB chromosome number reports XLVI. **Taxon**, v. 23, p. 801-812, 1974.
- SARKAR, A. K.; MALLICK, R.; CHATTERJEE, U. Technique for chromosome analysis in some monocotyledons. In **NUCLEUS. CYTOGENETICS LABORATORY DEPT OF BOTANY, CALCUTTA 19, INDIA: UNIV CALCUTTA**, p. 239-239, 1977.
- SARKAR, A. K.; MALLICK, R.; DUTTA, N.; CHATTERJEE, U. In IOPB chromosome numbers reports LVII. **Taxon**, v. 26, p. 443-452, 1975
- SAVOLAINEN, V. *et al.* Phylogeny of the eudicots: a nearly complete familial analysis based on rbcL gene sequences. **Kew Bulletin**, p. 257-309, 2000b.
- SAVOLAINEN, V. *et al.*, Phylogenetics of flowering plants based on combined analysis of plastid atpB and rbcL gene sequences. **Systematic biology**, v. 49, n. 2, p. 306-362, 2000a.
- SCARAMUZZI, F. Il ciclo riproduttivo di *Pistacia lentiscus* L. **Plant Biosystem**, v. 64, n. 1-2, p. 198-213, 1957.
- SCHNACK, B. & COVAS, G. Estudios cariologicos en antofitas. **Haumania**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 1947.
- SCHUBERT, I.; RIEGER, R. A new mechanism for altering chromosome number during karyotype evolution. **TAG Theoretical and Applied Genetics**, v. 70, n. 2, p. 213-221, 1985.
- SEMERENKO, L. V. Chromosome numbers of some flowering plants from the Berezinsky Biosphere Reservation (the Byelorussian Soviet Socialist Republic). **Bot. Zurn**, v. 75, n. 2, p. 279-282, 1990.
- SEMPLE, J. C. In Chromosome counts of phanerogams. 3. **Ann. Missouri Bot. Gard.**, v. 61, p. 902-903, 1974.
- SHA, W.; WANG, L. H.; YANG, X. J.; QI, X. L.; MA, G. H.; ZHAO, D. Y. Chromosome numbers of 20 species from northeast China. **Journal of Wuhan Botanical Research**, v. 32, p. 180-182, 1995.

- SHAN, F.; YAN, G.; PLUMMER, J. A. Basic chromosome number in *Boronia* (Rutaceae)—Competing hypotheses examined. **Australian journal of botany**, v. 54, n. 7, p. 681-689, 2006.
- SHAN, F.; YAN, G.; PLUMMER, J. A. Karyotype evolution in the genus *Boronia* (Rutaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 142, n. 3, p. 309-320, 2003a.
- SHAN, F.; YAN, G.; PLUMMER, J. A. Meiotic chromosome behaviour and *Boronia* (Rutaceae) genome reorganisation. **Australian journal of botany**, v. 51, n. 5, p. 599-607, 2003b.
- SHANG, Z. *et al.* 1990 (The chromosome observation on 4 species in the genus *Rhus*.) **J. Wuhan Bot. Res**, v. 8, n. 1, p. 13-17, 1990.
- SHANG, Z. Y. & ZHANG, J. Z. The observation on chromosome of *rhus verniciflua* stokes and the discovery of triploid lacquer tree. **Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica**, v. 5, n. 3, p. 187-191, 1985.
- SHANG, Z. Y., ZHANG, J. Z.; LI R. J.; LIU, Q. H. Observation on the chromosomes of *Rhus verniciflua* -- 5. The possible way of origin of triploid lacquertree. **J. Chin. Lacquer**, v. 7, p. 1-4, 1988.
- SHARMA, D. K. & CHOUDHURY, S. S. Occurrence of an unknown wild race of *Mangifera* in Tripura. **Curr. Sci**, v. 45, n. 8, p. 305-306, 1976.
- SHEAHAN, M. C. Nitrariaceae. In: **Flowering Plants. Eudicots**. Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 272-275.
- SHEAHAN, M. C.; CHASE, M. W. A phylogenetic analysis of Zygophyllaceae R. Br. based on morphological, anatomical and *rbc L* DNA sequence data. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 122, n. 4, p. 279-300, 1996.
- SHEN, S. D. & HUANG, R. F. Cytological and morpho-anatomical studies in *Biebersteinia heterostemon* Maxim. **Acta Biol. Plateau Sin.**, v. 13, p. 5-8, 1997.
- SHETTY, B. V. Chromosome numbers in some South Indian plants. **JOURNAL OF SCIENTIFIC & INDUSTRIAL RESEARCH**, v. 100, n. 1, p. 28, 1961.
- SIDHU, S. S. Further studies on the cytology of mangrove species of India. **Caryologia**, v. 21, n. 4, p. 353-357, 1968.
- SILJAK-YAKOVLEV, S.; PUSTAHIJA, F.; ŠOLIC, E. M.; BOGUNIC, F.; MURATOVIC, E.; BASIC, N.; CATRICE, O.; BROWN, S.C. Towards a genome size and chromosome number database of Balkan flora: C-values in 343 taxa with novel values for 242. **Advanced Science Letters**, v. 3, p. 190-213, 2010.
- SIMMONDS, N. W. Chromosome behaviour in some tropical plants. **Heredity**, v. 8, p. 139-146, 1954.

- SIMONET, M. & MIEDZYRZECKI, Ch. Etude caryologique de quelques espèces arborescentes ou sarmenteuses d'ornement. **Comptes-rendus hebdomadaires des séances et mémoires de la société de biologie (Paris) III**, v. 40, p. 969-973, 1932.
- SINGH, B. Chromosome numbers in some flowering plants. **Curr. Sci**, v. 20, p. 105, 1951.
- SINGHAL, V. K. & GILL, B. S. Chromosomal studies in some members of Anacardiaceae. **Journal of Cytology and Genetics**, v. 25, p. 36-42, 1990.
- SINGHAL, V. K. & GILL, B. S. Cytology of *Buchanania lanzan* Spreng. **Journal of tree sciences**, v. 3, p. 126–127, 1984.
- SINGHAL, V. K.; GILL, B. S.; BIR, S. S. Cytology of some species of Flacourtiaceae. **J. Cytol. Genet**, v. 18, p. 20-25, 1983a.
- SINGHAL, V. K.; GILL, B. S.; BIR, S. S. Cytology of some members of Rutaceae. **Proceedings: Plant Sciences**, v. 92, n. 5, p. 381-385, 1983b.
- SINGHAL, V. K.; GILL, B. S.; BIR, S. S. In Chromosome number reports LXVII. **Taxon**, v. 29, p.355–357, 1980.
- SINGHAL, V. K.; GILL, B. S.; BIR, S. S. SOCGI plant chromosome number reports II. **J. Cytol. Genet**, v. 19, p. 115-117, 1984.
- SINOTO, Y. Chromosome studies in some dioecious plants, with special reference to the allosomes. **Cytologia**, v. 1, n. 2, p. 109-191, 1929.
- SKALINSKA, M. Further studies in chromosome numbers of Polish angiosperms. Part XI. **Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica** 19: 107–148. 1976
- SKORUPA, L. A. New chromosome numbers in *Pilocarpus* Vahl (Rutaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 14, n. 1, p. 11-24, 2000.
- SKOVSTED, A. Cytological investigations of the genus *Aesculus* L. with some observations on *Aesculus carnea* Willd. A tetraploid species arisen by hybridization - **Hereditas**, v. 12, n. 1-2, p. 64-70, 1929.
- SMITH-WHITE, S. Chromosome numbers in the Boronieae (Rutaceae) and their bearing on the evolutionary development of the tribe in the Australian flora. **Australian journal of Botany**, v. 2, n. 3, p. 287-303, 1954.
- SOBTI, S. N. & SINGH, S. D. A chromosome survey of Indian medicinal plants—part I. In: **Proceedings of the Indian Academy of Sciences-Section B**. Springer India, 1961. p. 138-144.

- SOLÍS NEFFA, V. G. & FERRUCCI, M. S. Cariotipos de Sapindaceae sudamericanas. **Bol. Soc. Argent. Bot.**, v. 33, n. 3-4, p. 185-190, 1998.
- SOLÍS NEFFA, V. G. & FERRUCCI, M. S. Karyotype analysis of some Paullinieae species (Sapindaceae). *Caryologia*, v. 54, p. 371–376, 2001.
- SOLÍS NEFFA, V. G.; FERRUCCI, M. S. Cariotipos de especies sudamericanas de *Serjania* (Sapindaceae, Paullinieae). **Bonplandia**, Corrientes, v. 9, n. 3–4, p. 265–276, 1997.
- SOLTIS, D. E. *et al.* Angiosperm phylogeny inferred from 18S rDNA, rbcL, and atpB sequences. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 133, n. 4, p. 381-461, 2000.
- SOLTIS, D. E.; SOLTIS, P. S.; ENDRESS, P. K.; CHASE, M. W. **Phylogeny and evolution of angiosperms**. Sinauer Associates Incorporated, 2005.
- SOLTIS, D. E.; SOLTIS, P. S.; MORT, M. E.; CHASE, M. W.; SAVOLAINEN, V.; HOOT, S. B.; MORTON, C. M. Inferring complex phylogenies using parsimony: an empirical approach using three large DNA data sets for angiosperms. **Systematic Biology**, v. 47, n. 1, p. 32-42, 1998.
- SORSA, V. Chromosomenzahlen finnischer Kormophyten. I. - **Ann. Acad. Sci. Fennica, Ser. A. IV**, v. 58, p. 1-14, 1963.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das plantas nativas e exóticas do Brasil, baseado em APG III**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, p. 1-768, 2012.
- SRIVASTAVA, G. N. & SRINATH, K. V. Floral morphology and chromosomes in *Bursera delpechiana* Poiss. - **Current Sci.**, v. 34, p. 514-515, 1965.
- STACE, C. A. Cytology and cytogenetics as a fundamental taxonomic resource for the 20th and 21st centuries. **Taxon**, p. 451-477, 2000.
- STACE, C. A. **Plant taxonomy and biosystematics**. Cambridge University Press, 1991.
- STACE, H. M. & ARMSTRONG, J. A. New chromosome numbers for Rutaceae. **Australian Systematic Botany**, v. 5, n. 4, p. 501-505, 1992.
- STACE, H. M. & LEACH, G. J. Cytological notes in Rutaceae: 2. *Neobyrsnia suberosa*. **Telopea**, v. 6, n. 1, p. 167-168, 1994.
- STACE, H. M. & PATRICK, S. J. Cytological notes in Rutaceae: 1. *Boronia tenuis*. **Nuytsia**, v. 9, n. 1, p. 131-133, 1993.

- STARODUBTSEV, V. N. Chromosome numbers in species of the families Aceraceae, Brassicaceae, Cyperaceae, Euphorbiaceae, Papaveraceae and Ranunculaceae from the Soviet far east. **Bot. Zurn**, v. 74, p. 1674-1675, 1989.
- STARODUBTSEV, V. N. Chromosome numbers in the species of the flora of Primorye Region. **Bot. Zhurn. SSSR**, v. 69, p. 1565-1566, 1985.
- STEBBINS, G. L. Chromosomal evolution in higher plants. **Chromosomal evolution in higher plants.**, 1971.
- STEPANOV, N. V. Chromosome numbers of some higher plant taxa of the flora of Krasnoyarsk region. **Bot. Zhurn**, v. 79, n. 2, p. 135-139, 1994. (In Russian)
- STOEVA, M. P. Chromosome numbers of Bulgarian angiosperms. **Fitologiya**, Bulgaria, v. 33, p. 65-66, 1987.
- STONE, D. E. Documented plant chromosome numbers 1969: 2. **SIDA, Contributions to Botany**, v. 3, n. 5, p. 352-355, 1969.
- STRAKA, H.; ALBERS, F.; MONDON, A. Die Stellung und Gliederung der Familie Cneoraceae (Rutales). (Position and subdivision of the family of Cneoraceae (Rutales)). **Beitr. Biol. Pfl**, v. 52, n. 1-3, p. 267-310, 1976.
- STRID, A. & ANDERSSON, I. A. Chromosome numbers of Greek mountain plants: an annotated list of 115 species. **Bot. Jahrb**, v. 107, n. 1-4, p. 203-228, 1985.
- STRID, A. & FRANZEN Franzen. In Chromosome number reports LXXIII. *Taxon* 30: 829–842. 1981
- STRID, A. Revision of the genus *Adenandra* (Rutaceae). **Opera Bot.**, n. 32, p. 1-112, 1972.
- STYLES, B. T. & BENNETT, S. T. Notes on the morphology, chemistry, ecology, conservation status and cytology of *Schmardaea microphylla* (Meliaceae). **Botanical journal of the Linnean Society**, v. 108, n. 4, p. 359-373, 1992.
- STYLES, B. T. & KHOSLA, P. L. In PENNINGTON T.D. STYLES. B.T. A generic monograph of the Meliaceae **Blumea**, v. 22, p. 419-540, 1975.
- STYLES, B. T. & VOSA, C. G. Chromosome numbers in the meliaceae. **TAXON**, v. 20, n. 4, p. 485-499, 1971.
- SUDA, J.; KYNCL, T.; JAROLÍMOVÁ, V. Genome size variation in Macaronesian angiosperms: forty percent of the Canarian endemic flora completed. **Plant Systematics and Evolution**, v. 252, n. 3-4, p. 215-238, 2005.

