EVOLUÇÃO CARIOTÍPICA NO GÊNERO *Capsicum* (SOLANACEAE)

MÔNICA ROSA BERTÃO
Bióloga

ORIENTADOR: Prof^a. Dr^a. MARGARIDA LOPES R. DE AGUIAR-PERECIN

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Genética e Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Abril de 1993

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

Bertão, Mônica Rosa

Evolução cariotípica no gênero *Capsicum*
(Solanaceae). Piracicaba, 1993.
148p. ilus.

Diss.(Mestre) - ESALQ

Bibliografia

1. Planta - Citogenética 2. Solanaceae - Cariotipo 3. Solanaceae - Melhoramento I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 635.643

EVOLUÇÃO CARIOTÍPICA NO GÊNERO *Capsicum* (SOLANACEAE)

MÔNICA ROSA BERTÃO

Aprovada em 02/04/1993

Comissão Julgadora:

Profa.Dra. Margarida L. R. de Aguiar-Perecin	ESALQ/USP
Profa. Dra. Maria Lúcia C. Vieira	ESALQ/USP
Profa. Dra. Maria Neysa Silva Stort	UNESP

Profa. Dra. Margarida L. R. de Aguiar-Perecin

Orientador

"Cada pessoa, em sua existência pode ter duas atitudes:
CONSTRUIR ou PLANTAR.

Os construtores podem demorar anos em suas tarefas, mas um dia terminam aquilo que estavam fazendo. Então param e ficam limitados por suas próprias paredes. A vida perde o sentido quando a construção acaba.

Mas existem os que plantam. Estes, às vezes, sofrem com as tempestades, as estações e raramente descansam, mas ao contrário de um edifício, o jardim jamais para de crescer. E ao mesmo tempo que exige a atenção do jardineiro, também permite que para ele a vida seja uma grande aventura.

Os jardineiros se reconhecerão entre si porque sabem que na história de cada planta está o crescimento de toda a terra".

À

meus queridos pais

Jorge e Ivone

DEDICO

À

Anna Clara,

João Victor,

Luiza,

Maria Victória,

Lucas e

Enzo

OFEREÇO

A G R A D E C I M E N T O S

A **DEUS**, luz constante no caminho, sempre nos governando na busca de algo mais.

À **Prof^a. Dra. Margarida L. R. de Aguiar-Perecin** pela orientação e assistência no decorrer do Curso de Pós-Graduação.

À **Ma^a. Juliana U. Decico Real e Salete Aparecida Gaziola** pela grande amizade e apoio entre tantas coisas.

Ao **Prof. Dr. Paulo Maurício Ruas**, pelo incentivo em minha iniciação à Citogenética e pelas lições de paciência.

Aos **Professores** do Curso de Pós-Graduação do Departamento de Genética da ESALQ/USP pelos ensinamentos transmitidos, pela atenção e apoio prestados.

Ao **Prof. Dr. Cyro Paulino da Costa**, Setor de Melhoramento de Hortaliças do Departamento de Genética - ESALQ/USP, pelas valiosas contribuições e concessão de sementes de *Capsicum*, a partir das quais foi possível a realização deste trabalho.

À **Prof^a. Dr^a. Maria Cristina Stolf Nogueira**, do Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ / USP pelas valiosas sugestões no desenvolvimento das análises estatísticas do presente estudo.

Aos **Funcionários** do Departamento de Genética da ESALQ/USP pela colaboração, em especial à **Carlos A. Veríssimo**, **Silvia C. M. Molina** e **Antonio de Pádua Gorga**.

A **Antonio Augusto F. Garcia**, **Elisabete A. Leone Rodrigues**, **Marcelo Correa Alves** e **Marcos Cabral** pelas sugestões e contribuições nas análises estatísticas e computação dos dados.

Ao **Prof. Dr. Walter Casali** da Universidade Federal de Viçosa - MG e a **Piero Belletti** do Institute of Plant Breeding and Seed Production, Turin - Italy pela concessão de sementes de *Capsicum*.

À **Roberta Helena Fiorotto Rodrigues** pela paciência, disponibilidade e pelo excelente trabalho na digitação e impressão desta dissertação.

A **Luis Carlos Rodrigues**, desenhista do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial - ESALQ/USP, pela excelente reprodução dos ideogramas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos.

À "TODOS OS MEUS AMIGOS", especialmente a todos, preciosas conquistas no decorrer destes anos, pelo apoio, incentivo, amizade e convivência.

ÍNDICE

Página

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xii
SUMMARY	xiv
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. Caracterização geral do gênero <i>Capsicum</i>	03
2.2. Histórico taxonômico	06
2.3. Origem e distribuição geográfica	20
2.4. Domesticação e evolução	26
2.5. Biossistemática	34
2.5.1. Análises quimiotaxonômicas	35
2.5.2. Estudos citogenéticos e suas contri- buições à biossistemática e evolução	41
2.5.3. Estudos citogenéticos em <i>Capsicum</i>	56
3. MATERIAL E MÉTODOS	64
3.1. Material	64
3.2. Métodos	67
3.2.1. Germinação de sementes	67
3.2.2. Obtenção de metáfases mitóticas	68
3.2.3. Coloração pelo Método de Feulgen	68

Página

3.2.4. Bandamento C	69
3.2.5. Bandamento NOR	70
3.3. Análise do material	72
3.3.1. Análise morfométrica dos cromossomos metafásicos	72
3.3.2. Análise da variabilidade cariotípica. .	75
3.3.2.1. Avaliação comparativa dos pares cromossômicos maior (1) e menor (12).	75
3.3.2.2. Avaliação comparativa do ín- dice de simetria cariotípica. .	76
3.3.2.3. Avaliação comparativa do comprimento dos lotes ha- plóides.	76
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
4.1. Aspectos gerais dos cariótipos	78
4.2. Variabilidade cariotípica Intra e Interespe- cífica	103
4.3. Avaliação da variabilidade dos cariótipos . .	115
4.4. Aplicação do bandamento cromossômico	126
5. CONCLUSÕES	129
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1	Classificação do gênero <i>Capsicum</i> considerando os grupos sistemáticos, espécies selvagens e cultivadas, seções determinadas para o gênero, descritores, ano de descrição e distribuição geográfica . . . 08
2	Espécies e variedades analisadas, nome científico e comum, número da coleção de origem, procedência e principais características morfológicas 65
3	Valores de comprimento absoluto (C.A. - micrômetros), relação de braços (R.B.), comprimento relativo (C.R. - %) e comprimento do lote haplóide (C.L.H. - micrômetros) das espécies e variedades de <i>Capsicum</i> analisadas 80
4	Análise de variância para os valores de comprimento do lote haplóide e resultados do teste de Tukey para as espécies e variedades de <i>Capsicum</i> analisadas 121

Tabela No.

Página

5	Análise de variância para os valores de comprimento absoluto do par cromossômico maior, No.1, e resultados do teste de Tukey das espécies e variedades de <i>Capsicum</i> analisadas	122
6	Análise da variância para os valores de comprimento absoluto do par cromossômico menor, No.12, e resultados do teste de Tukey das espécies e variedades de <i>Capsicum</i> analisadas	123
7	Análise de variância para os valores de índice de simetria TF(%) das espécies e variedades de <i>Capsicum</i> analisadas e resultados do teste de Tukey	124
8	Análise da variância para os valores referentes à relação cromossomo maior/cromossomo menor das espécies e variedades de <i>Capsicum</i> analisadas e resultados do teste de Tukey	125

LISTA DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Modelo proposto para a evoluçã _o das espécies domesticadas no gênero <i>Capsicum</i> . Teoria Atual (McLEOD et al . 1982,1983). .	33
2	Aspecto geral dos cromossomos metafásicos a partir de preparações mitóticas em <i>C.chinense</i> (2014)a, <i>C.frutescens</i> (4002)b, <i>C.flexuosum</i> (LL 1967)c, <i>C.baccatum</i> (530)d, <i>C.chacoense</i> (BGH 6019)e e <i>C.praetermissum</i> (BGH 6703)f. . .	79
3	Cariótipos representativos das variedades 1002(a), 1003(b), 1004(c), 1006(d), 1018(e), 1025(f), PLA 018(g),PLA 040(h), PCO 078(i) e PCO 095(j) de <i>Capsicum annuum</i>	87
4	Ideogramas das variedades 1002(a), 1003(b), 1004(c), 1006(d), 1018(e), 1025(f), PLA 018(g), PLA 040(h), PCO 078(i), PCO 095(j) de <i>Capsicum annuum</i>	88

Figura No.

Página

5	Cariótipos representativos das variedades 2001 _(a) , 2013 _(b) e 2014 _(c) de <i>C. chinense</i> e 4000 _(d) e 4002 _(e) de <i>C. frutescens</i>	91
6	Ideogramas das variedades 2001 _(a) , 2013 _(b) e 2014 _(c) de <i>Capsicum chinense</i> e 4000 _(d) e 4002 _(e) de <i>C. frutescens</i> .	92
7	Cariótipos representativos das variedades 431(a), 435(b), 530(c), 2042(d) e C.b.L.(e) de <i>Capsicum baccatum</i>	96
8	Ideogramas das variedades 431(a), 435(b), 530(c), 2042(d) e C.b.L.(e) de <i>Capsicum baccatum</i>	97
9	Cariótipos representativos das espécies selvagens <i>C. flexuosum</i> (a), <i>C. chacoense</i> (b), <i>C. parvifolium</i> (c), <i>C. praetermissum</i> (d) .	104
10	Ideogramas das espécies selvagens <i>C. flexuosum</i> (a), <i>C. chacoense</i> (b), <i>C. parvifolium</i> (c) e <i>C. praetermissum</i> (d). .	105
11	Metáfase mitótica corada pelo método de bandamento C na variedade 2013 de <i>C. chinense</i> , evidenciando bandas teloméricas e dois grandes blocos correspondentes ao satélites.	128

EVOLUÇÃO CARIOTÍPICA NO GÊNERO *Capsicum* (SOLANACEAE)

Autor: MÔNICA ROSA BERTÃO

Orientador: Dra. MARGARIDA L. R. DE AGUIAR-PERECIN

RESUMO

O presente estudo foi realizado como parte de uma linha de pesquisa desenvolvida no laboratório de Citologia do Departamento de Genética, ESALQ/USP, visando basicamente a caracterização cariotípica de espécies e variedades do gênero *Capsicum*, bem como a avaliação de polimorfismos intraespecíficos.

Tal estudo se justifica principalmente pelo fato de que este gênero apresenta espécies cultivadas de grande interesse econômico e espécies selvagens potencialmente importantes para cruzamentos interespecíficos visando transferência gênica e melhoramento genético.

Resultados referentes às análises citológicas das espécies cultivadas *C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. baccatum*, distribuídas em 20 variedades, e das espécies selvagens *C. flexuosum*, *C. chacoense*, *C. parvifolium* e *C. praetermissum* permitiram estabelecer diferenças significativas quanto à estrutura do cariótipo.

A avaliação de parâmetros de morfologia cromossômica como tamanho absoluto, relação de braços, comprimento do lote haplóide, relação cromossomo maior / menor e índice de simetria (TF %) permitiu a caracterização dos cariótipos em todas as variedades e espécies estudadas, especificamente a identificação de cada par cromossômico.