- SUGIURA, T. A list of chromosome numbers in angiospermous plants. **Bot. Mag. (Tokyo)**, v. 45, n. 535, p. 353-355, 1931.
- SUGIURA, T. A list of chromosome numbers in angiospermous plants. II. **Proceedings of the Imperial Academy**, v. 12, n. 5, p. 144-146, 1936a.
- SUGIURA, T. Studies on the chromosome numbers in higher plants, with special reference to cytokinesis, I. **Cytologia**, v. 7, n. 4, p. 544-595, 1936b.
- SUN, B. Y.; PARK, J. H.; KWAK, M. J.; KIM, C. H.; KIM, K. S. Chromosome counts from the flora of Korea with emphasis on Apiaceae. **J. Pl. Biol.**, v. 39, n. 1, p. 15-22, 1996.
- TAKIZAWA, S. Chromosome studies in the genus *Acer* L. (A preliminary note) - **Japanese Jour. Genetics**, v. 16, n. 1, p. 18-22, 1940
- TAKIZAWA, S. Chromosome studies in the genus *Acer* L. The chromosome constitution of the genus *Acer*. **Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University. Series 5, Botany**, v. 6, n. 2, p. 249-272, 1952a.
- TAKIZAWA, S. Multivalent chromosome association and aneuploidy in forage grasses. **Kromosomo**, v. 12-13, p. 446-453, 1952b.
- TAN, K.; PERDETZOGLU, D. K.; ROUSSIS, V. *Biebersteinia orphanidis* (Geraniaceae) from southern Greece. **Ann. Bot. Fenn.**, v. 34, n. 1, p. 41-45, 1997.
- TARNAVSCHI, I. T. **Die chromosomenzahlen der Anthophyten-Flora von Rumänien mit einem Ausblick auf das Polyploidie-Problem**. Tip. "Cartea Românească", 1948.
- TAYLOR, W. R. A morphological and cytological study of reproduction in the genus *Acer*. **Contrib. bot. Lab. Univ. Penn.**, v. 5, p. 111-38, 1920.
- THE PLANT LIST. Disponível em: <<http://www.theplantlist.org/>>. Acesso em: Agosto de 2017.
- THULIN, M. & WARFA, A. M. The frankincense trees (*Boswellia* spp., Burseraceae) of northern Somalia and southern Arabia. **Kew bulletin**, v. 42, n. 3, p. 487-500, 1987.
- TILKAT, E. A.; NAMLI, S.; ISIKALAN, Ç. Determination and assesment of the sex chromosomes of male trees of pistachio (*Pistacia vera* L.) using in vitro culture. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, n. 3, p. 291, 2011.
- TISCHLER, G. Die Bedeutung der Polyploidie für die Verbreitung der Angiospermen, erläutert an den Arten Schleswing-Holsteins. **mit Ausblicken auf andere Florengebiete. Bot. Jahrb.**, v. 67, p. 1-36, 1934.

- TIXIER In Contribution à l'étude caryo-taxinomique des Méliacées. **Bulletin de la Société Botanique de France**, v. 110, n. 5-6, p. 180-192, 1963.
- TIXIER, P. Sur le faux Mangoustan: *Sandoricum indicum* Cav.. **Jour. Agric. Trop. Et Bot. Appl.**, v. 5, n. 8-9, p. 596-597, 1958.
- TOXOPEUS, H. J. Some cases of bud-variation in citrus observed on Java. **Genetica**, v. 15, n. 4, p. 241-252, 1933.
- TSCHISCHOW, N. T. Número de cromosomas de algunas plantas chilenas. **Bol. Soc. Biol. Concepción**, v. 31, p. 145-147, 1956.
- UHRIKOVA, A. & PLOCEK. A. In IOPB chromosome number reports LXI. **Taxon**, v. 27, p. 375-392, 1978.
- UPCOTT, M. The parents and progeny of *Aesculus carnea*. **Journal of Genetics**, v. 33, n. 1, p. 135-149, 1936.
- URDAMPILLETA, J. D. **Estudo citotaxonômico em espécies de Paullinieae (Sapindaceae)**. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas. 2009.
- URDAMPILLETA, J. D.; FERRUCCI, M. S.; FORNI-MARTINS, E. R. Chromosome studies of some *Thinouia* species (Sapindaceae) and the taxonomic implications. In: **Annales Botanici Fennici**. Finnish Zoological and Botanical Publishing Board, p. 68-73, 2008
- URDAMPILLETA, J. D.; FERRUCCI, M. S.; TOREZAN, J. M. D.; VANZELA, A. L. L. Karyotype relationships among four south American species of *Urvillea* (Sapindaceae: Paullinieae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 258, n. 1-2, p. 85-95, 2006.
- URDAMPILLETA, J. D.; FERRUCCI, M. S.; VANZELA, A. L. L. Cytogenetic studies of four South American species of *Paullinia* L. (Sapindaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 154, n. 3, p. 313-320, 2007.
- URDAMPILLETA, J. D.; FERRUCCI, M. S.; VANZELA, A. L. L. Karyotype differentiation between *Koelreuteria bipinnata* and *K. elegans* ssp. *formosana* (Sapindaceae) based on chromosome banding patterns. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 149, n. 4, p. 451-455, 2005.
- VAN GELDEREN, D. M.; DE JONG, P. C.; OTERDOOM, H. J. **Maples of the world**. Timber Press, 1994.
- VAN WEIJEN, D. The language of (future) scientific communication. **Research trends**, v. 31, n. November, 2012.
- VARMUS, H. **The art and politics of science**. WW Norton & Company, 2009.

- VERLAQUE, R.; SEIDENBINDER, M.; DONADILLE, P. Recherches cytotaxonomiques sur la spéciation en région méditerranéenne. I: Espèces à nombre chromosomique stable. **Biol. Écol. Médit**, v. 10, p. 273-289, 1987.
- VOGT, R. & APARICIO, A. Chromosome numbers of plants collected during Iter Mediterraneum 4 in Cyprus. **Bocconeia**, v. 11, p. 117-169, 1999.
- WALDEN, G. K.; GARRISON, L. M.; SPICER, G. S.; CIPRIANO, F. W.; PATTERSON, R. Phylogenies and chromosome evolution of *Phacelia* (Boraginaceae: Hydrophylloideae) inferred from nuclear ribosomal and chloroplast sequence data. **Madroño**, v. 61, n. 1, p. 16-47, 2014.
- WALKER, R. I. Chromosome Number of *Zanthoxylum americanum*. **Botanical Gazette**, v. 103, n. 3, p. 625-626, 1942.
- WANG, R.; CHEN, Z.; HUANG, X. Chromosome counts on Chinese mangroves. **Journal of Tropical and Subtropical Botany**, v. 6, n. 1, p. 40-46, 1997.
- WARBURG, E. F.. Taxonomy and relationship in the Geraniales in the light of their cytology. **New Phytologist**, v. 37, n. 2, p. 130-159, 1938.
- WARD, D. E. Chromosome counts from New Mexico and Mexico. **Phytologia**, v. 56, n. 1, p. 55-60, 1984.
- WATSON, J. D. & CRICK F. H. Molecular structure of nucleic acids. **Nature**, v. 171, n. 4356, p. 737-738, 1953.
- WCISLO, H. Chromosome numbers of certain Canadian plants. **Acta Biol. Cracov., Bot**, v. 29, p. 19-30, 1988.
- WEEKS, A.; ZAPATA, F.; PELL, S. K.; DALY D. C.; MITCHELL, J. D.; FINE P. V. A. Molecular phylogenetics and molecular clock dating of Sapindales based on plastid *rbcL*, *atpB* and *trnL-trnF* DNA sequences. **Taxon**, v. 65, n. 5, p. 1019-1036, 2016.
- WEEKS, A.; ZAPATA, F.; PELL, S. K.; DALY, D. C.; MITCHELL, J. D.; FINE, P. V. To move or to evolve: contrasting patterns of intercontinental connectivity and climatic niche evolution in “Terebinthaceae” (Anacardiaceae and Burseraceae). **Frontiers in genetics**, v. 5, p.409, 2014.
- WEISS, H. Contribution à la cytotaxinomie et à la caryologie de paletuviers de Madagascar et du monde. **Rev. Gén. Bot.**, v. 80, p. 209-240, 1973

- WEISS, H.; SUN, Y. Y.; STUESSY, O. F.; KIM, H. H.; KATO, I.; WAKABAYASHI, M. Karyology of plant species endemic to Ullung Island (Korea) and selected relatives in peninsular Korea and Japan. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 138, n. 1, p. 93-105, 2002.
- WEST, J. G. A revision of *Dodonaea* Miller (Sapindaceae) in Australia. **Australian Systematic Botany**, v. 7, n. 1, p. 1-194, 1984.
- WILTSHIRE, R. J. E. & JACKSON, W. D. Index of chromosome numbers of Tasmanian spermatophytes. In: **Papers and Proceedings of the Royal Society of Tasmania**. 2003. p. 39-53.
- WOOD, T. E.; TAKEBAYASHI, N.; BARKER, M. S.; MAYROSE, I.; GREENSPOON, P. B.; RIESEBERG, L. H. The frequency of polyploid speciation in vascular plants. **Proceedings of the national Academy of sciences**, v. 106, n. 33, p. 13875-13879, 2009.
- WRIGHT, J. W. New chromosome counts in *Acer* and *Fraxinus*. **Morris Arb. Bull**, v. 8, p. 33-34, 1957.
- WU, Z. M. Study on chromosome numbers of *Toona sinensis* (A. Juss.) Roem. and *Camptotheca acuminata* Dcne. **Anhui Linye Keji (Anhui Forest. Sci. Technol.)**, v. 3, p. 21-23, 1984.
- XIAO, W.; SIMPSON, B. B. THE ROLE OF ALLOTRIPLOIDY IN THE EVOLUTION OF MECONOPSIS (PAPAVERACEAE): A Preliminary STUDY OF ANCIENT POLYPLOID AND HYBRID SPECIATION. **Lundellia**, v. 17, p. 5-17, 2014.
- XUE, B.S.; WENG, R.F.; ZHANG, M.Z. Chromosome numbers of Shanghai plants I. **Investigatio et Studium Naturae**, v. 12, p. 48-65, 1992
- YAN, G.; SHAN, F.; PLUMMER, J. A. Genomic relationships within *Boronia* (Rutaceae) as revealed by karyotype analysis and RAPD molecular markers. **Plant Systematics and Evolution**, v. 233, n. 3-4, p. 147-161, 2002.
- YANG, D.; QIN, Y.; ZHOU, J.; LI, G.; ZHU, L. A study on chromosome of *Tribulus terrestris* and *Nitraria sibirica*. **Guangxi Zhiwu**, v. 16, n. 2, p. 161-164, 1995.
- YARNELL, S. H. *Citrus*, cytological investigation. **Texan Agric. Expt. Sta. Ann. Rept**, v. 53, p. 22, 1940.
- YONEMORI K.; NISHIYAMA, K.; CHOI, Y. A. Physical mapping of 5s and 45s rDNAs by fluorescent in situ hybridization in mango (*Mangifera Indica*L.), In: **International Symposium of Tropical and subtropical Fruits**, 3, 2004. Proceedings Fortaleza: Embrapa Agroindustria, p. 889, 2004.
- YU, Z. Y.; LI, S. F. Cytological studies of the precious, rare and endangered plants in the Qinling--Bashan Mountains (I). **J. Northw. Teachers Coll., Nat. Sci.**, v. 1, p. 54-57, 1988.