Um cariótipo padrão mostrou-se evidente entre as espécies, sendo as principais diferenças intra e interespecíficas condicionadas por variações no tamanho cromossômico absoluto, número de cromossomos subterminais e número, tamanho e posição dos satélites.

Tais polimorfismos tendem a refletir alterações cromossômicas estruturais e ou alterações no conteúdo de DNA nuclear, que provavelmente ocorreram durante a evolução do cariótipo neste gênero, e que condicionaram uma ligeira tendência à assimetria cariotípica.

A aplicação de técnicas que permitem evidenciar uma diferenciação cromossômica mais detalhada, como o bandamento-C, mostrou-se efetiva para uma das variedades de *C. chinense*, revelando bandas-c teloméricas e duas grandes bandas correspondentes aos satélites.

Estudos mais detalhados em diferentes taxons, usando diferentes técnicas, devem ser conduzidos para um melhor entendimento da evolução cromossômica no gênero *Capsicum*.

KARYOTYPE EVOLUTION IN THE GENUS *Capsicum* (SOLANACEAE)**Author:** MÔNICA ROSA BERTÃO**Advisor:** Dra. MARGARIDA L.R. DE AGUIAR-PERECIN**SUMMARY**

The present study aimed the karyotypic characterization of species and varieties of the genus *Capsicum*, as well as the evaluation of intraspecific polymorphism. The cytological analysis of the cultivated species *C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens* and *C. baccatum*, distributed in 20 varieties, and of the wild species *C. flexuosum*, *C. chacoense*, *C. parvifolium* and *C. praetermissum*, demonstrated significant differences in karyotype aspects. The evaluation of morphological parameters such as, absolute length of chromosomes, arm ratios, total chromosomal length of haploid set, relation between longest and shortest chromosome and symmetry index allowed the characterization of the karyotypes of all the varieties and species studied. A standard karyotype seems to be constant for all species, the major differences (intra and interspecific) being due to variations in the absolute length of chromosomes, number of subterminal chromosomes and number, size and position of the satellites.

Such polymorphism indicate structural chromosomal alterations and/or changes in the nuclear DNA content which probably occurred during the evolution of the karyotype in this genus and may have induced a slight tendency for karyotype asymmetry. The use of techniques which allow a detailed study of chromosomal differentiation, such as C banding, demonstrated to be effective for one variety of *C. chinense*, revealing telomeric bands and a large band corresponding to the satellite. A more detailed study in different species should be carried out, using different techniques, for a better understanding of the chromosome evolution in the genus *Capsicum*.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Capsicum* (SOLANACEAE), constituído de aproximadamente 30 espécies domesticadas e selvagens de pimentas e pimentões, amplamente distribuídas por regiões tropicais, subtropicais e temperadas, tem se mostrado um grupo de grande interesse para estudos de melhoramento genético, citogenética, biossistemática, biotecnologia, entre outros.

Tais estudos se justificam, principalmente, pelo fato de que essas espécies apresentam caracteres agronômicos importantes e pela considerável variabilidade genética existente no gênero.

As diversas classificações taxonômicas propostas têm conduzido à inexatidão dos limites varietal, infragenérico e genérico para o gênero e isto tem sido amplamente explorado.

A domesticação em *Capsicum* ocorreu em conseqüência da sua ampla utilização na alimentação humana o que conduziu a grandes alterações genéticas e provável redução da variabilidade existente. Este processo tem sido muito questionado e algumas hipóteses para a evolução do gênero tem sido amplamente avaliadas.

Apesar dos diversos estudos realizados em *Capsicum* terem evidenciado aspectos importantes, pouco tem sido feito com relação ao estudo do complemento cromossômico e sua evolução.

As poucas referências encontradas demonstram que isto provavelmente ocorreu devido a grande similaridade morfológica dos cromossomos das várias espécies, o que dificultaria as análises cariotípicas (OTHA, 1961; ESHBAUGH, 1964; SHOPOVA, 1966a; LIPPERT et al. 1966; DATTA, 1968; PICKERSGILL, 1971, 1977a, 1991; CARLUCCIO & SACCARDO, 1977).

O gênero como um todo apresenta cariótipos muito similares e simétricos, entretanto, nítidas diferenças podem ser encontradas entre as várias espécies. Desse modo, a caracterização dos cariótipos mostra ser de grande importância para o estudo da evolução cariotípica dentro do gênero, para a avaliação das relações filogenéticas e de polimorfismos intraespecíficos, sobretudo nas espécies domesticadas.

Dentro deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo a caracterização cromossômica de espécies e variedades do gênero *Capsicum*, buscando maiores informações que possam contribuir para o entendimento dos processos de evolução cariotípica e filogenia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caracterização geral do gênero *Capsicum*

O gênero *Capsicum*, pertencente à família *Solanaceae*, tribo *Solaneae*, subtribo *Solaninae*, é constituído de diversas espécies selvagens e domesticadas conhecidas comumente como pimentas e pimentões.

Constituintes do grupo de hortaliças de grande consumo pela população, as espécies de *Capsicum* apresentam propriedades consideradas de interesse na alimentação, ornamentação e na medicina.

São utilizadas como condimentos ou compotas, para extração de oleoresinas (que conferem aroma e sabor) ou mesmo como hortaliças "in natura" e contribuem na dieta alimentar por apresentarem um elevado conteúdo nutricional, sendo importantes fontes de vitaminas, C, A, B₁ e B₂ e de sais minerais como cálcio, ferro e fósforo (PINTO & COSTA, 1977).

A pigmentação dos frutos de pimentas e pimentões, que é devida a uma mistura de carotenóides (capsantina), xantófilas e outros pigmentos, vem sendo analisada visando destacar suas propriedades corantes.

Outros estudos tem evidenciado propriedades preservativas e antimicrobianas destas espécies, as quais estão relacionadas à preservação da oxidação em alimentos gordurosos e à inibição do desenvolvimento de bactérias e fungos (CARVALHO, 1984).

O fator mais importante, característico da maioria das espécies de *Capsicum*, é a pungência (ardência), ou sabor condimentar picante, provocado pelo alcalóide capsaicina, um derivado vanil amídico do ácido isodecilânico ($C_{18}H_{27}O_3N$, trans-8-metil-N-vanilil-6-nonenamido) produzido por células secretoras localizadas na placenta do fruto.

A capsaicina aumenta o paladar das refeições e apresenta propriedades medicinais, sendo empregada no tratamento de reumatismos ou neurites, inflamações e secreções de garganta e gastrites alcólicas (GUPTA, 1984).

As espécies de *Capsicum* apresentam uma ampla variabilidade quanto aos seus principais caracteres morfológicos, como formato, tamanho, cor e posição de flores e frutos, número de pedicélos por nó, folhas, entre outros, o que condiciona uma ampla diversidade de tipos.

A distinção entre as diferentes espécies tem sido feita considerando-se várias características morfológicas, bioquímicas e citológicas, em conjunto (SMITH & HEISER, JR., 1951; LIPPERT et al., 1966; ESHBAUGH, 1968, 1975; BALLARD et al., 1970; PICKERGILL, 1977a;b, 1991; McLEOD et al. 1982, IBPGR, 1983).

De um modo geral, estas hortaliças apresentam flores hermafroditas e como sistema de reprodução a autofecundação, sendo portanto, autocompatíveis. Entretanto, os níveis de polinização variam entre e dentro das espécies (0,5% a 70%), o que possibilita colocá-las no grupo intermediário entre alógamas e autógamas.

Nas espécies domesticadas o estigma se encontra no mesmo nível das anteras aumentando a possibilidade de autopolinização, enquanto nas espécies selvagens o estigma está acima das anteras facilitando a fecundação cruzada (CASALI et al. 1984; PICKERSGILL, 1991).

A auto-incompatibilidade observada neste gênero está restrita à apenas algumas espécies ou exemplares centralizados na Bolívia e áreas adjacentes e é devido à inibição dos tubos polínicos incompatíveis na metade superior do estilete.

Esta incompatibilidade é do tipo gametofítica, característica encontrada em outros gêneros de *Solanaceae* (LIPPERT et al. 1966; PICKERSGILL, 1991).

2.2. Histórico taxonômico

Uma das questões mais discutidas nos estudos de Taxonomia Vegetal refere-se à grande dificuldade em se estabelecer padrões morfológicos específicos para a classificação ou distinção entre espécies.

Vários estudos têm demonstrado que o gênero *Capsicum* não apresenta nomenclatura varietal ou divisão subgenérica muito bem definida, como muitos grupos de plantas e que isto estaria relacionado a diferentes fatores.

A grande diversidade de variedades cultivadas e em processo de domesticação observada no gênero e a ampla distribuição geográfica dessas formas tem contribuído para esta indefinição. Entretanto, a controvérsia quanto aos parâmetros utilizados na diferenciação das espécies parece ser o fator principal.

Um grande número de trabalhos tem utilizado apenas a morfologia do fruto como critério de classificação taxonômica e isto tem conduzido à denominação errônea de muitas variedades e espécies. Plantas com frutos similares, que podem representar espécies distintas têm sido tratadas como pertencentes a uma única espécie, enquanto em outros trabalhos existe uma tendência em separar plantas com frutos diferentes em taxa distintas.

Tais estudos, entretanto, não têm considerado que a evolução paralela do fruto entre as taxa cultivadas pode ter conduzido a tipos de frutos similares.

Este conjunto de fatores tem provocado um entendimento inadequado dos limites genéricos em *Capsicum*, impossibilitado o estabelecimento de um padrão taxonômico para o gênero.

Apesar destas dificuldades, algumas chaves de classificação, analisando um conjunto de caracteres morfológicos, tem sido propostas para a descrição das espécies cultivadas e no gênero como um todo são reconhecidas aproximadamente 30 espécies (ANDREWS, 1984).

A Tabela 1, baseada na compilação dos estudos de Hunziker ¹ (1958) e Eshbaugh ² (1980), citados por ANDREWS (1984) e de PICKERSGILL (1991), apresenta a classificação taxonômica atualmente aceita das espécies domesticadas e selvagens relacionadas, descritores originais e revisores, anos de descrição, distribuição geográfica, bem como as divisões encontradas no gênero.

¹ HUNZIKER, A. T. Synopsis of the genus *Capsicum*. VI Congress International de Botanique, Paris, 1954. Proceedings Sec.4(2):73-4. 1958.

² ESHBAUGH, W. H. The taxonomy of the genus *Capsicum* (*Solanaceae*). Phytologia 47(3):153-66. 1980.

Tabela 1 - Classificação do gênero *Capsicum* considerando os grupos sistemáticos, espécies selvagens e cultivadas, seções determinadas para o gênero, descritores, ano de descrição e distribuição geográfica.