- ZABORSKY, J. In Index of chromosome numbers of Slovakian Flora (Part 1). **Acta Fac. Rer. Nat. Univ. Comeniana, Bot**, v. 16, p. 1-26, 1970.
- ZABORSKY, J. In Index to chromosome numbers of Slovakian flora. Part 4. **Acta Fac. Rerum Nat. Univ. Comeniana, Bot**, v. 23, p. 1-23, 1974.
- ZAKHARYEVA, O. I. & ASTANOVA, S. B. Chromosome numbers of some wild species of flowering plants of Middle Asia. **Reports of the Academy of Science Tadzhik Soviet Socialistic Republic**, v. 11, p. 72-75, 1968.
- ZAKIROVA, R. O. & NAFANAILOVA, I. I. Chisla khromosom predstavitelei nekotorykh semeistv flory Kazakhstana. **Chromosome numbers in members of some families of the Kazakhstan flora.) Bot. Zhurn**, v. 77, n. 5, p. 71-72, 1992.
- ZAPATERO, M. Á. G.; ELENA-ROSELLÓ, J. A.; ANDRÉS, F. N. Estudio cariológico en táxones del CW español pertenecientes a Quercetea ilicis. **Lazaroa**, n. 9, p. 61-68, 1986.
- ZHANG, J. Z.; SHANG, Z. Y.; LIU Q. H.; LI, R. J. A new variety of *Toxicodendron vernicifluum* (Stokes) F.A. Barkl. **Acta Bot. Boreal.-Occid. Sin.**, v. 5, n.4, p. 314–316, 1985.
- ZHAO, Z. F.; WANG, Y. Q.; HUANG, S. F. Plant chromosome counts (V). **For Res**, v. 3, p. 503-508, 1990.
- ZOHARY, M. A monographical study of the genus *Pistacia*. **Palestine Journal of Botany (Jerusalem Series)**, v. 5, n. 4, p. 187-228, 1952.

ANEXOS

ANEXO I – Tabela simplificada dos dados citogenéticos de Sapindales

Família	Subfamília	Segunda Classificação	Gênero	Sp.	2n	Referência
Anacardiaceae	Anacardioideae 1	Clado Pistacia	<i>Cotinus</i>	2	30	Brizicky (1962); Gill <i>et al.</i> (1984); Ivanova & Vladimirov (2007); Khosla <i>et al.</i> (1973); Mehra (1976); Mesícek & Jarolimova (1992); Sandhu & Mann (1988); Singhal & Gill (1990); Strid & Andersson (1985); Uhríkova & Plocek (1978); Verlaque <i>et al.</i> (1987);
Anacardiaceae	Anacardioideae 1	Clado Pistacia	<i>Pistacia</i>	8	24, 28, 30	Al-Saghir <i>et al.</i> (2014); Ayaz & Namli (2009); Basr-ila <i>et al.</i> (2003); Bochantseva (1972); Ghaffari & Fasihi-Harandi (2002); Ghaffari <i>et al.</i> (2005); Gill <i>et al.</i> (1984); Harandi & Ghaffari (2001); Huang <i>et al.</i> (1986); Huang <i>et al.</i> (1989); Khosla <i>et al.</i> (1973); Mehra & Sareen (1969); Mehra (1976); Natajara (1978); Nilsson & Lassen (1971); Sandhu & Mann (1988); Scaramuzzi (1957); Tilkat <i>et al.</i> (2011); Vogt & Aparicio (1999); Zapatero <i>et al.</i> (1986); Zohary (1952);
Anacardiaceae	Anacardioideae 1	Clado Pistacia	<i>Rhus</i>	13	30, 32	Gill <i>et al.</i> (1984); Khosla <i>et al.</i> (1973); Löve & Löve (1973, 1982); Mehra & Khosla (1969); Mehra & Sareen (1969); Mehra (1976); Mulligan (1984); Parfitt <i>et al.</i> (1985); Parfitt <i>et al.</i> (1990); Pogan <i>et al.</i> (1986); Reese (1957); Sandhu & Mann (1988); Shang <i>et al.</i> (1990); Singhal & Gill (1990); Singhal <i>et al.</i> (1980); Sugiura (1931, 1936b); Wcislo (1988);
Anacardiaceae	Anacardioideae 1	Clado Pistacia	<i>Toxicodendron</i>	12	30, 45	Di (1984); Funabiki (1958); Gill <i>et al.</i> (1984); Gillis (1971); Grimm (1912); Khosla <i>et al.</i> (1973); Löve (1961); Löve & Löve (1973, 1982); Mehra & Khosla (1969); Mehra & Sareen (1969); Mehra (1976); Mulligan & Junkins (1977); Shang <i>et al.</i> (1990); Shang <i>et al.</i> (1988); Shang & Zhang (1985); Singhal & Gill; (1990); Zhang <i>et al.</i> (1985);
Anacardiaceae	Anacardioideae 2	Clado Schinus	<i>Astronium</i>	1	30	Covas & Schnack (1947);
Anacardiaceae	Anacardioideae 2	Clado Schinus	<i>Euroschinus</i>	1	48	Oginuma <i>et al.</i> (1998);
Anacardiaceae	Anacardioideae 2	Clado Schinus	<i>Lithraea</i>	2	28, 30	Coleman (1982); Gadella <i>et al.</i> (1969);
Anacardiaceae	Anacardioideae 2	Clado Schinus	<i>Loxopterygium</i>	1	30	Cáceres & Todesco (1987);
Anacardiaceae	Anacardioideae 2	Clado Schinus	<i>Schinopsis</i>	1	28	Cáceres & Todesco (1987);
Anacardiaceae	Anacardioideae 2	Clado Schinus	<i>Schinus</i>	11	28, 30, 60	Copeland (1959); Diers (1961); Las Peñas <i>et al.</i> (2006); Luz <i>et al.</i> (20015); Oginuma <i>et al.</i> (1993); Pedrosa <i>et al.</i> (1999); Sarkar <i>et al.</i> (1993); Schnack & Covas (1947);
Anacardiaceae	Anacardioideae 3	Clado Searsia	<i>Searsia</i>	3	28, 30, 32	Khosla <i>et al.</i> (1973); Mehra & Sareen (1969); Mehra (1976); Paiva & Leitão (1987); Riley & Hoff (1961); Sandhu & Mann (1988); Singhal & Gill (1990); Singhal <i>et al.</i> (1984);
Anacardiaceae	Anacardioideae 3	Clado Searsia	<i>Sorindeia</i>	1	32	Mangenot S. & Mangenot G (1962);
Anacardiaceae	Anacardioideae 4	Clado Anacardium	<i>Anacardium</i>	1	24, 40, 42	Aliy & Awopetu (2007); Baltisberger (1991); EKJ (1945); Gill <i>et al.</i> (1979); Gill <i>et al.</i> (1990); Huber & Baltisberger (1989); Mehra & Khosla (1969); Mehra (1976); Pedrosa <i>et al.</i> (1999); Rai (1979); Sandhu <i>et al.</i> (1988); Simmonds (1954); Singhal & Gill (1990); Stoeva (1987); Xue <i>et al.</i> (1992);

Anacardiaceae	Anacardioideae 4	Clado Anacardium	<i>Mangifera</i>	4	24, 40	Agharkar & Roy (1951); Arumuganathan & Earle (1991); Chen <i>et al.</i> (1993); Chen <i>et al.</i> (1985); Khosla <i>et al.</i> (1973); Krishnaswamy & Raman (1949); Mehra (1972, 1976); Mukherjee (1950, 1951); Ohri <i>et al.</i> (2004); Pierrozzi e Rosseto (2011); Rao <i>et al.</i> (2004); Sarkar (1992); Sharma & Choudhury (1976); Simmonds (1954); Singhal & Bill (1990); Singhal <i>et al.</i> 1984; Stepanov (1994); Xue <i>et al.</i> (1992); Yonemori <i>et al.</i> (2004)
Anacardiaceae	Anacardioideae 4	Clado Anacardium	<i>Semecarpus</i>	1	58, 60	Bir <i>et al.</i> (1980); EKJ (1955); Gill <i>et al.</i> (1981); Gill <i>et al.</i> (1990); Khosla <i>et al.</i> (1973); Mehra (1976); Sarkar <i>et al.</i> (1980); Singhal & Gill (1990);
Anacardiaceae	Anacardioideae 4	Clado Dobinea	<i>Capylopetalum</i>	1	14	Forman (1953);
Anacardiaceae	Anacardioideae 4	Clado Dobinea	<i>Dobinea</i>	1	14	Mehra & Khosla (1969); Mehra (1976); Mehra <i>et al.</i> (1972);
Anacardiaceae	Spondioideae 1	Clado Tapirira	<i>Antrocaryon</i>	1	24	Mangenot S. & Mangenot G. (1957,1962);
Anacardiaceae	Spondioideae 1	Clado Tapirira	<i>Choerospondias</i>	1	24	Mehra & Khosla (1969); Mehra (1976);
Anacardiaceae	Spondioideae 1	Clado Tapirira	<i>Lannea</i>	2	28, 30, 40	Gill <i>et al.</i> (1984); Mangenot S. & Mangenot G. (1958;1962); Mehra & Khosla (1969); Mehra & Sareen (1969); Mehra (1976); Nanda (1962); Ohri <i>et al.</i> (2004); Sandhu & Mann (1988); Singhal & Gill (1990); Singhal <i>et al.</i> (1984);
Anacardiaceae	Spondioideae 1	Clado Tapirira	<i>Sclerocarya</i>	2	26, 28	Bationo-Kando <i>et al.</i> (2016); Paiva & Leitão (1989);
Anacardiaceae	Spondioideae 1	Clado Tapirira	<i>Tapirira</i>	1	30	Funabiki (1958); Nishikawa (1985);
Anacardiaceae	Spondioideae 2	Clado Spondias	<i>Dracontomelon</i>	1	32, 36	Oginuma <i>et al.</i> (1999); Sarkar <i>et al.</i> (1977); Sarkar <i>et al.</i> (1975);
Anacardiaceae	Spondioideae 2	Clado Spondias	<i>Pseudospondias</i>	1	30	Mangenot S. & Mangenot G. (1957,1962);
Anacardiaceae	Spondioideae 2	Clado Spondias	<i>Spondias</i>	6	32	Almeida <i>et al.</i> (2007); Banerji (1955); Bawa (1973); Gill <i>et al.</i> (1984); Guerra 1986); Khosla <i>et al.</i> (1973); Mehra (1976); Pedrosa <i>et al.</i> (1999); Sarkar <i>et al.</i> (1982); Simmonds (1954); Singhal & Gill (1990);
Anacardiaceae	Spondioideae X	Clado Buchanania	<i>Buchanania</i>	1	22	Gill <i>et al.</i> (1979); Gill <i>et al.</i> (1990) Singhal & Gill (1984,1990);
Biebersteiniaceae			<i>Biebersteinia</i>	4	10	Aryavand (1975); Constantinidis (1996); Liu <i>et al.</i> (2001); Shen & Huang (1997);
Burseraceae	Beiseliae		<i>Beiselia</i>	1	26	Forman <i>et al.</i> (1989);
Burseraceae	Burserae		<i>Aucoumea</i>	1	26	Mangenot S. & Mangenot G. (1962);
Burseraceae	Burserae		<i>Bursera</i>	4	22,24	Bawa (1973); Ghosh (1961;1969); Srivastava & Srinath (1965);
Burseraceae	Burserae		<i>Commiphora</i>	4	26	Hanson <i>et al.</i> (2001); Krishnaswamy & Raman (1949); Shetty (1961); Sobti & Singh (1961);
Burseraceae	Garugae		<i>Boswellia</i>	3	22, 44	Gill <i>et al.</i> (1979); Gill <i>et al.</i> 1 (1990); Ohri (2002); Thulin & Warfa (1987);
Burseraceae	Garugae		<i>Canarium</i>	5	26,48,78,104	Chen <i>et al.</i> (1065); Chen <i>et al.</i> (1993); Chen <i>et al.</i> (1985); Mehra & Khosla (1969); Mehra (1972, 1976);
Burseraceae	Garugae		<i>Dacryodes</i>	1	46	Miège (1954);
Burseraceae	Garugae		<i>Garuga</i>	2	26	Ghosh (1961, 1966); Gil <i>et al.</i> (1984); Mehra (1976); Singhal <i>et al.</i> (1984);
Burseraceae	Garugae		<i>Haplolobus</i> *	1	44	Oginuma <i>et al.</i> (1999);
Burseraceae	Protiae		<i>Protium</i>	1	22	Mehra (1976);
Kirkiaceae			<i>Kirkia</i>	1	30	Hanson <i>et al.</i> (2001);