REINO:	Vegetal
DIVISÃO:	Angiospermae
CLASSE:	Dicotyledoneae
SUBCLASSE:	Metachlamydeae
ORDEM:	Tubiflorae
FAMÍLIA:	SOLANACEAE
TRIBO:	Solaneae
SUBTRIBO:	Solaninae
GÊNERO:	<i>Capsicum</i>
SEÇÃO:	<i>Turbocapsicum</i> (<i>C. anomalum</i> Franch & Sav., 1875 A.T. Hunziker, 1956 Japão) <i>Pseudoacnistus</i> (<i>C. breviflorum</i>) * <i>Capsicum</i>

ESPÉCIES	DESCRIPTORES	DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA
----------	--------------	-------------------------

ESPÉCIES DOMESTICADAS E FORMAS SELVAGENS RELACIONADAS (*)

GRUPO I - FLORES PÚRPURAS
Complexo *C. pubescens*

<i>C. pubescens</i> Ruiz Lopez & Pavon, 1797	Sul do México, América Central e Andes.
* <i>C. eximium</i> (A.T. Hunziker, 1958) var. <i>tomentosum</i> Eshbaugh & Smith, 1971	Bolívia Central e Sul Norte da Argentina.
* <i>C. cardenasii</i> Heiser & Smith 1958	Bolívia
* <i>C. tovarii</i> Eshbaugh, Smith & Nickrent 1983	Peru

continuação

ESPÉCIES DOMESTICADAS E FORMAS SELVAGENS RELACIONADAS (*)

GRUPO II - FLORES BRANCAS

Ila. Complexo *C. annuum*

-
<i>C. annuum</i> var. <i>annuum</i>	Linnaeus, 1753	Planície Mesoamericana, América
<i>C. annuum</i> var. <i>aviculare</i> (Dierbach, 1829)		Central, Europa, África, Ásia,
(var. <i>minimum</i> ou	D'Arcy &	América Latina.
<i>glabriusculum</i>)	Eshbaugh, 1973	América Latina
<i>C. chinense</i>	Jacquin, 1776	América Central, América do Sul e Amazônia.
<i>C. frutescens</i>	Linnaeus, 1753	América Latina, Central, México, Norte da América do Sul.
-

IIb. Complexo *C. baccatum*

-
<i>C. baccatum</i>	Linnaeus, 1767-1771	
<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i> (ou <i>C. pendulum</i>)	(Wildenow, 1808)	América do Sul, USA, Índia, Eshbaugh, 1968 América Central.
* <i>C. baccatum</i> var. <i>baccatum</i> (ou <i>C. microcarpum</i>)	Linnaeus, 1771	Bolívia, Peru, Paraguai, Eshbaugh, 1968 Argentina e Brasil.
* <i>C. praetermissum</i> (ou <i>C. baccatum</i> var. <i>praetermissum</i>)	(Heiser & Smith, 1958)	A.T. Hunziker, 1971 Brasil - Sul
* <i>C. baccatum</i> var. <i>tomentosum</i>	Hassler, 1918	A.T. Hunziker, 1950 -
* <i>C. galapogense</i>	A.T. Hunziker, 1956	Galápagos
* <i>C. chacoense</i> var. <i>tomentosum</i>	A.T. Hunziker, 1950	Argentina, Bolívia e Paraguai

continuaçã_o

 ESPÉCIES ESTRITAMENTE SELVAGENS

<i>C. buforum</i>	A.T. Hunziker, 1969	Brasil - Sul
<i>C. campylopodium</i>	Sendtner, 1846	Brasil - Sul
<i>C. coccineum</i>	(Rusby, 1927) A.T. Hunziker, 1961	Bolívia e Peru
<i>C. cornutum</i>	(Hiern, 1877-1878) A.T. Hunziker, 1961	Brasil-Sul
<i>C. dimorphum</i>	(Miers, 1849) O. Kuntze, 1891	Colômbia
<i>C. dusenii</i>	Bitter, 1920	Brasil-Sudeste
<i>C. geminifolium</i>	(Dammer, 1905) A.T. Hunziker, 1961	Colômbia e Equador
<i>C. mirabile</i>	Martius, 1846	Brasil - Sul
<i>C. hookerianum</i>	(Meira, 1849) O. Kuntze, 1891	Equador
<i>C. lanceolatum</i>	Greenman, 1904) Morton & Stand., 1940	Guatemala, Honduras e México
<i>C. leptopodium</i>	(Durval, 1852) O. Kuntze, 1891	-
<i>C. minutiflorum</i>	Rusby, 1927) A.T. Hunziker, 1961	
<i>C. parvifolium</i>	Sendtner, 1846	Brasil-norte, Colômbia e Argent.
<i>C. schottianum</i> var. <i>flexuosum</i>	Sendtner, 1846	Argentina, Brasil e Paraguai
<i>C. flexuosum</i>	Sendtner, 1846	Argentina, Brasil e Paraguai
<i>C. scolnikianum</i>	A.T. Hunziker, 1961	Peru
<i>C. villosum</i>	Sendtner, 1846	Brasil - Sul

continuação

ESPECIES ESTRITAMENTE SELVAGENS

<i>C. tomentosum</i> (Aureliana)	(Sendt) O. Kuntze, 1891	Brasil - Sul
<i>C. lucidum</i> (Solanum, aureliana ou Bassovia)	(Moriciand) O. Kuntze, 1891	-
<i>C. ciliatum</i>	(HBK) O. Kuntze	América Central

Fontes: IBPGR (1983), ANDREWS (1984), PICKERSGILL³
(comunicação pessoal a AGUIAR-PERECIN⁴, 1985).

OBS:

- a) Nomes entre parênteses relacionam os primeiros descritores.
- b) Espaços em branco relacionam informações incompletas ou indisponíveis.

Considerando basicamente caracteres relacionados ao fruto, os primeiros taxonomistas a descreverem espécies do gênero *Capsicum* encontraram uma extensiva sobreposição de nomes específicos, condicionada principalmente pela grande diversidade de variedades existentes no gênero.

³ PICKERSGILL, B. (University of Reading, Department of Botany, Reading, England).

⁴ AGUIAR-PERECIN, M.L.R. de (ESALQ/USP, Departamento de Genética, Piracicaba - SP).

Linnaeus ⁶ em 1753, na tentativa de reduzir o grande número de espécies descritas, propôs um sistema de classificação binomial onde reconheceu apenas duas espécies: *C. annuum* e *C. frutescens*, que foram distinguidas pelo hábito de crescimento herbáceo anual e arbustivo perene, respectivamente.

Vários autores passaram a adotar tal sistema ou a utilizar outros caracteres na distinção das várias formas existentes, contribuindo na descrição das espécies (SMITH & HEISER, JR., 1951; ANDREWS, 1984).

O problema da nomenclatura relacionado a *C. annuum* e *C. frutescens* foi resolvido quando SMITH & HEISER, JR. (1951) reconheceram que a falta de hibridação entre as espécies e diferenças morfológicas permitiam a separação das duas espécies em grupos distintos.

Anteriormente, HEISER, JR. & SMITH (1948) haviam relatado uma forma cultivada, diferente de *C. frutescens*, considerando aspectos como pubescência, formato e cor da corola, sementes e frutos entre outros e definiram tal material como *C. pubescens* R & P. Os mesmos autores (1951) também reconheceram *C. pendulum* Willdenow como espécie distinta.

⁶ LINNAEUS, C. Species plantarum. Ist. ed. Stockholm. 1753.

Num parecer final, SMITH & HEISER, JR. (1951), consideraram que análises individuais de caracteres morfológicos como número de pedicélos por nó, talo herbáceo, e frutescente, cor da corola, tamanho do fruto e outros, permitiram concluir que muitos desses caracteres tem pouco valor na distinção entre algumas espécies, principalmente *C. annum* e *C. frutescens*, em virtude da variabilidade e sobreposição na morfologia das variedades.

Entretanto, SMITH & HEISER, JR. (1951) distinguem claramente *C. pendulum* e *C. pubescens* R. & P. apenas por caracteres florais e de sementes, sendo flores púrpuras e sementes pretas característico de *C. pubescens* e flores brancas com manchas amarelas nos lobos da corola, de *C. pendulum*.

A despeito dessas divergências, o caráter cor da corola mostrou ser muito consistente na separação de *C. annum* e *C. frutescens*, sendo corola branca ou raramente púrpura e branco esverdeado, respectivamente.

É interessante salientar que Bailey⁶, 1930 citado por PICKERSGILL (1966), referiu-se aos caracteres forma e cor da corola como taxonomicamente importantes na distinção entre as espécies.

⁶ BAILEY, L. Various botanical and horticultural problems. Gentes Herbarum 2: 159-63, 1930.

Num trabalho posterior, SMITH & HEISER, JR. (1957) relataram uma quinta espécie domesticada, referida como *C. sinense* Jacq., apresentando corola amarela ou branca esverdeada, com três a cinco pedicelos por nó e uma constricção marcante na base do cálice no fruto, aspectos distintos das demais espécies e reportaram resultados de hibridação entre as cinco espécies cultivadas e sua distribuição geográfica.

Segundo ESHBAUGH (1964) o nome *C. sinense* Jacq., proposto por estes autores, foi escrito erroneamente (forma latinizada), segundo as Regras Internacionais de Nomenclatura Botânica, sendo o nome correto *C. chinense*, como sugerido pelo descritor deste material, Jacquim⁷ (1776).

Em sua extensa revisão sobre o assunto ESHBAUGH (1964, 1976) analisou aspectos referentes à taxonomia numérica, citogenética e distribuição geográfica e fez sugestões interessantes quanto a *C. chinense*. Sendo extremamente variável, tal espécie seria separada por variedades conforme formato e cor do fruto.

⁷ JACQUIM, N.J. Hortus botanicus vindobonensis. 3 vols.

Vienna: C.F.Wappler. 1770-1776.

Entretanto, o autor considerou que a distinção de *C. chinense* a partir de *C. frutescens* seria apenas artificial, haja visto que ambas são morfologicamente similares, chegando a formar um complexo de espécies simpátricas numa área geográfica considerável.

O referido autor propôs ainda que outras duas espécies consideradas inicialmente distintas, *C. pendulum* Willd. cultivada e *C. microcarpum* Cav. selvagem, fossem referidas como variedades botânicas de uma única espécie denominada *C. baccatum* L.

Dessa forma, o tipo cultivado passou a ser reconhecido como *C. baccatum* var. *pendulum* (Willd) Eshbaugh e o tipo selvagem como *C. baccatum* var. *baccatum*. As variedades deste complexo passaram a ser distinguidas, principalmente, pelo tamanho geral da planta e caracteres do fruto e flor, tendo a forma cultivada caracteres maiores, consequência direta da seleção artificial feita pelo homem durante o processo de cultivo.

ESHBAUGH (1964) relatou também, a utilização do nome *C. baccatum* para pimentas selvagens de frutos pequenos da América do Norte e Sul, consideradas como *C. annuum*, retomando assim a controvérsia quanto à nomenclatura das variedades cultivadas.

Num trabalho posterior (1976), o presente autor mencionou que o "tratamento das espécies domesticadas

tem causado maiores problemas taxonômicos, pois os trabalhos iniciais falharam em reconhecer que a domesticação de diferentes espécies tem levado à evolução de formas repetitivas no formato, tamanho e cor do fruto".