Meliaceae	Cedreloideae	Clado Swietenia	<i>Carapa</i>	3	58	Khosla & Styles (1975); Minfray (1963a); Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Cedreloideae	Clado Swietenia	<i>Khaya</i>	6	46,48,50	Mangenot S & Mangenot G (1957a,b, 1962); Miège (1954, 1960); Minfray (1963a,b); Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Cedreloideae	Clado Swietenia	<i>Neobeguea</i>	1	50	Minfray (1963a); Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Cedreloideae	Clado Swietenia	<i>Pseudocedrela</i>	1	56	Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Cedreloideae	Clado Swietenia	<i>Soymida</i>	1	56	Gill <i>et al.</i> (1981); Khosla & Styles (1975); Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Cedreloideae	Clado Swietenia	<i>Swietenia</i>	3	46,48,54,56	Datta & Samanta (1977); Krishnaswamy & Raman (1949); Minfray (1963b); Sareen & Kumari (1973); Sarkar & Datta (1974); Styles & Vosa (1971); Tixier (1963);
Meliaceae	Cedreloideae	Clado Swietenia	<i>Xylocarpus</i>	3	42,44,52,58	Basak (1998); Das & Jena (2008); Gill (1978a,b); Sidhu (1968); Styles & Vosa (1971); Wang <i>et al.</i> (1997); Weiss (1973);
Meliaceae	Cedreloideae	Clado Cedrela	<i>Capurionianthus</i>	1	58	Minfray (1963b);
Meliaceae	Cedreloideae	Clado Cedrela	<i>Cedrela</i>	6	24,26,52,50,56	Grossi <i>et al.</i> (2011); Jarolímová (1994); Khosla & Styles (1975); Lewis <i>et al.</i> (1970); Mehra & Khosla (1969); Mehra & Sareen (1969); Mehra (1976); Mehra <i>et al.</i> (1972); Minfray (1963b); Sandhu & Mann (1988); Simmonds (1954); Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Cedreloideae	Clado Cedrela	<i>Entandrophragma</i>	7	36,70,72	Khosla & Styles (1975); Mangenot S & Mangenot G (1957, 1962); Mangenot <i>et al.</i> (1957); Miège (1954); Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Cedreloideae	Clado Cedrela	<i>Lovoa</i>	2	50,52	Mangenot S & Mangenot G (1957a,b, 1962); Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Cedreloideae	Clado Cedrela	<i>Toona</i>	2	24,26,46,52,54,56,78	Datta & Samanta (1977); Gamage & Schmidt (2009); Gill <i>et al.</i> (1984); Huang <i>et al.</i> (1985, 1989); Khosla & Styles (1975); Mehra & Khosla (1969); Mehra & Sareen (1969); Mehra (1972, 1976); Mehra <i>et al.</i> ; (1972); Minfray (1963b); Sandhu & Mann (1988); Sareen & Singh (1975); Singh (1951); Singhal <i>et al.</i> (1984); Styles & Vosa (1971); Wu (1984);
Meliaceae	Cedreloideae	Clado Schmardea-Chuckrasia	<i>Chukrasia</i>	1	26	Khosla & Styles (1975); Mehra (1972, 1976); Mehra <i>et al.</i> (1972);
Meliaceae	Cedreloideae	Clado Schmardea-Chuckrasia	<i>Schmardeaea</i>	1	26	Styles & Bennett (1992);
Meliaceae	Melioideae	Clado Aglaia (GA Clade)	<i>Aglaia</i>	4	40,80,84,168	Chen <i>et al.</i> (2003); Datta & Samanta (1977); Mehra & Khosla (1969); Mehra (1972, 1976); Mehra <i>et al.</i> (1972);
Meliaceae	Melioideae	Clado Aglaia (GA Clade)	<i>Aphanamixis</i>	1	36,42,76,150	Ghosh (1968); Khosla & Style (1975); Mehra & Khosla (1969); Mehra (1972, 1976); Mehra <i>et al.</i> (1972); Minfray (1963b); Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Melioideae	Clado Aglaia (GA Clade)	<i>Chisocheton</i>	2	46,92	Khosla & Styles (1975); Mehra & Khosla (1969); Mehra (1976); Mehra <i>et al.</i> (1972);
Meliaceae	Melioideae	Clado Aglaia (GA Clade)	<i>Dysoxylum</i>	7	20,72,80,84	Beuzenberg & Hair (1963); Khosla & Styles (1975); Mehra & Khosla (1969); Mehra (1972, 1976); Mehra <i>et al.</i> (1972); Paetow (1931); Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Melioideae	Clado Aglaia (GA Clade)	<i>Lansium</i>	1	72	Bernardo & Ramirez (1959);
Meliaceae	Melioideae	Clado Ekebergia-Sandoricum	<i>Ekebergia</i>	3	46,50	Khosla & Styles (1975); Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Melioideae	Clado Ekebergia-Sandoricum	<i>Sandoricum</i>	2	22,28,32,44	Khosla & Styles (1975); Ramirez (1961); Styles & Khosla (1975); Tixier (1958);
Meliaceae	Melioideae	Clado Guarea (GA Clade)	<i>Guarea</i>	2	72,150	Mangenot S & Mangenot G (1957, 1962); Mangenot <i>et al.</i> (1957); Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Melioideae	Clado Guarea (GA Clade)	<i>Leplaea</i>	1	72	Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Melioideae	Clado Guarea (GA Clade)	<i>Synoum</i>	1	84	Khosla & Styles (1975);

Meliaceae	Melioideae	Clado Guarea (GA Clade)	<i>Turraeanthus</i>		150,280	Farvager (1961); Mangenot S & Mangenot G. (1962); Mangenot et al. (1957); Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Melioideae	Clado Lepidotrichillia-Astrotrichilia	<i>Lepidotrichilia</i>	1	38	Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Melioideae	Clado Melia-Azadirachta	<i>Azadirachta</i>	1	28,30	Datta & Samanta (1977); Jha (2014); Khosla & Styles (1975); Mangenot S. & Mangenot G. (1958; 1962); Mehra (1972, 1976); Pathak & Singh (1949); Ohri (2002); Sandhu & Mann (1988); Sarkar <i>et al.</i> (1980); Singhal <i>et al.</i> (1984); Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Melioideae	Clado Melia-Azadirachta	<i>Melia</i>	1	28	Bowden (1945a); Datta & Samanta (1977); Gadella <i>et al.</i> (1966); Hill (1984); Khosla & Styles (1975); Mehra & Khosla (1969); Mehra (1972, 1976); Mehra <i>et al.</i> (1972); Minfray (1963b); Sandhu & Mann (1988); Singhal <i>et al.</i> (1984); Styles & Vosa 1971;
Meliaceae	Melioideae	Clado Trichilia-Turrea	<i>Calodectarya</i>	1	36	Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Melioideae	Clado Trichilia-Turrea	<i>Cipadessa</i>	2	28,56	Khosla & Styles (1975); Sarkar <i>et al.</i> (1980); Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Melioideae	Clado Trichilia-Turrea	<i>Munronia</i>	1	50	Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Melioideae	Clado Trichilia-Turrea	<i>Naregamia</i>	1	46	Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Melioideae	Clado Trichilia-Turrea	<i>Nymania</i>	1	40,48	Golblatt (1976); Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Melioideae	Clado Trichilia-Turrea	<i>Pseudobersama</i>	1	46	Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Melioideae	Clado Trichilia-Turrea	<i>Pterorhachis</i>	1	28	Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Melioideae	Clado Trichilia-Turrea	<i>Trichilia</i>	10	28, 46,50,92,96,360	Bawa (1973); Khosla & Styles (1975); Mangenot S. & Mangenot G. (1957, 1962); Minfray (1963b); Nevling (1969); Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Melioideae	Clado Trichilia-Turrea	<i>Turraea</i>	6	50	Khosla & Styles (1975); Mangenot S & Mangenot G (1957a,b, 1962); Styles & Vosa (1971);
Meliaceae	Melioideae	Heynea-Walsura Clade	<i>Heynea</i>	2	24,28	Mehra (1972, 1976); Nanda (1962);
Meliaceae	Melioideae	Heynea-Walsura Clade	<i>Walsura</i>	2	28	Datta & Samanta (1977); Ghosh (1968, 1969); Khosla & Styles, 1975);
Nitrariaceae			<i>Nitraria</i>	3	18,24,48,60,66, 96	Bhattacharya <i>et al.</i> (1971); Hanelt (1973); Hilu (1979); Ma <i>et al.</i> (1990); Malallah <i>et al.</i> (2001); Reese (1957, 1958, 1962); Tarnavski (1948); Yang <i>et al.</i> (1995); Zakharyeva & Astanova (1968);
Nitrariaceae			<i>Peganum</i>	3	12,22,24,48	Amin (1973); Aryavand (1975); Baquar <i>et al.</i> (1965); Clavijo-Jimenez (1991); Dias-Lifante (1991); Gupta <i>et al.</i> (2016); Hanelt (1973); Hilu (1979); Humphries (1978); Keil & Pinkava (1979); Lorenzo-Andreu (1951); Ma <i>et al.</i> (1984); Magulaev (1976); Negodi (1937); Warburg (1938); Ward (1984); Zakharyeva & Astanova (1968);
Nitrariaceae			<i>Tetradiclis</i>	1	14	Astanova (1993);
Rutaceae	Cneoroideae	Clado Cneorum	<i>Cneorum</i>	2	36	Borgen (1974); Dahlgren <i>et al.</i> (1971); Goldblatt (1976, 1979); Kliphuis & Wieferring (1972); Natarajan (1977, 1978); Straka <i>et al.</i> (1976); Suda <i>et al.</i> (2005);
Rutaceae	Rutoideae	Aurantioideae	<i>Aegle</i>	1	18,36	Banerji & Pal (1957); EKJ (1955); Jha (2014); Malla <i>et al.</i> (1981); Mehra (1976); Mehra & Khosla (1983); Nanda (1962); Raghavan (1957); Sanjappa (1979);
Rutaceae	Rutoideae	Aurantioideae	<i>Aeglopsis</i> ²	1	18	Longley (1925);

Rutaceae	Rutoideae	Aurantioideae	<i>Atalantia</i>	5	18,36	Agarwal (1988a,b); Barros e Silva <i>et al.</i> (2013); gill <i>et al.</i> (1984); Guerra (1984); Guerra <i>et al.</i> (2000); Gunaseeli & Sampathkumar (1984, 1990); Kayum (1998); Krug (1943); Longleu)1925_; Negodi (1939);
Rutaceae	Rutoideae	Aurantioideae	<i>Balsamocitrus</i>	1	18	Krug (1943);
Rutaceae	Rutoideae	Aurantioideae	<i>Citropsis</i> ²	2	18	Mangenot S. & Mangenot G. (1957,1962);
Rutaceae	Rutoideae	Aurantioideae	<i>Clausena</i>	9	18,36	Barros e Silva <i>et al.</i> (2013); Chen <i>et al.</i> (1993); Chen <i>et al.</i> (1985); Gajapathy (1962); Gill <i>et al.</i> (1984); Guerra <i>et al.</i> (2000); Gunaseeli & Sampathkumar (1985); Guo <i>et al.</i> (2000); Krug (1943); Mehra & Khosla (1973); Mou & Zhang (2012); Singhal <i>et al.</i> (1980, 1983b);
Rutaceae	Rutoideae	Aurantioideae	<i>Glycosmis</i>	8	18,54,72	Baquar (1968); Barros e Silva <i>et al.</i> (2013); Gill <i>et al.</i> (1984); Guerra (1984); Guerra <i>et al.</i> (2000); Malla (1979); Morawetz (1986); Mou & Zhang (2012); Sarkar <i>et al.</i> (1982); Singhal <i>et al.</i> (1983b);
Rutaceae	Rutoideae	Aurantioideae	<i>Hesperethusa</i> ²	1	18	Gill <i>et al.</i> (1984); Singhal <i>et al.</i> (1983b);
Rutaceae	Rutoideae	Aurantioideae	<i>Limonia</i> ²	1	18	Gill <i>et al.</i> (1979); Gunaseeli & Sampathkumar (1986); Sanjappa (1979); Singhal <i>et al.</i> (1980, 1983a); Toxopeus (1933);
Rutaceae	Rutoideae	Aurantioideae	<i>Merrillia</i>	1	18	Barros e Silva <i>et al.</i> (2013); Guerra <i>et al.</i> (2000);
Rutaceae	Rutoideae	Aurantioideae	<i>Micromelum</i>	4	18	Guerra (1984); Mehra & Khosla (1969,1973); Mehra (1976); Mou & Zhang (2012); Yarnell (1940);
Rutaceae	Rutoideae	Aurantioideae	<i>Murraya</i>	5	18,108	Barros e Silva <i>et al.</i> (2013); EKJ (1955); Guerra 1984), Guerra <i>et al.</i> (2000); Hsu (1967); Huang <i>et al.</i> (1986); Huang <i>et al.</i> (1989); Mehra (1976); Mehra & Khosla (1973); Mou & Zhang (2012); Pathak & Singh (1949); Raghavan (1957); Sandhu & Mann (1988); Sanjappa (1979); Sarkar <i>et al.</i> (1975); Toxopeus (1933);
Rutaceae	Rutoideae	Aurantioideae	<i>Naringi</i> ²	1	18	Bhattacharya <i>et al.</i> (1971);
Rutaceae	Rutoideae	Aurantioideae	<i>Paramignya</i> ²	1	36	Mehra (1976); Mehra & Khosla (1973);
Rutaceae	Rutoideae	Aurantioideae	<i>Swinglea</i>	1	18	Barros e Silva <i>et al.</i> (2013); Guerra <i>et al.</i> (2000);
Rutaceae	Rutoideae	Aurantioideae	<i>Triphasia</i>	1	18	Guerra <i>et al.</i> (2000); Krug (1943); Longley (1925); Ohri (2002);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Agathosma	<i>Adenandra</i> ²	9	28,38,42,48,50	Goldblatt & Williams (1987); Strid (1972);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Agathosma	<i>Agathosma</i>	3	26,45	Guerra (1984); Riley & Hoff (1961);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Agathosma	<i>Calodendrum</i> ²	1	54	Honsell (1954); Smith-White (1954);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Agathosma	<i>Coleonema</i>	2	34,36	Guerra (1984); Smith-White (1954);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Agathosma	<i>Diosma</i> ²	3	30	Goldblatt & Williams (1987);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Agathosma	<i>Euchaetis</i> ²	1	28	Goldblatt & Williams, (1987);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Agathosma	<i>Ptelea</i>	5	36,42	Desai (1960); Guerra (1984); Negodi (1937);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Acradenia</i> ²	1	38	Wiltshire & Jackson (2003);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Acronychia</i>	4	34,36	Guerra (1984); Mehra & Khosla (1969,1973); Mehra (1976); Smith-White (1954);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Asterolasia</i> ²	2	26,28	Smith-White (1954);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Boronia</i>	40	14,15,16,18,20,22,30,32,36,44,72,108	Plummer <i>et al.</i> (2003); Shan <i>et al.</i> (2003a,b, 2006); Smith-White (2954); Stace & Armstrong (1992); Yan <i>et al.</i> (2002);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Chorilaena</i>	2	28	Smith-White (1954);

Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Comptonella</i> ²	1	36	Guerra (1984);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Correa</i>	4	32	Desai (1955, 1960); Guerra (1984); Smith-White (1954); Wiltshire (2003);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Crowea</i> ²	2	38	Smith-White (1954);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Cyanothamnus</i> ²	1	32	Shan <i>et al.</i> (2006); Stace & Patrick (1993);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Diplolaena</i>	3	13,28	Keighery (1987); Smith-White (1954);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Drummondita</i> ²	1	28	Smith-White (1954);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Eriostemon</i> ²	10	28,30,34,50,56	Smith-White (1954); Stace & Armstrong (1992);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Euodia</i> ²	1	72	Bowden (1945b);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Evodia</i> ²	7	24,36,38,58,78	Hsu (1969); Mehra & Khosla (1969, 1973); Mehra (1972; 1976); Morawetz (1986); Pancho (1971);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Evodiella</i> ²	1	36	Borgmann (1964);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Flindersia</i>	4	36,108	Guerra (1984); Smith-White (1954);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Geijera</i> ²	1	108,162	Singhal <i>et al.</i> (1980, 1983); Smith-White (1954);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Geleznowia</i> ²	1	28	Smith-White (1954);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Leionema</i> ²	5	32	Hair & Beuzenberg (1960); Smith-White (1954); Stace & Armstrong (1992);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Melicope</i>	6	36	Guerra (1984); Hair & Beuzenberg (1960); Kiehn (2005); Ono & Masuda (1981); Ono (1975, 1977); Rattenbury (1957); Smith-White (1954);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Muiriantha</i> ²	1	28	Keighery (1987);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Nematolepis</i>	2	32	Smith-White (1954); Stace & Armstrong (1992);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Neobyrsesia</i> ²	1	24	Stace & Leach (1994);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Neoschmidia</i> ²	1	40	Guerra (1984);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Orixa</i> ²	1	34,40	Guerra (1984); Hsu <i>et al.</i> (1994);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Pelea</i> ²	2	36,72	Carr (1978); Guerra (1984);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Phebalium</i> ²	9	32,64	Smith-White (1954); Stace & Armstrong (1992);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Phellodendron</i> ²	5	28,66,76,78,80	Huang <i>et al.</i> (1989); Provatova & Sokolovskaia (1986); Santamour (1966); Starodubtsev (1978);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Philotheca</i> ²	3	28	Keighery (1978); Smith-White (1954);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Pitavia</i>	1	36	Tschischow (1956);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Platydesma</i> ²	2	36	Carr (1978, 1985); Guerra (1984);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Tetradium</i> ²	3	36,72,76,78,80	Bowden (1945b); Desai (1955, 1960); Guerra (1984); Mehra & Khosla (1973);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Todallia</i>		18,32,72	Gill <i>et al.</i> (1984); Gunaseeli & Sampathkumar (1985, 1990); Mehra & Khosla (1969; 1973); Mehra (1976); Raghavan (1957);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Vepris</i>	2	72	Guerra (1984); Mangenot S. & Mangenot G. (1958);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Zanthoxylum</i>	20	24,32,33,34,36,64,66,68,70,72,132,136,140	Bernadello (1983); Bowden (1940); Desai (1960); Gill <i>et al.</i> (1984); Guerra (1984); Kiehn & Lorence (1996); Mangenot S. & Mangenot G. (1957; 1962); Mehra & Khosla (1969, 1973); Mehra & Sareen (1969); Mehra (1976); Morawetz (1986); Nakajima (1937); Ono & Masuda (1975); Ono (1975); Paiva & Leitão (1989); Sandhu &

						Mann (1988); Singhal <i>et al.</i> (1980); Sinoto (1929); Stace & Armstrong (1992); Walker (1943);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Flindersia-Toddalia	<i>Zieria</i> ²	18	18,36,54,72	Guerra (1984); Smith-White (1954); Stace & Armstrong (1992);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Galipea	<i>Choisya</i>	1	54	Desai (1955, 1960);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Galipea	<i>Ertela</i> ²	1	30	Guerra (1986);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Galipea	<i>Erythrochiton</i> ²	1	116,180	Guerra (1984); Heitz (1926);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Galipea	<i>Esenbeckia</i>	1	64	Kaastra (1978);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Galipea	<i>Hortia</i>	1	24	Forni-Martins & Martins (2000);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Galipea	<i>Pilocarpus</i> ²	12	36,44,88	Guerra (1984); 1954); Kaastra (1978); Pagliarini <i>et al.</i> (1992); Skorupa (2000);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Galipea	<i>Ravenia</i>	1	36	Ghosh (1970);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Skimmia	<i>Casimiroa</i>	2	36	Chiang & Gonzalez-Medrano (1981); Nanda (1962); Ohri (2002);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Skimmia	<i>Dictamnus</i>	2	36,72	Bowden (1940, 1945b); Desai (1960); Guerra (1984); Löve & Kjellqvist (1974); Lovka <i>et al.</i> (1971); Majovsky (1974); Zakharyeva & Astanova (1968);
Rutaceae	Rutoideae	Clado Skimmia	<i>Skimmia</i>	11	16,30,32,60	Desai (1960); Fukuda <i>et al.</i> (2007); Guerra (1984); Gurzenkov (1973); Johnson & Taylor (1989); Mehra (1976); Mehra & Khosla (1973); Rudyka (1990); Simonet & Miedzyrzecki (1932);
Rutaceae	Rutoideae	Rutoideae s.s.	<i>Boenninghausenia</i> ²		10,18,20	Guerra (1984); Khatoon & Ali (1993); Kumar <i>et al.</i> (2012); Kurosawa (1966); Sugiura (1936a,b);
Rutaceae	Rutoideae	Rutoideae s.s.	<i>Chloroxylon</i>	1	20	Morawetz (1986); Nanda (1962); Singhal <i>et al.</i> (1984);
Rutaceae	Rutoideae	Rutoideae s.s.	<i>Cneoridium</i> ²	1	18	Raven <i>et al.</i> (1965);
Rutaceae	Rutoideae	Rutoideae s.s.	<i>Haplophyllum</i> ²	7	18,36	Ghaffari (1986, 1987); Guerra (1984); Hanelt (1973); Khatoon & Ali (1993); Mesicek & Sojak (1972); Navarro <i>et al.</i> (2004); Zakirova & Nafanailova (1992);
Rutaceae	Rutoideae	Rutoideae s.s.	<i>Ruta</i>	10	18,36,40,72,76,78,80,81	Bramwell <i>et al.</i> (1971); Cappelletti (1929); Contandriopoulos (1957a,b, 1962); Dahlgren (1984); Guerra (1957); Honsell (1957); Natarajan (1977, 1978); Navarro <i>et al.</i> (2004); Negodi (1937, 1939); Phitos <i>et al.</i> (1989); Pogan (1986); Revell (1955);
Rutaceae	Rutoideae	Rutoideae s.s.	<i>Thamnosma</i> ²	2	18,20	Parfitt <i>et al.</i> (1990); Ward (1984);
Sapindaceae			<i>Phialodiscus</i>	1	32	Mangenot S. & Mangenot G. (1957);
Sapindaceae	Dodonoideae	Clado Dodonaeae	<i>Dodonaea</i>	19	28,30,32,48	Ahuja & Natarajan (1957); Carr (1978); Ferrucci (1981b); Gill <i>et al.</i> (1990); Guervin (1961a,b); Hair & Beuzenberg (1959); Hemmer & Morawetz (1990); Huang <i>et al.</i> (1986); Huang <i>et al.</i> (1989); Mehra (1976). Mehra <i>et al.</i> (1972). Miège (1960); Oginuma <i>et al.</i> (1997); Sandhu & Mann (1988); Sarkar <i>et al.</i> (1976); Sarkar <i>et al.</i> (1975); Singhal <i>et al.</i> (1984);
Sapindaceae	Dodonoideae	Clado Dodonaeae	<i>Eurycorymbus</i>	1	26	Cao <i>et al.</i> (2004);
Sapindaceae	Dodonoideae	Clado Dodonaeae	<i>Harpullia</i>	2	28,30	Hemmer & Morawetz (1990); Sarkar <i>et al.</i> (1982);
Sapindaceae	Dodonoideae	Clado Dodonaeae	<i>Magonia</i>	1	30	Forni-Martins & Martins (1995); Gibbs & Ingram (1982); Maglio <i>et al.</i> (1984);
Sapindaceae	Dodonoideae	Clado Dodonaeae	<i>Majidea</i>	1	24	Guervin (1961b); Mangenot S. & Mangenot G. (1957, 1962);
Sapindaceae	Dodonoideae	Clado Doratoxylon	<i>Filicium</i>	1	30,32	Guervin (1961a); Sarkar <i>et al.</i> 1982);