PICKERSGILL (1971) também relatou a utilização errônea do nome *C. baccatum* para formas selvagens de *C. annuum*. Ambas as espécies apresentam formas selvagens com frutos pequenos, eretos e decíduos que ocorrem como invasoras de habitats cultivados e perturbados e formas cultivadas de frutos grandes. Entretanto, tais formas podem ser taxonomicamente reconhecidas como variedades distintas, *C. annuum* var. *minimum* e *C. baccatum* var. *baccatum* selvagens e *C. annuum* var. *annuum* e *C. baccatum* var. *pendulum* cultivadas.

Algumas espécies selvagens também têm apresentado controvérsias quanto a sua classificação taxonômica. *C. praetermissum*, geralmente, tem sido referida como espécie selvagem relacionada ao grupo de *C. baccatum*.

Entretanto, Hunziker ⁸, 1971 citado por ANDREWS (1984) referiu-se a esta espécie como uma variedade de *C. baccatum* (*C. baccatum* var. *praetermissum*).

⁸ HUNZIKER. A.T. Estudios sobre *Solanaceae* VII. Contribucion al conocimiento de *Capsicum* y géneros a f i n e s . Kurtziana 6: 241 - 59, 1971.

Enquanto alguns autores relatam *C.schottianum* var. *flexuosum* e *C.flexuosum* como espécies separadas (IBPGR, 1983) outros referem-se à elas como única espécie, denominada *C.flexuosum* (HANKES et al 1979).

Num parecer concordante, os vários autores relacionaram a problemática da classificação taxonômica das espécies cultivadas como consequência da natureza transitória das variedades e da criação de novas formas através dos processos de hibridação e seleção natural e artificial das espécies selvagens, como resultado dos diferentes padrões adotados para a classificação e demonstraram que estudos de hibridação interespecífica, distribuição geográfica, citogenética e bioquímica tendem a auxiliar na elucidação desta questão (SMITH & HEISER, JR., 1951; HEISER, JR. & SMITH, 1957; ESHBAUGH, 1964, 1968, 1976, 1980; LIPPERT et al., 1966; SHOPOVA, 1966a; BALLARD et al., 1970; PICKERSGILL, 1971, 1977a e b, 1991; ANDREWS, 1984).

Existe apenas uma referência na literatura de *Capsicum* propondo a divisão do gênero em seções. Hunziker⁹, 1958 citado por ESHBAUGH(1964), sugeriu a divisão do presente gênero em três seções, conforme consta na Tabela 1.

⁹ HUNZIKER, A.T. Synopsis of the genus *Capsicum*. VIII Congress International de Botanique, Paris, 1954. Proceeding Sec.4 (2): 73-4. 1958.

Na primeira seção monotípica, denominada *Turbocapsicum* foi incluída apenas uma espécie, *C. anonnalum* Franch & sav., nativa do Velho Mundo e encontrada no Japão e Oriente, como Korea e China. Segundo PICKERSGILL, 1971, provavelmente, esta espécie não é *Capsicum* verdadeiro.

Na segunda seção, monotípica, *Pseudoacnistus* também foi incluída apenas uma espécie, *C. breviflorum* do sudoeste do Brasil, sul da Bolívia, Paraguai e norte da Argentina.

Na última seção, denominada *Capsicum* foram englobadas aproximadamente 30 espécies originárias da América Tropical e Subtropical, selvagens e cultivadas. Segundo Eshbaugh, 1982 (comunicação pessoal à ANDREWS, 1984) a validade dessa divisão ainda é questionável.

Morfologicamente, a seção *Capsicum* foi subdividida em grupos com base na cor da corola. Este sistema arbitrário de classificação reconheceu dois grupos, um de flores brancas e outro de flores púrpuras, ANDREWS (1984).

No grupo de "flores púrpuras" foram inicialmente incluídas quatro espécies: *C. eximium* A.T. Hunziker e *C. cardenasii* H. & S., da Bolívia, *C. pubescens* R. & P., dos Andes e América Central e *C. praetermissum*, do sudoeste do Brasil. Este grupo denominado *C. pubescens* forma um aglomerado distinto dentro da seção *Capsicum*.

No segundo grupo, de "flores brancas" ou corola branca e branca esverdeada com ou sem manchas amarelas, foram incluídas as espécies cultivadas de interesse comercial como *C. annuum.*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. baccatum*. Algumas alterações foram propostas para este sistema artificial provocando controvérsias e discussões.

Entretanto, mais recentemente, PICKERSGILL (1991) relatou que apesar de não existir uma classificação infragenérica definida, as espécies domesticadas e selvagens relacionadas formam um grupo coerente, denominado informalmente de pimentas verdadeiras ("true chili").

Neste grupo, as espécies de flores brancas *C. annuum*, *C. frutesces* e *C. chinense* seriam amplamente relacionadas e provavelmente conspecíficas, enquanto *C. baccatum* estaria mais relacionada aos taxa selvagens *C. praetermissum* H. & S., *C. chacoense* A.T. Hunziker e *C. galapagoense* A.T. Hunz. No grupo de flores púrpuras, por sua vez, seria incluída outra espécie selvagem *C. tovarii* (Peru).

Segundo a autora, como as relações de parentesco entre os taxa selvagens e as espécies cultivadas desses dois grupos de flores não estão totalmente esclarecidas e como as espécies selvagens restantes (Tabela 1) parecem ligar *Capsicum* a outros gêneros, os limites taxonômicos do gênero continuam incertos.

Entretanto, avaliações mais detalhadas de taxa cultivados e selvagens poderão esclarecer as relações filogenéticas das "true chili" e conseqüentemente determinar uma nomenclatura taxonômica mais precisa.

O grupo de flores brancas foi subdividido em dois grupos menores, grupo IIb com espécies relacionadas a *C. baccatum* e grupo IIa, englobando o complexo *C. annuum* - *C. chinense* - *C. frutescens*.

2.3. Origem e distribuição geográfica

Existe uma concordância geral quanto à origem de *Capsicum* no Novo Mundo. Evidências arqueológicas encontradas no México e Peru indicam a utilização de espécies de *Capsicum* pelas civilizações antigas desde 500 anos A.C. e 7.000 anos A.C.. Estas espécies foram trazidas para o Velho Mundo através dos primeiros exploradores, sendo introduzidas na Espanha por Cristovão Colombo em 1493, ANDREWS (1984).

Um amplo cultivo se deu da Região Mediterrânea para a Inglaterra em 1548 e para a Europa Central, onde tiveram uma aceitação imediata. Em 1585, os portugueses levaram variedades de *Capsicum* do Brasil para as Índias, onde foram prontamente adotadas, sendo que o cultivo dessas espécies foi registrado, posteriormente, na China.

Após sua introdução na Europa, *Capsicum* foi disperso por várias partes do mundo, sendo também introduzido na América do Norte.

As espécies cultivadas e selvagens de *Capsicum* tem suas origens na América Central, particularmente na América do Sul (HEISER, JR. & SMITH, 1957; LIPPERT et al., 1966; ANDREWS, 1984).

Capsicum annum, espécie mais variável e cultivada do gênero, apresentando desde formas não pungentes (pimentões) até formas altamente pungentes (pimentas tipo Páprika) teve sua origem e domesticação a partir da América Central em períodos pré-colombianos (SMITH & HEISER, JR., 1957).

C. annum var. *annuum*, forma cultivada apresenta como maior centro geográfico de origem e diversidade a Planície Mesoamericana, sendo seus centros primários no México e América Central e os centros secundários na Europa Central e Sul, África, Ásia e partes da América Latina, como a Guatemala. O aparecimento desta espécie cultivada na América do Sul ocorreu, provavelmente, como consequência de introduções pós-colombianas (SMITH & HEISER, JR., 1957; PICKERSGILL, 1966, 1971; ESHBAUGH, 1976; ANDREWS, 1984).

C. annum var. *minimum* (Miller) Heiser, ou var. *aviculare* ou ainda var. *glabriusculum* é a forma selvagem ou invasora de habitats perturbados ou cultivados, de matas profundas e margens de florestas,

conhecida como "Bird Peppers" ou "Chili Pequino", sendo encontrada desde o Sul dos Estados Unidos até o México, América Central, Caribe, Norte da América do Sul, Colômbia, Antilhas e ,provavelmente, nas planícies tropicais do Peru.

Supõem-se que esta variedade (*minimum*) apresenta uma ampla diversidade de formas na Colômbia e que sendo primitivamente selvagem nessa região não pode ser considerada um escape a partir do processo de cultivo.

Tem sido proposto também que esta variedade é o possível progenitor selvagem das formas cultivadas de *C. annuum* e que representa o pool gênico mais próximo às domesticadas (PICKERSGILL, 1966, 1971; ESHBAUGH, 1976; McLEOD et al. 1983).

C. frutescens, espécie amplamente distribuída como selvagem ou semi-domesticada por toda a América Tropical e Subtropical é originária a partir da América do Sul, mais provavelmente na Bacia Amazônica, nas planícies da Colômbia e Peru.

Enquanto as formas selvagens estão dispersas através da América Latina, na Índia e por todas as Ilhas da Polinésia, a forma cultivada se encontra distribuída pelo México, América Central e Norte da América do Sul (Colômbia, Costa Rica, Guatemala, Porto Rico, Venezuela) e no Caribe, mostrando-se relativamente invariável quando comparada à outras espécies cultivadas.

Aparentemente a única variedade domesticada "Tabasco" é cultivada ao extremo dos trópicos e em grande escala apenas no sul dos Estados Unidos, entretanto, tais registros tem sido omitidos por se tratarem de introduções recentes (LIPPERT et al. 1966; PICKERSGILL, 1966, 1971; ESHBAUGH, 1976; IBPGR, 1983; ANDREWS, 1984).

O centro de origem de *C. baccatum* L. é, provavelmente, a região das planícies subtropicais da Bolívia, sendo conhecida como "Aji" pela América do Sul.

A forma selvagem, *C. baccatum* var. *baccatum*, conhecida como "Arivivi", uma réplica reduzida do tipo domesticado, com frutos pequenos, eretos e decíduos é distribuída pela Bolívia, Peru, Paraguai, Argentina e Brasil, sendo seus centros primários de maior concentração na Bolívia Central e Norte da Argentina. A coleta incompleta deste material e a ocorrência de habitats desfavoráveis podem refletir a descontinuidade de distribuição nas demais áreas.

A variedade cultivada, *C. baccatum* var. *pendulum*, conhecida como "Aji Escabeche" no Peru e "Harta de Toró" na Bolívia, seus centros primários, apresenta uma distribuição mais extensiva através da América do Sul. Se estende desde o Peru Central, norte da Argentina, oeste do Paraguai, sudeste do Brasil, Chile, Equador e Colômbia, tendo também introduções na Costa Rica, Hawaii, Sul dos Estados Unidos, Índia e outros países. De um modo geral, esta ampla distribuição cultivada reflete seu cultivo pelo

homem (PICKERSGILL, 1971, 1976; ESHBAUGH, 1964, 1968, 1976, 1980, ANDREWS, 1984).