Sapindaceae	Hippocastanoideae	Clado Acer	<i>Acer</i>	69	26,28,34,39,40, 48,52,68,72,75, 78,88,94,100,104	Anta <i>et al.</i> (1987); Arohonka (1982); Baranec & Murin (2003); Bottacci <i>et al.</i> (1991); Cherubini (1982); Darling (1909, 1912, 1923); Delay (1947); Dent (1969, 1970); Dobes <i>et al.</i> (1997); Druskovic & Lovka (1995); Duffield (1943); Foster (1933); Gill & Bir (1984); Goranova (2006); Gurzenkov (1973); Harriman (1981); Hill (1989); Hindakova (1974); Huang <i>et al.</i> (1985, 1989); Ivanova (2005); Kumari <i>et al.</i> (1989); Löve (1961); Löve & Löve (1966); Lovka <i>et al.</i> (1971); Magulaev (1976); Majovsky & Murin (1974); Matsuura (1939); Mehra & Khosla (1969); Mehra & Sareen (1969); Mehra (1972, 1976); Mehra <i>et al.</i> (1972); Mesíček & Jarolimova (1992); Meurman (1933); Montgomery (1997); Muratova (1998); Natarajan (1977, 1978); Oginuma <i>et al.</i> (1994); Olsewska & Osiecka (1984); Petrova <i>et al.</i> (2006); Plant (1995); Plante <i>et al.</i> (1993); Pogan <i>et al.</i> (1986); Pogan <i>et al.</i> (1989); Probatova <i>et al.</i> (2006); Probatova <i>et al.</i> 1998; Rudyka (1995); Sandhu & Mann (1988); Santamour & Frank (1988); Santamour (1962, 1971); Semerenko (1990); Sha <i>et al.</i> (1995); Siljak-Yakolev <i>et al.</i> (2010); Sinoto (1929); Skalinska (1976); Sorsa (1963); Starodubtsev (1985, 1989); Strid & Franzen (1981); Sun <i>et al.</i> (1996); Takizawa (1940, 1952a,b); Taylor (1920); Tischler (1934); Van Gelderen (1994); Weiss <i>et al.</i> (2002); Wright (1957); Zaborsky (1970, 1974); Zhao <i>et al.</i> (1990);
Sapindaceae	Hippocastanoideae	Clado Acer	<i>Bilia</i> ³	1	40	Stone (1969);
Sapindaceae	Hippocastanoideae	Clado Acer	<i>Dipteronia</i>	2	18,20,28	Arends (1979); Oginuma <i>et al.</i> (1994); Yu & Li (1988);
Sapindaceae	Hippocastanoideae	Clado Aesculus	<i>Aesculus</i>	11	40,80	Arora (1961); Bir <i>et al.</i> (1980); Bir & Kumari (1975); Calic <i>et al.</i> (2003); Delay (1947); Dobes <i>et al.</i> (1997); Dobronz (1935); Freeman & Brooks (1988); Hoar (1927); Mehra (1972, 1976); Mehra <i>et al.</i> (1972); Mesíček (Jarolimova (1992); Murin & Majovsky (1979); Ornduff & Lloyd (1965); Pogan <i>et al.</i> (1989); Sandhu & Mann (1988); Skovsted (1929); Upcott (1936);
Sapindaceae	Hippocastanoideae	Clado Aesculus	<i>Handeliodendron</i> ³	1	40	Cao <i>et al.</i> (2004);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Cupania	<i>Alectryon</i>	4	30,32	Beunzenberg & Hair (1983); Guervin (1964); Linney (2000); Murray (1999);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Cupania	<i>Aporrhiza</i> ³	1	28	Mangenot S. & Mangenot G. (1957,1962);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Cupania	<i>Cupania</i>	2	32	Bawa (1973); Ferrucci (1981b);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Cupania	<i>Cupaniopsis</i>	1	32	Hemmer & Morawetz (1990);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Cupania	<i>Diplokeleba</i> ³	1	30	Ferrucci (1989);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Cupania	<i>Mischocarpus</i>	1	32	Oginuma <i>et al.</i> (1999);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Delavaya-Koelreuteria	<i>Delavaya</i>	1	28	Cao <i>et al.</i> (2004);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Delavaya-Koelreuteria	<i>Koelreuteria</i>	3	22,30,32	Bowden (1945b); Eichhorn & Franquet (1936); Ferrucci & Pompert (1996); Guervin (1961b); Hemmer & Morawetz (1990); Huang <i>et al.</i> (1986); Huang <i>et al.</i> (1989); Nanda (1962); Singhal <i>et al.</i> (1980); Urdampilleta <i>et al.</i> (2005);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Delavaya-Koelreuteria	<i>Ungnadia</i> ³	1	32	Guervin (1964);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Litchi	<i>Atalaya</i>	1	30	Paiva & Leitão (1987);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Litchi	<i>Blighia</i>	3	32	Mangenot S. & Mangenot G. (1957,1962); Sarkar <i>et al.</i> (1982);

Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Litchi	<i>Chytranthus</i>	4	32	Guervin (1961b); Mangenot S. & Mangenot G. (1962);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Litchi	<i>Deinbollia</i>	3	28,3	Hemmer & Morawetz (1990); Mangenot S. & Mangenot G. (1958); Paiva & Leitão (1987);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Litchi	<i>Dimocarpus</i>	1	30	Bhaduri & Bose (1955); Chen <i>et al.</i> (1993); Chen <i>et al.</i> (1985); Guervin (1961b); Ling (1989); Mehra (1976); Mehra <i>et al.</i> (1972); Sarkar <i>et al.</i> (1982); Singhal <i>et al.</i> (1980);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Litchi	<i>Lepisanthes</i>	4	26,28,30	Guervin (1961b); Mangenot S. & Mangenot G. (1957; 1962); Mehra (1976); Mehra & Khosla (1969); Mehra <i>et al.</i> (1972); Miège (1960); Sarkar (1982);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Litchi	<i>Litchi</i>	2	28, 30	Chaduri (1940); Chen <i>et al.</i> (1993); Chen <i>et al.</i> (1985); EKJ (1955); Hemmer & Morawetz (1990); Lu <i>et al.</i> (1987); Mehra (1976); Mehra <i>et al.</i> (1972);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Litchi	<i>Nephelium</i>	1	22	Ramirez (1961);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Litchi	<i>Pancovia</i>	2	32	Gadella (1969); Mangenot S. & Mangenot G. (1962);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Litchi	<i>Thouinidium</i> ³	1	28	Bawa (1973);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Litchi	<i>Xerospermum</i>	1	32	Mehra & Khosla (1969); Mehra (1976); Mehra <i>et al.</i> (1972);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Melicoccus	<i>Melicoccus</i>	2	32,96	Simmonds (1954);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Melicoccus	<i>Talisia</i>	2	32	Carvalho <i>et al.</i> (1991); Lombello & Forni-Martins (1998);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Paullinia	<i>Allophylus</i>	5	28,56	Bawa (1973); Ferrucci & Solís Neffa (1997); Ferrucci (1985); Fritsch (1970);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Paullinia	<i>Cardiospermum</i>	13	14,18,20,22,24,36	Bowden (1945b); Dalgaard (1986); Diers (1961); Ferrucci & Solís-Neffa (1997); Ferrucci & Urdampilleta (2011a,b); Ferrucci (1981b, 1989, 2000); Guervin (1961b); Kadry (1951); Khatoun & Ali (1993); Koul <i>et al.</i> (1976); Paiva & Leitão (1989); Sugiura (1931, 1936b). Urdampilleta (2009);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Paullinia	<i>Diatenopteryx</i>	1	30	Ferrucci & Solís-Neffa (1997);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Paullinia	<i>Houssayanthus</i> ³	2	24	Ferrucci (1981a,b); Solís-Neffa & Ferrucci (1998);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Paullinia	<i>Lophostigma</i> ³	1	28	Ferrucci & Solís-Neffa (1997);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Paullinia	<i>Paullinia</i>	16	24,48,96,210,216	Ferrucci & Solís-Neffa (1997); Ferrucci (1981b, 2000); Freitas <i>et al.</i> (2007); Gill & ombembe (1991); Guerra (1986); Mangenot S. & Mangenot G. (1958, 1962); Semple (1974); Solís-Neffa & Ferrucci (1998, 2001); Urdampilleta (2009); Urdampilleta <i>et al.</i> (2007);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Paullinia	<i>Sapindus</i>	7	22,28,30,36	Ferrucci & Solís-Neffa (1997); Hemmer & Morawetz (1990); Mehra & Khosla (1969); Mehra (1972, 1976); Mehra <i>et al.</i> (1972); Ono (1977); Sarkar <i>et al.</i> (1976); Solís-Neffa- & Ferrucci (1998); Xue <i>et al.</i> (1992);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Paullinia	<i>Serjania</i>	44	24	Acevedo-Rodríguez (1993); Casas & Piqueras (1981); Coulleri <i>et al.</i> (2012); Ferrucci & Solís-Neffa (1997); Ferrucci (1981a,b, 1985, 2000); Forni-Martins <i>et al.</i> (1995); Guervin (1961b); Hemmer & Morawetz (1990); Lombello & Forni-Martins (1998); Maglio <i>et al.</i> (1984); Nogueira <i>et al.</i> (1995); Sarkar <i>et al.</i> (1982); Solís-Neffa & Ferrucci (1997, 2001); Urdampilleta (2009);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Paullinia	<i>Thinouia</i> ³	3	28	Ferrucci & Solís-Neffa (1997); Solís-Neffa & Ferrucci (1998); Urdampilleta <i>et al.</i> (2008);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Paullinia	<i>Urvillea</i>	8	22,24,44,48,86,88	Ferrucci & Solís-Neffa (1997); Ferrucci (1981b, 1997, 2000); Lombello & Forni-Martins (1998); Nogueira <i>et al.</i> (1995); Solís -

						Neffa & Ferrucci (2001); Urdampilleta (2009); Urdampilleta <i>et al.</i> (2006);
Sapindaceae	Sapindoideae	Clado Schleichera	<i>Schleichera</i>	1	30,32	Gill <i>et al.</i> (1984); Sareen & Kumari (1973); Sarar <i>et al.</i> (1982); Singhal <i>et al.</i> (1984);
Sapindaceae	Xanthoceraoideae	Clado Xanthoceras	<i>Xanthoceras</i>	1	30	Li (1987);
Simaroubaceae		Clado Ailanthus	<i>Ailanthus</i>	4	62,64,80,86	Desai (1960); Ghosh (1980); Gill <i>et al.</i> (1979); Khosla (1978); Majovsky (1970); Mehra & Khosla (1969); Mehra (1976); Murin & Majovsky (1978); Pathak & Singh (1949);
Simaroubaceae		Clado Brucea	<i>Brucea</i>	2	24,30	Mehra & Khosla (1969); Mehra (1976); Singhal & Gill (1990);
Simaroubaceae		Clado Picrasma	<i>Castela</i>	2	26	Bernadello <i>et al.</i> (1990); Moran & Felger (1968);
Simaroubaceae		Clado Picrasma	<i>Picrasma</i>	3	24,50	Khosla (1978); Kumari <i>et al.</i> (1989); Mehra & Khosla (1969); Mehra (1976); Nakajima (1942);
Simaroubaceae		Clado Quassia	<i>Quassia</i>	2	28,30,36	Desai (1960); EKJ (1955); Ghosh (1970); Mangenot S. & Mangenot G. (1957, 1962);
Simaroubaceae		Clado Simarouba	<i>Simarouba</i>	1	30,32	Baratakke & Patil (2010); Bawa (1973);

ANEXO II – Atualização dos binômios

Nome Original	Nome Atualizado
<i>Acer cultratum</i> Wall.	<i>Acer cappadocicum</i> subsp. <i>sinicum</i> (Rehder) Hand.-Mazz.
<i>Acer ginnala</i> Maxim.	<i>Acer tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i> (Maxim.) Wesm.
<i>Acer grandidentatum</i> Nutt.	<i>Acer saccharum</i> subsp. <i>grandidentatum</i> (Torr. & A.Gray) Desmarais
<i>Acer grosseri</i> Pax.	<i>Acer davidii</i> subsp. <i>grosseri</i> (Pax) P.C. DeJong
<i>Acer hookeri</i> Miq.	<i>Acer sikkimense</i> Miq.
<i>Acer mayrii</i> Schwerin	<i>Acer pictum</i> Thunb.
<i>Acer mono</i> Maxim.	<i>Acer pictum</i> Thunb.
<i>Acer nigrum</i> F. Michx.	<i>Acer saccharum</i> subsp. <i>nigrum</i> (F.Michx.) Desmarais
<i>Acer niveum</i> Bl.	<i>Acer laurinum</i> Hassk.
<i>Acer osmastonii</i> Gamble	<i>Acer calcaratum</i> Gagnep.
<i>Acer papilio</i> King	<i>Acer caudatum</i> Wall.
<i>Acer syriacum</i> Boiss. & Gaill	<i>Acer obtusifolium</i> Sm.
<i>Acer thomsonii</i> Miq.	<i>Acer sterculiaceum</i> subsp. <i>thomsonii</i> (Miq.) A.E.Murray
<i>Acer trautvetteri</i> Medw.	<i>Acer heldreichii</i> subsp. <i>trautvetteri</i> (Medw.) A.E.Murray
<i>Acer ukurunduense</i> Trautv. & C.A. Mey.	<i>Acer caudatum</i> subsp. <i>ukurundense</i> (Trautv. & C.A.Mey.) E.Murray
<i>Acer villosum</i> Wall.	<i>Acer sterculiaceum</i> Wall.
<i>Acer yangjuechi</i> W.P. Fang & P.L. Chiu	<i>Acer miyabei</i> subsp. <i>miaotaiense</i> (P.C.Tsoong) A.E.Murray
<i>Acronychia laurifolia</i> Blume	<i>Acronychia pedunculata</i> (L.) Miq.
<i>Adenandra coriaceae</i> H.L. Wendl. & Bartl.	<i>Adenandra villosa</i> subsp. <i>biseriata</i> (E.Mey. ex Bartl. & Wendl.) Strid
<i>Adenandra fragans</i> Eckl. & Zeyh.	<i>Adenandra marginata</i> subsp. <i>serpyllacea</i> (Bartl.) Strid
<i>Aesculus discolor</i>	<i>Aesculus pavia</i> L.
<i>Aesculus georgiana</i> Sargent	<i>Aesculus sylvatica</i> W.Bartram.
<i>Aesculus macrostachya</i>	<i>Aesculus parviflora</i> Walter
<i>Aesculus octandra</i> Marsh.	<i>Aesculus flava</i> Sol.
<i>Aesculus punduana</i> Wall.	<i>Aesculus assamica</i> Griff.
<i>Aesculus rubicunda</i> Lodd.	<i>Aesculus glabra</i> Willd.
<i>Afraegle gabonensis</i> (Swingle) Engl.	<i>Balsamocitrus gabonensis</i> L.D.Swingle
<i>Ailanthus grandis</i> Prain	<i>Ailanthus integrifolia</i> subsp. <i>calycina</i> (Pierre) Noot.
<i>Amoora rohituka</i> (Roxb.) Wight & Arn.	<i>Aphanamixis polystachya</i> (Wall.) R.Parker .
<i>Amoora wallichii</i> King	<i>Aglaia spectabilis</i> (Miq.) S.S.Jain & S.Bennet
<i>Aphanamixis rohituka</i> (Roxb.) Pierre	<i>Aphanamixis polystachya</i> (Wall.) R. Parker
<i>Aphania senegalensis</i> Blume	<i>Lepisanthes senegalensis</i> (Poir.) Leenh.
<i>Asterolasia dielsii</i> C.A.Gardner	<i>Asterolasia pallida</i> Benth.
<i>Astronium urundeuva</i> Engl.	<i>Astronium ulei</i> Mattick
<i>Barosma lanceolata</i> Sond.	<i>Agathosma ovata</i> (Thunb.) Pillans
<i>Bergera koenigii</i> (L.) Roxb.	<i>Murraya koenigii</i> (L.) Spreng.
<i>Bergera koenigii</i> L.	<i>Murraya koenigii</i> (L.) Spreng.