C. chinense Jacq., parece estar claramente relacionada a *C. frutescens*, onde nenhum caráter morfológico individual é eficiente em separá-las como espécies distintas. Sendo amplamente cultivada na América tropical, a leste dos Andes, *C. chinense* se encontra distribuída pela América Central, Caribe e região central da América do Sul e tem seu centro de maior diversidade na Região Amazônica. Ocorrendo também no Peru e Bolívia esta espécie se sobrepõem aos limites geográficos de *C. annuum* e *C. baccatum* (PICKERSGILL, 1966, 1971; ESHBAUGH, 1976; McLEOD et al. 1983).

C. pubescens R. & P., reconhecida como "Rocoto" nos Alpes Andinos e "Chamboroto" na Guatemala é cultivada em elevadas altitudes na América do Sul andina. Sendo a única espécie cultivada sem uma raça invasora ancestral definida é distribuída pelos Andes, Bolívia, Colômbia, México e América Central.

Esta espécie é facilmente distinta das demais por apresentar corola púrpura com centro branco e sementes pretas e demonstra afinidades ao complexo *C. cardenasii* / *C. eximium*, formas selvagens com máxima concentração e diversidade na Bolívia. Supõem-se que uma dessas duas espécies seja o progenitor ancestral de *C. pubescens* e que sua origem se deu, provavelmente, em

regiões de média elevação na Bolívia (ESHBAUGH, 1976, 1980; ANDREWS, 1984).

Entre as diversas espécies selvagens algumas tem sido avaliadas quanto a sua origem e distribuição geográfica e relações de afinidade em cruzamentos interespecíficos na tentativa de se estabelecer suas ligações com os tipos cultivados.

C. chacoense var. *tomentosum* A. T. Hunziker, conhecida como "Covincho" apresenta corola branca rotata e distribuição pela Argentina, Bolívia e Paraguai. ESHBAUGH (1980), considerando que apesar desta espécie não ter sido bem reconhecida como verdadeira, existem vários trabalhos demonstrando sua relação genética com formas cultivadas. O mesmo autor (1988) refere-se à grande dificuldade em coletar germoplasma deste material na Bolívia e evidencia a necessidade de se entender os sistemas e estratégias de reprodução dos taxa selvagens, para melhor avaliação das espécies.

C. praetermissum H. & S., designada como "cumari", se apresenta como planta arbustiva com corola roxa ou púrpura-marginada com manchas amarelas nos lobos e tem distribuição restrita ao sul do Brasil, principalmente, ocorrendo como subespontânea na região pluvial atlântica.

C. flexuosum Sendt., referida inicialmente como *C. schottianum* Sendt. e conhecida como pimenta brava, apresenta corola branca ou amarela com manchas amarelas nos lobos, fruto globoso, pequeno e decíduo. Espécie hidrófita

seletiva, ocorre em locais úmidos da mata pluvial da encosta atlântica, sendo distribuída pelo litoral do Brasil, Argentina e Paraguai.

Apesar do considerável número de espécies descritas para o gênero, não há informações disponíveis para todos os materiais.

Atualmente o IBPGR - International Board for Plant Genetic Resources relacionado a FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations tem promovido uma maior integração das informações disponíveis para o gênero, na tentativa de padronizar a terminologia das espécies, divulgar novas introduções, descrições e chaves de classificação.

2.4. Domesticação e evolução

Através da análise das possíveis relações existentes entre os taxa selvagens e cultivados de *Capsicum*, alguns autores estabeleceram suposições quanto aos processos de domesticação das espécies e evolução no gênero. Informações sobre espécies isoladas ou das relações entre as várias espécies podem auxiliar na elucidação de tais processos.

Segundo HEISER, JR. & PICKERSGILL (1969), *C. annuum* var. *minimum* pode ter se originado ao norte da América do Sul e se espalhado como selvagem pela América Central, originando um grande número de formas cultivadas

através dos processos de domesticação e seleção pelas populações agrícolas locais.

PICKERSGILL (1966), em sua extensa explanação sobre a variabilidade de caracteres morfológicos e relações de parentesco em *Capsicum chinense*, relatou que esta espécie se mostra altamente variável, sugerindo que a domesticação se deu a partir de um ancestral também variável. Em virtude do amplo contato com *C. frutescens* invasora, em consequência da cultivação, ocorreram hibridações e introgressões entre as duas espécies.

Tais eventos levaram à incorporação de material genético de *C. frutescens* em *C. chinense*, o que explicaria a relação de ancestralidade entre essas espécies. Entretanto, esta suposição é refutada pelo fato de que *C. frutescens* tem se mostrado relativamente invariável, conforme mencionado por ESHBAUGH (1964).

PICKERSGILL (1967) avaliando os possíveis mecanismos de isolamento interespecífico existentes entre *C. pendulum*, com centro de diversidade a oeste dos Andes, e *C. chinense*, a leste dos Andes, sugeriu que estas duas espécies eram inicialmente alopátricas.

A expansão de *C. chinense* cultivada, a partir do Peru alguns séculos após *C. pendulum* conduziu essas espécies à simpátria e durante o processo de domesticação foram estabelecidas barreiras genéticas que restringiram o fluxo gênico existente.

Numa revisão posterior, PICKERSGILL (1971) questionou se a determinação das relações de parentesco entre formas cultivadas e invasoras das cinco espécies domesticadas de *Capsicum* poderia evidenciar a origem dos tipos cultivados a partir das formas invasoras. Relacionando estudos de distribuição geográfica, hibridação, morfologia cromossômica e de registros arqueológicos a autora considerou que nenhum destes aspectos individuais é suficiente para produzir evidências conclusivas sobre esta relação.

Entretanto, a mesma autora propôs que as variedades cultivadas evoluíram a partir de progenitores selvagens invasores e que a especiação no gênero evidencia a existência de centros independentes de domesticação nas Américas ao invés de um centro único. Um estudo pormenorizado das raças invasoras seria necessário para se determinar quando, como e onde este processo aconteceu.

Dentro deste contexto, ESHBAUGH (1974) relatou que das espécies cultivadas, quatro delas foram domesticadas na América Latina em localizações geográficas diferentes, em diferentes períodos de tempo, enquanto a origem da domesticação em *C. pubescens* parece indeterminada.

Considerando que esta espécie é encontrada em sítios de média elevação nos Andes sul americanos e em habitats similares na América Central, que tipos de frutos menores são confinados ao sul do Peru e Bolívia, áreas atribuídas a *C. cardenasii* e *C. eximium* e que híbridos entre

estas três formas são férteis e similares, o autor elaborou duas suposições importantes. A espécie progenitora de *C. pubescens* poderia estar localizada no complexo *C. cardenasii* / *C. eximium* e a domesticação, provavelmente, aconteceu na Bolívia.

HEISER, JR. (1976), concordando com os trabalhos acima, referiu-se a *C. baccatum*, *C. chinense* e *C. pubescens* como domesticadas em locais diferentes da América do Sul, *C. annuum* no México e *C. frutescens* na América Central.

ESHBAUGH (1976) salientou que para um melhor entendimento da evolução das espécies cultivadas de *Capsicum* é necessário considerar aspectos morfológicos e de distribuição geográfica dessas espécies e de seus possíveis parentais selvagens, levando-se em conta que tais aspectos tem sido modificados pelas atividades humanas. De uma maneira geral, o autor relatou que as formas domesticadas são efetivamente isoladas dos tipos selvagens através do processo de cultivo.

PICKERSGILL (1977b) avaliou os principais problemas relacionados à taxonomia, origem e evolução de plantas cultivadas do Novo Mundo, considerando os processos de domesticação e especiação e o papel das formas invasoras na evolução das espécies domesticadas.

Segundo a autora, em *Capsicum* persiste a dúvida se a especiação precedeu a domesticação, o que implicaria na domesticação independente das espécies

cultivadas a partir de ancestrais selvagens distintos, ou se a especiação procedeu a domesticação, onde apenas uma domesticação seria evidenciada.

Dentre as espécies domesticadas, *C. baccatum* e *C. pubescens* possuem caracteres morfológicos tão distintos que provavelmente foram domesticados independentemente a partir de espécies selvagens distintas. *C. baccatum* var. *pendulum* seria, portanto, derivada de tipos selvagens da mesma espécie.

Entretanto, *C. annuum*, *C. chinense* e *C. frutescens* formam três grupos provavelmente originados a partir de partes diferentes do mesmo complexo ancestral de espécies selvagens, o qual não estava completamente diferenciado. Tal complexo ocorreu por toda a Mesoamérica, América do Sul, Antilhas e Sul da América do Norte, originando as formas cultivadas (PICKERSGILL, 1978).

Dentro deste contexto parece evidente, para o grupo cultivado, que em *C. baccatum* e *C. pubescens* a especiação precedeu a domesticação, enquanto nas demais espécies cultivadas a especiação foi acentuada pelo processo de domesticação. Tal domesticação levou, principalmente, a grandes modificações nos frutos, onde os frutos pequenos, eretos e decíduos foram substituídos por frutos graúdos, não decíduos e pendentes com uma variação enorme para coloração, além de conduzir a evolução das espécies rumo a autogamia, como observado em várias espécies (PICKERSGILL, 1977b).

Com base nas diversas evidências morfológicas e de distribuição geográfica algumas teorias evolutivas foram propostas para o gênero como um todo.

McLEOD et al. (1983) relataram propostas que sugerem uma origem monofilética dos taxa domesticados a partir de um único tipo selvagem. Neste caso, foi proposto que *C. frutescens* é o único progenitor selvagem de todas as espécies domesticadas de *Capsicum*.

HEISER, JR. et al. (1971) por sua vez propuseram que cada taxon domesticado se originou de um ancestral selvagem distinto, através de processos evolutivos independentes.

Neste contexto, a evolução em *Capsicum* teria ocorrido a partir de quatro ou cinco progenitores selvagens distintos, cada um originando independentemente uma forma domesticada. Tal hipótese tem sido evidenciada através de análises morfológicas, cariotípicas e de reprodução (McLEOD et al. 1983).

A terceira hipótese evolutiva sugeriu três linhas independentes de evolução, onde *C. baccatum* var. *pendulum* teria origem a partir de *C. baccatum* selvagem da Bolívia, *C. pubescens* teria evoluído do complexo ancestral *C. cardenasii* / *C. eximium* e o complexo *C. annum*, *C. frutescens* e *C. chinense* teria evoluído a partir de um ancestral selvagem comum da Amazônia (ESHBAUGH, 1980; McLEOD et al. 1979, 1982, 1983).

A hipótese atualmente aceita, elaborada por McLEOD et al. (1982, 1983), sugere que o gênero *Capsicum* teve sua origem numa área nuclear na Bolívia Central a partir de *C. chacoense* ou de seus ancestrais não modificados. Esta espécie teria originado os grupos de flores brancas e flores púrpuras (Figura 1).

No grupo de flores púrpuras, *C. eximium* teria migrado até os Andes e originado *C. cardenasii*, como população fundadora local e *C. pubescens* como domesticada, sob a ação da seleção direcional e deriva genética.

O grupo de flores brancas teria migrado para regiões adjacentes à área nuclear originando o grupo *C. baccatum* em áreas secas ao sul da Bolívia.

A forma selvagem de flores brancas continuou sua migração pela Planície Amazônica desenvolvendo os progenitores selvagens do grupo *C. annum*.

Figura 1. Modelo proposto para a evolução das espécies domesticadas no gênero *Capsicum*. Teoria atual (McLEOD et al. 1982,1983).

Apesar desta hipótese, sugerida por McLEOD et al. (1983) ter sua validade comprovada sob determinados aspectos, mais dados são necessários para sua plena confirmação, principalmente através de coleções a partir da área nuclear, Brasil e região amazônica (onde um processo de erosão genética está se estabelecendo rapidamente).

2.5. Biossistemática

A biossistemática, definida como ciência que se propõe a correlacionar diferentes informações sob o ponto de vista citológico, bioquímico, genético, morfológico e ecológico, vem sendo amplamente explorada no estabelecimento das reais bases taxonômicas e evolutivas entre diferentes grupos vegetais.

A aplicabilidade de estudos de morfologia clássica, taxonomia numérica, análises quimiotaxonômicas e análises citotaxonômicas, relacionando a determinação do número e morfologia cromossômicas, padrões cariotípicos, quantidade de DNA nuclear e comportamento meiótico tem sido extensivamente avaliada.

Tais estudos, além de permitirem interpretações alternativas das informações relacionadas na literatura, pois avaliam o material vegetal sob enfoques diferentes, tem possibilitado a elaboração de novas suposições.

Como dito anteriormente, o gênero *Capsicum*, objeto de inúmeras especulações em virtude de sua ampla variabilidade genética e fenotípica, intra e interespecífica, tem apresentado grandes divergências quanto a sua taxonomia e evolução e isto tem conduzido a um elaborado estudo biossistemático de suas espécies.

Na tentativa de se elucidar as diversas questões taxonômicas e sistematicas, bem como àquelas referentes às relações fitogenéticas e evolutivas neste gênero diversos trabalhos foram realizados e suas contribuições podem ser então relatadas.

2.5.1. Análises quimiotaxonômicas

Considerando as potencialidades de um estudo bioquímico comparativo, BALLARD et al. (1970) avaliaram o comportamento de flavonóides em várias coleções selvagens e domesticadas de *Capsicum* distribuídas pela América do Sul, América Central e México.

Partindo-se da premissa que tais flavonóides representam um grupo de constituintes celulares que estão sob controle genético e que não são afetados por condições ambientais, sua identificação e caracterização, através de cromatografia e espectroscopia de absorbância, podem permitir a avaliação da diversidade entre as espécies.

Os resultados deste estudo levaram ao reconhecimento de um grupo de flores branco-púrpuras,

intermediário entre os grupos distintos anteriormente (Figura 1).

No grupo I (flores brancas), de *C. baccatum* selvagem e cultivada, a composição de flavonóides foi idêntica entre as variedades e diferente das demais espécies, comprovando assim a distinção desta espécie.

No grupo II intermediário, a presença de vitexina em *C. eximium* var. *eximium* permitiu sua distinção a partir de *C. eximium* var. *tomentosum* e estas dos demais taxa.

Apesar de *C. praetermissum* pertencer a este grupo, segundo determinação dos autores, sua composição de flavonóides não foi avaliada.

O grupo III, de flores púrpuras, evidencia *C. cardenasii*, de corola púrpura campanulada e vários flavonóides, como distinta de *C. pubescens* que apresenta ausência de C-glico-flaxonas.

A despeito da diferenciação entre os taxa ser consistente, tais resultados divergiram de ESHBAUGH (1984) o qual inclui *C. eximium* no grupo III, de flores púrpuras.

Segundo BALLARD et al. (1970) esta espécie pode formar uma ponte entre os grupos I e III através de hibridações com *C. baccatum* e o grupo intermediário, provavelmente surgiu a partir de hibridações entre as espécies de flores brancas e flores púrpuras.

Os autores relacionaram, ainda, que este agrupamento é artificial e objeto de alterações a partir da análise de outros materiais.

Em sua revisão sobre o assunto, ESHBAUGH (1976) fez uma integração entre as informações disponíveis sobre estudos bioquímicos, genéticos e de distribuição geográfica das espécies de *Capsicum* para avaliar as relações filogenéticas no gênero.

O autor relatou que *C. praetermissum* H. & S., 1958, encontrada no Brasil apresenta a mesma composição de flavonóides de *C. baccatum*, sendo transferida para o grupo de flores brancas e que, apesar das duas espécies se hibridizarem facilmente, seus híbridos F₁ mostram viabilidade reduzida, variando de 0 a 64%.

Como *C. praetermissum* foi proposta para constituir uma variedade de *C. baccatum*, tais resultados mostraram-se contraditórios conduzindo a um novo dilema taxonômico.

As análises de flavonóides de *C. pubescens*, *C. eximium* e *C. cardenasii* relacionadas pelo presente autor, corroboram com as investigações de BALLARD et al. (1970), além de sugerir que *C. pubescens* está quimicamente mais distante de seus prováveis parentais selvagens *C. cardenasii* e *C. eximium*.

Na tentativa de se determinar as variações intra e interespecífica no gênero *Capsicum*, McLEOD et al. (1979) avaliaram 15 padrões isoenzimáticos de espécies

selvagens e domesticadas do grupo de flores púrpuras, bem como a similaridade entre os taxa, através da determinação da distância genética deduzida por NEI (1972).

Dentre as espécies, *C. tovarii* apresentou um padrão de bandas totalmente distinto das outras espécies e maior distância genética, sendo considerada, reconhecidamente, como "espécie biológica verdadeira".

C. cardenasii e *C. eximium* mostraram ser essencialmente idênticas quanto aos sistemas enzimáticos avaliados, apresentando também distância genética muito próxima e grande facilidade de hibridação e por isso foi sugerido o reconhecimento destes taxa como uma única espécie biológica.

Os padrões eletroforéticos e de hibridação sugerem, entretanto, que *C. pubescens* está mais relacionada a *C. eximium* e que *C. cardenasii* é uma forma derivada de *C. eximium*.

Neste ponto deve ser considerada a suposição da origem de *C. cardenasii* a partir de uma população de *C. eximium*, na qual alterações genômicas conduziram à modificação da corola rotata para campamulada forçando assim a alogamia. Apesar das barreiras de isolamento não se mostrarem efetivas, as alterações evolutivas nas espécies conduziram à sua separação.

Num estudo mais elaborado McLEOD et al. (1982, 1983) avaliaram o padrão eletroforético de 15 proteínas enzimáticas e não enzimáticas codificadas por 26

loci gênicos, para espécies incluídas nos três grupos de flores e para *C. chacoense*. Através da determinação das freqüências alélicas e posterior heterozigosidade, considerada uma medida de diversidade genética, as espécies foram avaliadas e comparadas, visando elucidar suas relações de afinidade.

Pela análise dos resultados foi possível observar que os três grupos de espécies selvagens e domesticadas são claramente reconhecidos e relacionados.

C.eximium, *C.cardenasii* e *C.praetermissum* parecem ter origem a partir de pequenas populações selvagens isoladas, enquanto *C.baccatum* var. *pendulum* foi domesticada diretamente do tipo selvagem var. *baccatum*.

No subgrupo de *C.annuum* a similaridade bioquímica entre as espécies cultivadas permitiu inferir que domesticações independentes e múltiplas ocorreram a partir de um grupo de espécies selvagens politípicas amplamente distribuídas.

A contribuição mais importante desses trabalhos se relacionam à *C.chacoense*, incluída no grupo de flores brancas mas com grandes afinidades ao grupo de flores púrpuras. Tal espécie apresenta indícios de ser a forma ancestral ou um descendente direto do ancestral dos dois grandes grupos em *Capsicum*, localizado numa área nuclear na Bolívia.

Dentro deste contexto parece evidente que as diferentes análises bioquímicas apresentam grande potencial

na caracterização das espécies e esta perspectiva, aliada a aspectos morfológicos e geográficos podem permitir a estruturação das relações filogenéticas entre os taxa e uma maior especulação sobre a evolução neste gênero.

Numa outra perspectiva, as isoenzimas, consideradas marcadores genéticos úteis na elucidação da estrutura gênômica dos organismos, tem sido aplicadas no melhoramento vegetal, pois permitem a determinação da variabilidade genética em várias espécies e populações.

Analisando exemplares de *C. annum*, *C. baccatum*, *C. chinense* e *C. frutescens*, BELLETTI et al. (1992) demonstraram níveis elevados de polimorfismo isoenzimático entre as espécies e níveis de polimorfismo intraespecíficos reduzidos. Segundo os autores, o uso de tais marcadores em programas de melhoramento seria mais proveitoso quando diferentes espécies forem avaliadas.

MERINO et al. (1992) observou que diversas populações de *C. annum* L. var. *annuum* não apresentaram variações nos padrões enzimáticos, sendo tais sistemas considerados monomórficos. A ausência de variabilidade genética nestas populações, para os sistemas avaliados, estaria relacionada a grande adaptação das populações nas áreas de cultivo e a manutenção das gerações através de seleção de sementes.

Os autores consideraram, ainda, que a variabilidade genética a nível isoenzimático pode não corresponder aos padrões de variação morfológica, haja

visto que taxa morfológicamente diferenciados apresentam os mesmos sistemas enzimáticos.

Avaliando a aplicabilidade das isoenzimas como marcadores genéticos no melhoramento de *Capsicum*, ANDRZEJEWSKI (1992) analisou populações de *C. annum*, *C. baccatum* e *C. chacoense*, híbridos intervarietais e gerações de retrocruzamento.

Plantas com padrões isoenzimáticos alterados seriam selecionadas para o melhoramento através de heterose, em experimentos de macho esterilidade e resistência a doenças. Alguns sistemas mostraram-se monomórficos, indicando ausência de variabilidade genética e origem homogênea do material, enquanto outros apresentaram variações em certas gerações. Segundo o autor, avaliações isoenzimáticas constituem um método relativamente simples na seleção de materiais para fins de melhoramento.

2.5.2. Estudos citogenéticos e suas contribuições à biossistemática e evolução.

De um modo geral, os estudos citogenéticos partem da premissa de que análises do complemento cromossômico nos diversos grupos de seres vivos podem fornecer informações essencialmente básicas para a caracterização citológica e distinção de espécies.

Entre os estudos citológicos que visam, principalmente, esclarecer aspectos da organização estrutural e do comportamento cromossômico através de avaliações comparativas e diferentes metodologias, podemos incluir: contagem do número cromossômico e análise da morfologia de cromossomos mitóticos e meióticos, para o estabelecimento de padrões cariotípicos; análises do comportamento de espécies e híbridos intra e interespecíficos quanto ao pareamento meiótico, para avaliação da homologia genômica e análises da estrutura genômica pela determinação de tipos de DNA, evidenciados por métodos citoquímicos, hibridização *in situ*, técnicas de bandamento cromossômico e moleculares como RFLP, RAPD, QTL entre outros.