<i>Bergera kwangsiensis</i> (Huang) F. J. Mou & D. X. Zhang	<i>Murraya kwangsiensis</i> (Huang) Huang
<i>Bergera microphylla</i> (Merr. & Chun) F. J. Mou & D. X. Zhang	<i>Murraya microphylla</i> (Merr. & Chun) Swingle
<i>Boninia glabra</i> Planch.	<i>Melicope quadrilocularis</i> Planch.
<i>Boninia grisea</i> Planch.	<i>Melicope grisea</i> Planch.
<i>Boronia anemonifolia</i> A. Cunn.	<i>Boronia fraseri</i> Hook.
<i>Boronia elatior</i> Bartl.	<i>Boronia molloyae</i> J.R. Drumm.
<i>Boronia viminea</i> Lindl.	<i>Boronia crenulata</i> subsp. <i>viminea</i> (Lindl.) Paul G. Wilson
<i>Boronia tenuis</i> (Lindl.) Benth.	<i>Cyanothamnus tenuis</i> Lindl
<i>Boronia triphylla</i> Sieber ex Rchb	<i>Boronia ledifolia</i> (Vent.) DC.
<i>Buchanania lanzan</i> Spreng.	<i>Buchanania cochinchinensis</i> (Lour.) M.R. Almeida
<i>Buchanania latifolia</i> Roxb.	<i>Buchanania cochinchinensis</i> (Lour.) M.R. Almeida
<i>Bursera delpechiana</i> Poiss. Ex Engl.	<i>Bursera linanoe</i> (La Llave) Rzed., Calderón & Medina
<i>Canarium tonkinense</i> Engl.	<i>Canarium album</i> (Lour.) DC.
<i>Carapa obovata</i> Blume	<i>Xylocarpus granatum</i> J. Koenig
<i>Cardiospermum halicacabum</i> var. <i>microcarpum</i> (Kunth) Blume	<i>Cardiospermum microcarpum</i> Kunth.
<i>Cedrela mexicana</i> M. Roem.	<i>Cedrela odorata</i> L.
<i>Cedrela microcarpa</i> C. DC.	<i>Toona ciliata</i> M. Roem.
<i>Cedrela microcarpa</i> Rehder & E. h. Wilson	<i>Cedrela rehderiana</i> H.L. Li
<i>Cedrela sinensis</i> Juss.	<i>Toona sinensis</i> (Juss.) M. Roem.
<i>Cedrela toona</i> Roxb. Ex Rottler	<i>Toona ciliata</i> M. Roem.
<i>Cedrela toona</i> var. <i>pilistaminea</i> C. DC.	<i>Toona ciliata</i> M. Roem.
<i>Chisocheton morobeanus</i> Harms.	<i>Chisocheton cumingianus</i> (C. DC.) Harms
<i>Chisocheton paniculatus</i> Hiern	<i>Chisocheton cumingianus</i> subsp. <i>balansae</i> (C. DC.) Mabb.
<i>Chorilaena hirsuta</i> Benth.	<i>Chorilaena quercifolia</i> Endl.
<i>Chytranthus longiracemosus</i> Gilg ex Radlk.	<i>Chytranthus carneus</i> Radlk.
<i>Chytranthus manganotii</i> N. Halle et Aké Assi	<i>Chytranthus cauliflorus</i> (Hutch. & Dalziel) Wickens.
<i>Cipadessa cinerascens</i> (Pellegr.) Hand.-Mazz.	<i>Cipadessa baccifera</i> (Roth) Miq..
<i>Clausena anisum-olens</i> (Dalz.) Oliv.	<i>Clausena sanki</i> (Perr.) Molino
<i>Clausena dunniana</i> L'evl.	<i>Clausena anisata</i> (Willd.) Hook.f. ex Benth.
<i>Clausena emarginata</i> Huang	<i>Clausena sanki</i> (Perr.) Molino
<i>Clausena wampi</i> (Blanco) Oliv.	<i>Clausena lansium</i> (Lour.) Skeels
<i>Clausena willdenowii</i> Wight & Arn.	<i>Clausena anisata</i> (Willd.) Hook.f. ex Benth.
<i>Clausena yunnanensis</i> Huang	<i>Clausena engleri</i> Yu Tanaka
<i>Correa speciosa</i> W. T. Ailton	<i>Correa reflexa</i> (Labill.) Vent.
<i>Correa virens</i> Hook.	<i>Correa reflexa</i> (Labill.) Vent.
<i>Crowea dentata</i> R.Br. ex Benth.	<i>Crowea angustifolia</i> var. <i>platyphylla</i> Benth.
<i>Cupaniopsis wadswartii</i>	<i>Cupaniopsis wadsworthii</i> (F. Muell.) Radlk.
<i>Delavaia toxocarpa</i> Franch.	<i>Delavaya yunnanensis</i> Franch.
<i>Dictamnus fraxinella</i> Pers.	<i>Dictamnus albus</i> L.
<i>Dodonaea attenuata</i>	<i>Dodonaea viscosa</i> subsp. <i>angustissima</i> (DC.) J.G. West
<i>Dodonaea eriocarpa</i> Sm.	<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.
<i>Dracontomelon mangiferum</i> Blum.	<i>Dracontomelon dao</i> (Blanco) Merr. & Rolfe

<i>Dysoxylum binectariferum</i> (Roxb.) Hook. Ex Bedd.	<i>Dysoxylum gotadhora</i> (Buch.-Ham.) Mabb.
<i>Dysoxylum hamiltonii</i> Hiern	<i>Dysoxylum mollissimum</i> Blume
<i>Dysoxylum procerum</i> Hiern	<i>Dysoxylum excelsum</i> Hiern
<i>Dysoxylum ramiflorum</i> Miq.	<i>Dysoxylum parasiticum</i> (Osbeck) Kosterm.
<i>Ekebergia pterophylla</i> (C. DC.) Hofm.	<i>Ekebergia pterophylla</i> (C. DC.) Hofm.
<i>Ekebergia senegalensis</i> A. Juss.	<i>Ekebergia capensis</i> Sparrm.
<i>Erioglossum rubiginosum</i> Bl.	<i>Lepisanthes rubiginosa</i> (Roxb.) Leenhouts
<i>Eriostemon pallidum</i> Schltr.	<i>Neoschmidia pallida</i> (Schltr.) T.G.Hartley
<i>Eriostemon lanceolatus</i> C.F.Gaertn.	<i>Eriostemon australasius</i> Pers.
<i>Euodia daniellii</i> (Benn.) Hemsl.	<i>Tetradium daniellii</i> (Benn.) T. G. Hartley
<i>Euodia hupehensis</i> Dode	<i>Tetradium daniellii</i> (Benn.) T. G. Hartley
<i>Euodia meliifolia</i> (Hance) Benth.	<i>Tetradium glabrifolium</i> (Champ.) T. G. Hartley
<i>Euodia officinalis</i> Dode	<i>Tetradium ruticarpum</i> (A. Juss.) T. G. Hartley
<i>Euodia ruticarpa</i> (A. Juss.) Benth.	<i>Tetradium ruticarpum</i> (A. Juss.) T. G. Hartley
<i>Euphoria longana</i> (Lour.) Steud.	<i>Dimocarpus longan</i> Lour.
<i>Evodia daniellii</i> (Benn.) F. B. Forbes & Hemsl.	<i>Tetradium daniellii</i> (Benn.) T. G. Hartley
<i>Evodia hupehensis</i> Dode	<i>Tetradium daniellii</i> (Benn.) T. G. Hartley
<i>Evodiella hooglandii</i> v.d. Linden	<i>Evodiella muelleri</i> f. dinggi Veldkamp & Rouw.
<i>Fagara coco</i> (Gillies ex Hook. F. & Arn.) Engl.	<i>Zanthoxylum coco</i> Gill. ex Hook. & Arn.
<i>Fagara macrophylla</i> (Oliv.) Engl.	<i>Zanthoxylum gillettii</i> (De Wild.) P.G.Waterman
<i>Fagara schlechteri</i> Engl.	<i>Zanthoxylum schlechteri</i> Guillaumin
<i>Fagara zanthoxyloides</i> Lam.	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (Lam.) Zepern. & Timler
<i>Feronia elephantum</i> Corrêa	<i>Limonia acidissima</i> L.
<i>Feronia limonia</i> (L) Swingle	<i>Limonia acidissima</i> L.
<i>Flindersia oxleyana</i> F. Muell.	<i>Flindersia xanthoxyla</i> (A.Cunn. ex Hook.) Domin
<i>Flindersia pubescens</i> F. Muell.	<i>Flindersia schottiana</i> F. Muell.
<i>Garuga gamblei</i> King ex W.W. Sm.	<i>Garuga floribunda</i> var. <i>gamblei</i> (King ex W.W.Sm.) Kalkman
<i>Glycosmis arborea</i> (Roxb) DC.	<i>Glycosmis pentaphylla</i> (Retz.) DC.
<i>Glycosmis citrifolia</i> (Willd.) Lindl.	<i>Glycosmis parviflora</i> (Sims) Little
<i>Glycosmis parviflora</i> (Sims) Little agg.	<i>Glycosmis parviflora</i> (Sims) Little
<i>Hannoa klaineana</i> Pierre & Engl.	<i>Quassia gabonensis</i> Pierre
<i>Haplophyllum linifolium</i> (L.) G. Don. Later, Bol os and Vigo	<i>Ruta linifolium</i> L.
<i>Haplophyllum rosmarinifolium</i> (Pers.) G. Don	<i>Ruta rosmarinifolium</i> Pers.
<i>Hemigyrosa canescens</i> Roxb.	<i>Lepisanthes tetraphylla</i> (Vahl) Radlk.
<i>Hortia brasiliensis</i> Vand. ex DC.	<i>Hortia brasiliensis</i> Vand. ex DC.
<i>Houssayanthus fiebrigii</i> (Barkl.) Hunz.	<i>Houssayanthus incanus</i> (Radlk.) Ferrucci
<i>Houssayanthus sparrei</i> (F.A. Barkley) Ferrucci	<i>Houssayanthus monogynus</i> (Hoffmanns. ex Schldl.) Ferrucci
<i>Koelreuteria formosana</i> Hayata	<i>Koelreuteria elegans</i> subsp. <i>formosana</i> (Hayata) F.G. Mey.
<i>Koelreuteria integrifoliola</i>	<i>Koelreuteria bipinnata</i> Franch.
<i>Lannea grandis</i> Engl.	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.
<i>Lansium domesticum</i> Corrêa	<i>Lansium parasiticum</i> (Osbeck) K.C.Sahni & Bennet
<i>Lepdotrichilia volkensis</i> (Gürke) J. -. Leroy	<i>Lepidotrichilia volkensis</i> (Gürke) J.-F.Leroy

<i>Limonia crenulata</i> Santiago & Blanca	<i>Hesperethusa crenulata</i> (Roxb.) M. Roem.
<i>Melia composita</i> Benth.	<i>Melia azedarach</i> L.
<i>Melia composita</i> L.	<i>Melia azedarach</i> L.
<i>Melia dubia</i> Cav.	<i>Melia azedarach</i> L.
<i>Melia toosendan</i> Siebold & Zucc	<i>Melia azedarach</i> L.
<i>Melia birmanica</i> Kuirz	<i>Melia azedarach</i> L.
<i>Micromelum ceylanicum</i> Wight	<i>Micromelum integerrimum</i> (Buch.-Ham. ex DC.) Wight & Arn. ex M. Roem.
<i>Micromelum tephrocarpum</i> Turcz.	<i>Micromelum compressum</i> (Blanco) Merr.
<i>Monniera trifolia</i> Loefl.	<i>Ertela trifolia</i> (L.) Kuntze
<i>Murraya exotica</i> Dc.	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack
<i>Murraya exotica</i> L.	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack
<i>Murraya exotica</i> L.	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack
<i>Negundo aceroides</i> Subsp. <i>Interior</i> Radlk	<i>Acer negundo</i> var. <i>interior</i> (Britt.) Sarg.
<i>Neochamaelea pulverulenta</i>	<i>Cneorum pulverulentum</i> Vent.
<i>Neochamaelea pulverulentum</i> (Vent.) Erdtman	<i>Cneorum pulverulentum</i> Vent.
<i>Nephelium litchi</i> Cambess.	<i>Litchi chinensis</i> Sonn.
<i>Nephelium longana</i> (Britton) Á. Löve & D. Löve	<i>Dimocarpus longan</i> Lour.
<i>Odina wodier</i> Roxb.	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.
<i>Phebalium dentatum</i> Sm.	<i>Leonema dentatum</i> (Sm.) Paul G. Wilson
<i>Phebalium diosmeum</i> A. Juss.	<i>Leonema diosmeum</i> (A. Juss.) Paul G. Wilson
<i>Phebalium elatius</i> subsp. <i>Beckleri</i> (F. Muell.) Paul G. Wilson	<i>Leonema elatius</i> subsp. <i>beckleri</i> (F. Muell.) Paul G. Wilson
<i>Phebalium ellipticum</i> Paul G. Wilson	<i>Nematolepis elliptica</i> (Paul G. Wilson) Paul G. Wilson
<i>Phebalium ozothamnoides</i> F. Muell	<i>Phebalium squamulosum</i> subsp. <i>ozothamnoides</i> (F. Muell.) Paul G. Wilson
<i>Phebalium ralstonii</i> (F. Muell.) Benth.	<i>Leonema ralstonii</i> (F. Muell.) Paul G. Wilson
<i>Phebalium squameum</i> (Labill.) Engl.	<i>Nematolepis squameum</i> (Labill.) Paul G. Wilson
<i>Phellodendron lavalleyi</i> Dode	<i>Phellodendron amurense</i> var. <i>lavalleyi</i> (Dode) Sprague
<i>Philotheca miniata</i> C. A. Gardner	<i>Drummondita miniata</i> (C.A.Gardner) Paul G. Wilson
<i>Picrasma ailanthoides</i> (Bunge) Planch.	<i>Picrasma quassioides</i> (D.Don) Benn.
<i>Pistacia atlantica</i> ssp. <i>Kurdica</i>	<i>Pistacia eurycarpa</i> Yalt.
<i>Pistacia integerrima</i> (J.L.)	<i>Pistacia chinensis</i> subsp. <i>integerrima</i> (J. L. Stewart ex Brandis) Rech. f.
<i>Poupartia axillaris</i> (Roxb.) King & Prain-roxb. King P. Prain	<i>Choerospondias axillaris</i> (Roxb.) B.L.Burt & A.W.Hill
<i>Ptelea lutescens</i> Greene	<i>Ptelea trifoliata</i> var. <i>lutescens</i> (Greene) V. Bailey
<i>Rhus ambigua</i> Lav. ex Dippel	<i>Tapirira guianensis</i> subsp. <i>guianensis</i> Poepp. ex Engl.
<i>Rhus aromatica</i> var. <i>pilosissima</i> (Engl.) Shinnery	<i>Rhus aromatica</i> subsp. <i>pilosissima</i> (Engl.) W.A. Weber
<i>Rhus cotinus</i> L.	<i>Cotinus coggygria</i> Scop.
<i>Rhus dentata</i> Thunb.	<i>Searsia dentata</i> (Thimb.) F.A.Barkley
<i>Rhus griffithii</i> Hook. f.	<i>Toxicodendron griffithii</i> (Hook. f.) Kuntze
<i>Rhus hookeri</i> K. C. Sahni & Bahadur	<i>Toxicodendron hookeri</i> (K.C. Sahni & Bahadur) C.Y. Wu & T.L. Ming
<i>Rhus insignis</i> Hook. f.	<i>Toxicodendron hookeri</i> (K.C. Sahni & Bahadur) C.Y. Wu & T.L. Ming
<i>Rhus javanica</i>	<i>Brucea javanica</i> (L.) Merr.
<i>Rhus lancea</i> L.	<i>Searsia lancea</i> (L.f.) F.A.Barkley

<i>Rhus parviflora</i> Roxb.	<i>Searsia parviflora</i> (Roxb.) F. A. Barkley
<i>Rhus radicans</i> var. <i>negundo</i> (Greene) Mulligan-var. Negundo R. Mulligan	<i>Toxicodendron radicans</i> var. <i>negundo</i> (Greene) Reveal
<i>Rhus radicans</i> var. <i>radicans</i>	<i>Toxicodendron radicans</i> (L.) Kuntze
<i>Rhus radicans</i> var. <i>rydbergii</i> (Small ex Rydb.) Rehder	<i>Toxicodendron radicans</i> subsp. <i>rydbergii</i> (Small ex Rydb.) Á. Löve & D. Löve
<i>Rhus semialata</i> Murray	<i>Rhus chinensis</i> Mill.
<i>Rhus succedanea</i> var. <i>acuminata</i> (DC.) Hook. f.	<i>Toxicodendron acuminatum</i> (DC.) C.Y. Wu & T.L. Ming
<i>Rhus toxicodendron</i> L.	<i>Toxicodendron pubescens</i> Mill.
<i>Rhus trichocarpa</i> Miq.	<i>Toxicodendron trichocarpum</i> (Miq.) Kuntze
<i>Rhus wallichii</i> Hook. f.	<i>Toxicodendron wallichii</i> (Hook. f.) Kuntze
<i>Rhus verniciflua</i> Stokes	<i>Toxicodendron vernicifluum</i> (Stokes) F.A. Barkley
<i>Ruta obtusifolia</i> Ledeb. Ex Eichw	<i>Haplophyllum obtusifolium</i> (Ledeb.) Ledeb.
<i>Sandoricum indicum</i> Cav.	<i>Sandoricum koetjape</i> (Burm.f.) Merr.
<i>Sapindus attenuatus</i> Wall.	<i>Lepisanthes senegalensis</i> (Poir.) Leenhouts
<i>Sapindus boninenses</i> Tuyama	<i>Sapindus mukorossi</i> Gaertn.
<i>Schinopsis haenkeana</i> Engl.	<i>Schinopsis marginata</i> Engl.
<i>Schmaltzia vestita</i> (Loesener) F.A. Barkley	<i>Rhus vestita</i> Loes.
<i>Sclerocarya caffra</i> Sond.	<i>Sclerocarya birrea</i> subsp. <i>caffra</i> (Sond.) Kokwaro
<i>Serjania fulva</i>	<i>Serjania glabrata</i> Kunth
<i>Serjania lucida</i> Schum.	<i>Serjania diversifolia</i> (Jacq.) Radlk
<i>Severinia buxifolia</i> (Poir.) Ten.	<i>Atalantia buxifolia</i> (Poir.) Oliv. ex Benth.
<i>Simarouba glauca</i> Aubl.	<i>Simarouba amara</i> Aubl.
<i>Skimmia laureola</i> subsp. <i>multinervia</i> (C. C. Huang) N. P. Taylor & Airy Shaw	<i>Skimmia multinervia</i> C.C. Huang
<i>Sorindeia warneckeii</i> Engl.	<i>Sorindeia grandifolia</i> Engl.
<i>Spondias cytherea</i> Sonner	<i>Spondias dulcis</i> Parkinson
<i>Spondias mangifera</i> Willd.	<i>Spondias pinnata</i> (L. f.) Kurz
<i>Teclea grandiflora</i> Engl.	<i>Vepris grandifolia</i> (Engl.) Mziray
<i>Toona microcarpa</i> (C. DC.) Harms	<i>Toona ciliata</i> M. Roem.
<i>Toona serrata</i> (Royle) M. J. Roem.	<i>Toona sinensis</i> (Juss.) M. Roem.
<i>Trichilia arborea</i> C. DC.	<i>Trichilia glabra</i> L.
<i>Trichilia connaroides</i> (w. and A.) Benth.	<i>Heynea trijuga</i> Roxb. ex Sims
<i>Trichilia havanensis</i> Jacq.	<i>Trichilia odorata</i> Andr.
<i>Trichilia lanata</i> A.Chev.	<i>Trichilia tessmannii</i> Harms
<i>Triphasia aurantiola</i> Lour.	<i>Triphasia trifolia</i> (Burm. F.) P. Wilson
<i>Walsura piscidia</i> R.	<i>Walsura trifoliolata</i> (A. Juss.) Harms
<i>Walsura piscidia</i> Roxb.	<i>Walsura trifoliolata</i> (A. Juss.) Harms
<i>Walsura temrifolia</i> Ridl.	<i>Walsura pinnata</i> Hassk.
<i>Zanthoxylum clava-herculis</i> L.	<i>Zanthoxylum clava-herculis</i> L.
<i>Zanthoxylum limonella</i> (Dennst.) Alston	<i>Zanthoxylum rhetsa</i> DC.
<i>Zanthoxylum naranjillo</i> Griseb.	<i>Zanthoxylum petiolare</i> A.St.-Hil. & Tul.
<i>Zanthoxylum piperitum</i> Bennn.	<i>Zanthoxylum bungeanum</i> Maxim.
<i>Zanthoxylum piperitum</i> DC.	<i>Zanthoxylum bungeanum</i> Maxim.
<i>Zanthoxylum simulans</i> Hance	<i>Zanthoxylum bungeanum</i> Maxim.



COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
INSTITUTO DE BIOLOGIA
Universidade Estadual de Campinas
Caixa Postal 6109. 13083-970, Campinas, SP, Brasil
Fone (19) 3521-6378. email: cpgib@unicamp.br



DECLARAÇÃO

Em observância ao §5º do Artigo 1º da Informação CCPG-UNICAMP/001/15, referente a Bioética e Biossegurança, declaro que o conteúdo de minha Dissertação de Mestrado, intitulada "**ESTUDOS CITOTAXONÔMICOS EM SAPINDALES: ESTADO DA ARTE E EVOLUÇÃO DOS NÚMEROS CROMOSSÔMICOS**", desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Instituto de Biologia da Unicamp, não versa sobre pesquisa envolvendo seres humanos, animais ou temas afetos a Biossegurança.

Assinatura: Rafael Guimarães Gomes Silva
Nome do(a) aluno(a): Rafael Guimarães Gomes Silva

Assinatura: Eliana Regina Forni Martins
Nome do(a) orientador(a): Eliana Regina Forni Martins


Data: 26/02/2018

ANEXO IV – Declaração Direitos Autorias**Declaração**

As cópias de artigos de minha autoria ou de minha co-autoria, já publicados ou submetidos para publicação em revistas científicas ou anais de congressos sujeitos a arbitragem, que constam da minha Dissertação/Tese de Mestrado/Doutorado, intitulada **ESTUDOS CITOTAXONÔMICOS EM SAPINDALES: ESTADO DA ARTE E EVOLUÇÃO DOS NÚMEROS CROMOSSÔMICOS**, não infringem os dispositivos da Lei n.º 9.610/98, nem o direito autoral de qualquer editora.

Campinas, 26 de fevereiro de 2018

Assinatura : 
Nome do(a) autor(a): **Rafael Guimarães Gomes Silva**
RG n.º 2005009184327 SSP/CE

Assinatura : 
Nome do(a) orientador(a): **Eliana Regina Forni Martins**
RG n.º 8.580.582-8 SSP/SP