Diversos autores consideram, entretanto, que a aplicação de tais estudos cromossômicos na biosistemática vegetal e animal pode ser mais efetiva quando em conjunto com a avaliação de parâmetros morfológicos, ecológicos, geográficos e outros, sendo que esta interação pode conduzir a uma determinação mais precisa de padrões taxonômicos, relações filogenéticas e dos mecanismos evolutivos aparentes nos organismos (STEBBINS, 1950; JONES, 1970; DE LUCCA & AGUIAR-PERECIN, 1978; QUMSIYEH & BAKER, 1988; SHARMA & LANGER, 1988; TEJAVATHI & NIJALINGAPPA, 1990).

No decorrer das últimas quatro décadas observou-se um crescente interesse na determinação de

parâmetros que possam auxiliar na caracterização morfológica e estrutural dos cromossomos.

Segundo STEBBINS (1950, 1971) várias características morfológicas dos cromossomos podem ser utilizadas para a caracterização e diferenciação de cariótipos.

Entre estas características o tamanho cromossômico absoluto e relativo, a posição da constricção centromérica, o número, o tamanho e a posição de constricções secundárias e satélites e a quantidade e distribuição de heterocromatina tem sido analisadas, possibilitando avaliações comparativas intra e interespecíficas, bem como a determinação de polimorfismos cromossômicos em diferentes grupos vegetais (MALIK & THOMAS, 1966; PICKERSGILL, 1977a; VOSA, 1984; AGUIAR-PERECIN, 1985b).

Relacionando as variações que podem ocorrer nestas características cromossômicas STEBBINS (1958, 1971) elaborou hipóteses que pudessem explicar a origem e significado evolutivo dessas alterações, bem como sua ocorrência em diferentes grupos como *Gramineae*, *Liliaceae*, *Malvaceae*, *Ranunculaceae*, entre outros.

Numa análise sintética, o autor propôs que diferenças no tamanho absoluto dos cromossomos refletem alterações no conteúdo de DNA nuclear, duplicações gênicas ou politenia, enquanto as diferenças no tamanho relativo, posição do centrômero, número cromossômico básico e número,

tamanho e posição de satélites implicam em rearranjos estruturais ocorridos no complemento cromossômico.

Levitzky ¹⁰, 1931 citado por STEBBINS (1971) foi pioneiro no estabelecimento dos conceitos de simetria e assimetria cariotípica.

O cariótipo simétrico, definido como aquele contendo cromossomos de tamanho similar e centrômeros medianos ou submedianos, seria considerado primitivo, a partir do qual vários cariótipos especializados seriam derivados.

Alterações graduais no comprimento relativo de alguns cromossomos em relação a outros do mesmo complemento e variações na posição dos centrômeros, passando a subterminais ou terminais conduziriam a cariótipos mais heterogêneos, definindo assim a assimetria cariotípica.

A partir destes conceitos STEBBINS (1958) elaborou um sistema de classificação cromossômica para a avaliação da assimetria cariotípica, relacionando as diferenças entre os cromossomos maiores e menores do complemento e quanto à posição do centrômero. O presente autor utilizou o conceito de simetria cariotípica para a avaliação dos tipos de cariótipos e correlacionou os mesmos com tipos mais primitivos e mais evoluídos.

¹⁰ LEVITZKY, G.A. The karyotype in systematics. Bull. Appl. Bot. Genet. Plant. Breeding. 27: 220-40, 1931.

Posteriormente, HUZIWARA (1962) determinou um índice alternativo para estabelecer o grau de simetria dos cariótipos. Este índice (TF %), estimado pela relação entre os braços curtos e o comprimento cromossômico total do lote haplóide, apresenta um limite de variação de 0 a 0.5, onde os maiores valores se referem a cariótipos mais simétricos ou mais primitivos.

Outros parâmetros tem sido empregados para estimar a assimetria cariotípica, como em *Aveneae* (ZARCO, 1986) e *Compositae* (MUGNIER & YAKOVLEV, 1987).

MALIK & THOMAS (1966) demonstraram diferenças significativas entre cariótipos diplóides e poliplóides de *Lolium* e *Festuca*, bem como intergradações na assimetria cariotípica, onde as espécies diplóides eram mais simétricas.

Os cromossomos nestes dois grupos foram claramente identificados através dos caracteres morfológicos citados e foi possível determinar a origem alopoliplóide da maioria dos tipos poliplóides em *Festuca*.

Análises de espécies diplóides da seção *Arachis*, gênero *Arachis* permitiram a STALKER & DALMACIO (1981) identificar e caracterizar os cromossomos somáticos das espécies avaliadas. Os autores demonstraram que apenas *A. batizocoi* apresenta cariótipo assimétrico, sugerindo sua recente origem na presente seção.

Apesar da maioria dos trabalhos interpretarem a condição de simetria cariotípica como

primitiva, JONES (1970) observou a necessidade de se reavaliar tal conceito. Determinando o centrômero como principal ponto de referência dos cromossomos, o autor propôs a reavaliação da hipótese do centrômero mediano como condição ancestral primitiva, considerando que os diferentes organismos evoluem seus complementos cromossômicos de diferentes maneiras.

Em certos grupos de plantas e animais, existem espécies com cariótipos altamente similares e conservados, enquanto outros apresentam cariótipos consideravelmente divergentes.

A evolução cromossômica tem, provavelmente, ocorrido por rearranjos estruturais ou numéricos e ou alterações no conteúdo de DNA nuclear que conduzem a uma reorganização na estrutura do cariótipo promovendo maior assimetria cariotípica.

Avaliando espécies de *Haemanthus* L. VOSA (1984) demonstrou que apesar deste gênero ser cromossomicamente uniforme a ocorrência de alterações estruturais promove a diferenciação entre grupos de espécies, concordando com as análises taxonômicas convencionais. Segundo o autor, tais rearranjos cromossômicos são freqüentes no gênero e provavelmente se estabeleceram como homozigotos, levando à formação de novos cariótipos como no complexo *H. humilis*.

Uma série de trabalhos tem evidenciado a ocorrência de tais alterações cromossômicas estruturais em

animais e plantas e tem tentado esclarecer a função desses eventos no processo de especiação e evolução dos organismos (STEBBINS, 1958, 1971; MURRAY, 1975; DE LUCCA & AGUIAR-PERECIN, 1976; VOSA, 1986; KING, 1987; BIANCHI et al. 1988; PARKER et al. 1988; QUNSIYEH & BAKER, 1988; SHARMA, 1988).

A posição, número e tamanho de constricções secundárias e satélites cromossômicos têm sido avaliados em muitos grupos vegetais por se mostrarem úteis na caracterização e distinção de espécies.

Tais constricções secundárias, correspondentes às regiões organizadoras do nucléolo e localizadas através de métodos de impregnação pela prata e hibridação *in situ*, apresentam ampla distribuição e variação, sendo portanto, consideradas essenciais ao complemento cromossômico.

Apesar das poucas informações sobre as alterações evolutivas relacionadas a estas estruturas, sugere-se que tais marcadores podem ser perdidos ou incorporados no decorrer do processo evolutivo, que seu tamanho pode sofrer acréscimos ou decréscimos e que sua atividade referente à RON pode ser variável (STEBBINS, 1950; MURRAY, 1975).

Num estudo comparativo entre espécies de *Lolium* e *Festuca*, MALIK & THOMAS (1966) estabeleceram relações de caracterização e diferenciação cromossômica baseadas na avaliação destes parâmetros e suas correlações com o sistema reprodutivo.

Para o grupo *Lolium*, os autores concluíram que as espécies autógamas e alógamas apresentam diferenças no comprimento relativo, relação de braços e posição da constricção secundária no cromossomo 1, condicionadas exclusivamente por rearranjos cromossômicos estruturais, porém mutações gênicas parecem estar envolvidas na diferenciação de várias espécies.

Apesar de não haver clara distinção entre as espécies com relação à simetria cariotípica, exceto para *F. polesica*, o grupo *Festuca* apresentou diferenças cariotípicas marcantes para as características analisadas nas espécies diplóides e poliplóides.

O heteromorfismo cariotípico, observado neste grupo foi devido, principalmente, a rearranjos cromossômicos como deleções, translocações e inversões, sendo que tais eventos, em conjunto com a anfiplastia, podem ser responsáveis pela heterogeneidade na morfologia dos cromossomos satelitados.

Analisando 160 clones diplóides e triplóides de *Disporum sessile* Don, FUJISHIMA & KURITA (1973) demonstraram não haver diferenças marcantes na estrutura cromossômica entre os 11 cariótipos encontrados para esta espécie, mas apenas variações quanto ao número e posição de satélites. Os autores consideraram que o decréscimo observado no tamanho cromossômico é consequência da perda gradual do satélite presente na porção distal do braço cromossômico.

PICKERGILL (1991) relatou que algumas espécies de *Capsicum* variam quanto ao número, tamanho e posição de satélites e constricções secundárias, correspondentes à NORs ou sítios transcrpcionais de RNA ribossomal. Tais regiões organizadoras do nucléolo apresentam-se ativas ou não em determinadas condições, sendo encontradas em número variável (de 1 a 3) por complemento haplóide neste gênero.

Desse modo, algumas NORs são consistentemente expressas na forma de constricção secundária, sendo utilizadas como marcadores citológicos, enquanto outras são variavelmente expressas não servindo para tal propósito. Segundo a autora, o fenômeno de anfiplastia ou dominância nucleolar pode ocorrer em híbridos interespecíficos ou numa mesma espécie, sendo que em espécies de *Capsicum* não há informações sobre tal evento.

Entre espécies relacionadas de um determinado complexo em *Capsicum* não ocorre anfiplastia, porém a supressão ou ativação de NORs em outras espécies ou híbridos interespecíficos pode ocorrer e dessa forma tem sido proposto a análise dessas regiões nucleolares para estudos de amplificação, organização, regulação e evolução gênica.

Com o desenvolvimento de técnicas que permitem avaliar a diferenciação linear dos cromossomos, a partir da década de 70, análises mais detalhadas da

estrutura e organização cromossômica puderam ser realizadas em muitos organismos, revolucionando os estudos de citogenética e citotaxonomia.

As técnicas de bandamento cromossômico, que exploram as afinidades diferenciais da cromatina a corantes ou fluorocromos específicos e relacionam métodos e mecanismos diferentes na formação de bandas tem apresentado grandes contribuições aos estudos taxonômicos, sistemáticos e de evolução cariotípica em diferentes organismos.

Os métodos de bandamento Q e C que revelam regiões heterocromáticas de composição nucleotídica diferencial e regiões de heterocromatina constitutiva preferencialmente localizadas, têm sido amplamente avaliados em espécies vegetais (VOSA 1974, 1984, 1985, 1986; VOSA & MARCHI, 1972; PIEROZZI, 1986).

Essas técnicas têm fornecido informações valiosas sobre a quantidade, localização e origem da heterocromatina, bem como sobre sua importância no processo de evolução cariotípica.

AGUIAR-PERECIN & VOSA (1985b) demonstraram, através de bandamento C, que as variações no comprimento relativo dos cromossomos somáticos de várias raças de *Zea mays* são condicionadas, principalmente, por acréscimo de material heterocromático no complemento cromossômico e não apenas por alterações estruturais como proposto por FILION & WALDEN (1973).

O polimorfismo observado no padrão de bandas C também tem permitido a caracterização dos diferentes estoques ou raças de milho.

Apesar de suas potencialidades, as várias metodologias de bandamento, que evidenciam principalmente regiões de heterocromatina constitutiva, tem apresentado um uso limitado na análise de cromossomos vegetais.

Muitas espécies possuem tais segmentos heterocromáticos dispersos pelo genoma ou em quantidades comparativamente reduzidas, de modo que pouca ou nenhuma diferenciação linear, através da formação de bandas, é detectada (VOSA, 1984; PICKERSGILL, 1991).

A técnica de bandamento G, que evidencia diferenciação linear por todo o cromossomo, inclusive em regiões de heterocromatina constitutiva seria muito promissora em tais casos, entretanto, padrões de banda-G parecem ser ausentes em plantas e condicionados pelo alto grau de condensação dos cromossomos metafásicos ou por limitações na presente técnica.

Tal perspectiva vem sendo amplamente discutida e reavaliada (WANG & KAO, 1988; VOSA, 1989) e sobrepujando tais limitações alguns trabalhos tem demonstrado padrões de banda-G em cromossomos vegetais, como em *Pinus resinosa* (DREWRY, 1988).

A avaliação dessas metodologias tem fornecido informações importantes à identificação cromossômica, determinação de polimorfismos intra e

interespecíficos, caracterização do DNA nuclear e outros aspectos estruturais e de organização do complemento cromossômico, sendo que tais aspectos mostram correlações significativas com caracteres morfológicos, fisiológicos e geográficos, contribuindo na elucidação da origem e evolução das espécies (AGUIAR-PERECIN 1985).

Um dos aspectos mais interessantes relativo à evolução cromossômica em vegetais superiores parece estar relacionado à alterações no conteúdo de DNA nuclear.

Como o volume cromossômico total está diretamente correlacionado à quantidade de DNA nuclear, determinadas variações na estrutura e organização dos cromossomos podem refletir alterações evolutivas no conteúdo de DNA nuclear dos organismos.

Estudos da variabilidade do DNA tem sido realizados em vários grupos vegetais através de métodos como citofotometria e microdensitometria Feulgen, cinética de reassociação do DNA nuclear, análises com endonucleares de restrição, hibridação *in situ* e hibridação de seqüência com o DNA genômico, empregando-se eletroforese e autoradiografia, análise do gradiente de densidade em cloreto de cério por centrifugação analítica e outros (NARAYAN, 1983, 1988; NARAYAN & REES, 1976; SHARMA, 1983).

Através do desenvolvimento destas metodologias aplicadas em análises de espécies e híbridos interespecíficos tem sido possível avaliar a base estrutural das diferenças no tamanho cromossômico, bem como

das variações qualitativas e quantitativas do DNA nuclear (JONES, 1970; SHARMA, 1983).

A elaboração de correlações significativamente importantes entre tais variações, sua origem, estrutura genômica, sistemas reprodutivos, padrões de distribuição geográfica, hábito de crescimento e outros caracteres vegetais, tem sido observada em diversos gêneros vegetais, entre eles *Lolium* (REES & JONES, 1967), *Festuca* (SEAL & REES, 1982; SEAL, 1983) *Lathyrus*, *Clarkia*, *Nicotiana* e *Allium* (NARAYAN, 1983), *Trigonella*, *Lens*, *Vicia*, *Pisum*, *Nigela* e *Hordeum* (SHARMA, 1983) e *Gethyllis* (VOSA, 1986).

MURRAY (1975) analisando espécies do gênero *Briza* L. (*Compositae*) demonstrou a ocorrência de consideráveis variações na quantidade de DNA entre algumas espécies diplóides e poliplóides.

As tetraplóides ($2n = 28$) *B.stricta*, *B.subaristata* e *B.poaemorpha* apresentavam menos DNA nuclear que a tetraplóide *B.media*, enquanto *B.minor* ($2n = 10$) possuía a menor quantidade de DNA.

O autor considerou tais variações capazes de esclarecer aspectos da diferenciação e evolução cariotípica nas diferentes espécies, porém, determinou a não existência de correlações com diferenças no hábito de crescimento ou sistema reprodutivo.

Segundo NARAYAN & REES (1976) as grandes variações observadas no DNA nuclear em espécies diplóides

de *Lathyrus* seriam resultantes da amplificação ou deleção de segmentos de DNA ao longo dos cromossomos.

Num estudo mais elaborado NARAYAN (1983) sugeriu que estas alterações em *Lathyrus* envolveriam uma distribuição estável da quantidade de DNA nuclear no complemento cromossômico, seja por acréscimos iguais em todos os cromossomos ou preferencialmente nos menores cromossomos em algumas espécies, evidenciando uma forte tendência à simetria cariotípica.

Segundo o autor esta distribuição entre e dentro dos cariótipos seguiria um padrão consistente, sugerindo a existência de um controle rígido ou restrições (constraints) sobre a localização e extensão das variações que acompanham a divergência e evolução das espécies.

Segundo MAYNARD SMITH et al. (1985), "constraints" seriam definidos como tendências à produção de fenótipos variantes ou limitações na variabilidade fenotípica, causadas pela estrutura, caráter, composição ou dinâmica dos sistemas de desenvolvimento, as quais poderiam influenciar a direção da evolução cariotípica durante a especiação.

Avaliando *Allium cepa*, *A. fistulosum* e o híbrido F₁ quanto à organização cromossômica e comportamento meiótico, NARAYAN (1988) propôs que as variações do DNA nuclear observadas nestas espécies obedecem o mesmo padrão encontrado em *Lathyrus* e no grupo *Lolium* e *Festuca*.

A repetibilidade de tais padrões em espécies remotamente relacionadas na filogenia evidenciaria a presença de "constraints" similares e essenciais à organização genômica, os quais seriam preservados pela seleção natural devido a suas relações com a aptidão reprodutiva das espécies.

Apesar do genoma de *A. cepa* apresentar 28% mais DNA nuclear que em *A. fistulosum*, os complementos cromossômicos mostraram similaridades quanto a morfologia dos cromossomos, e distribuição de heterocromatina e o pareamento meiótico foi efetivo e extensivo no híbrido F₁.

Contrariamente, ALBINI & JONES (1990), através de análises do complexo sinaptonêmico no híbrido F₁ entre as referidas espécies, sugeriram uma distribuição desigual do DNA nuclear extra entre os cromossomos do genoma de *A. cepa*. A presença de bivalentes heteromórficos, frequência de quiasmas reduzida e sinapse incompleta ou interrompida em regiões intersticiais e centroméricas durante o pareamento meiótico no híbrido F₁ parecem ser determinados por diferenças no conteúdo DNA entre as espécies parentais, refletindo variações no comprimento dos cromossomos e do complexo sinaptonêmico.

Uma série de trabalhos tem sido desenvolvidos em espécies e híbridos de *Lolium* e *Festuca* visando elucidar a ocorrência e o comportamento das variações do DNA nuclear e suas relações com a evolução do cariótipo (SEAL, 1983; SEAL & REES, 1982; JENKIS, 1985a e

b; 1986; JENKIS & SCALON, 1987; JENKIS & WHITE, 1990; MORGAN, 1990, 1991; THOMAS, 1990; THOMAS & MORGAN, 1990). Tais informações poderão permitir um melhor entendimento dos padrões de diferenciação cariotípica em muitas outras espécies.

2.5.3. Estudos citogenéticos em *Capsicum*

Os diversos estudos citogenéticos desenvolvidos em *Capsicum* tem demonstrado que todas as espécies são diplóides, com número básico $X = 12$ pares cromossômicos, $2n = 24$ cromossomos e que, a despeito da grande similaridade na morfologia cromossômica existe uma extensa variabilidade cariotípica intra e interespecífica no gênero.

Vários trabalhos tem procurado esclarecer a origem, ocorrência e significado dessa ampla variação de modo a contribuir ao melhor entendimento das relações filogenéticas, taxonômicas e evolutivas entre as espécies (OTHA, 1961; LIPPERT et al. 1966; SHOPOVA, 1966a; DATTA, 1968; PICKERSGILL, 1966, 1971, 1977a, 1991; CARLUCCIO & SACCARDO, 1977).

Através de análises cromossômicas mitóticas e meióticas tem sido possível inferir que tal variabilidade parece estar relacionada, principalmente à diferenças na morfologia dos cromossomos.

SHOPOVA (1966) foi hábil em demonstrar o potencial das avaliações cariotípicas na caracterização e diferenciação entre espécies cultivadas de *Capsicum*. Segundo o autor, *C. annum*, *C. frutescens* e *C. pubescens* apresentam diferenças cromossômicas marcantes quanto ao número de cromossomos com centrômero subterminal, satelitados e de constricções secundárias, bem como na quantidade de distribuição de heterocromatina.

Em sua revisão sobre o assunto LIPPERT et al. (1966) relacionaram os trabalhos inicialmente desenvolvidos sobre o número e morfologia cromossômica mitótica e meiótica em diversas espécies de *Capsicum*, referindo-se ao agrupamento cariotípico estabelecido por Ohta ¹¹ (1962), com base no número de cromossomos satelitados e de constricções secundárias para algumas espécies e sua correspondência com as relações de compatibilidade determinadas pelos cruzamentos interespecíficos, bem como aspectos do comportamento cromossômico meiótico e a ocorrência de poliploidia no gênero.

Com base em avaliações mitóticas, DATTA (1968) determinou que os cariótipos de 9 variedades indianas de *C. annum* cultivado variavam quanto ao número cromossômico, $2n = 36$ e 48 , número e posição de constricções

¹¹ OTHA, Y. *Caryotypes of Capsicum*. Seiken Zih./Rep.

secundárias, de 4 a 22, e quanto ao comprimento do lote haplóide.

Segundo o autor, a ausência de correlações entre aumento no grau de ploidia e aumento no comprimento cromatídico e as peculiaridades na morfologia cromossômica das variedades tendem a indicar o papel das alterações cromossômicas numéricas (poliploidia) nos processos de domesticação, especiação e evolução das espécies do gênero *Capsicum*.

Por outro lado, PICKERSGILL (1971), avaliando comparativamente os cariótipos de raças invasoras e cultivadas de algumas espécies de *Capsicum* de diferentes áreas geográficas do Novo Mundo não encontrou variabilidade inter ou intraespecífica quanto ao número cromossômico básico, mas apenas quanto ao número, tamanho e posição de satélites.

Segundo a autora, dados referentes à distribuição geográfica, hibridação interespecífica e registros arqueológicos em conjunto com a morfologia cromossômica não produzem evidências conclusivas, mas apenas sugestões favoráveis à elaboração de hipóteses sobre a evolução nestas espécies.

Para *C. annuum*, tais dados permitiram sugerir a origem e domesticação recentes das raças cultivadas, com um par de cromossomos acrocêntricos, a partir de uma pequena população selvagem localizada no México com dois pares acrocêntricos, a qual, provavelmente passou por uma

redução citológica, restringindo a variabilidade cariotípica.

Apesar de inconsistentes, os dados para *C. baccatum*, e o complexo *C. chinense* / *C. frutescens* também revelaram maior variabilidade cromossômica para as formas invasoras, sugerindo serem estas as formas ancestrais das variedades cultivadas.

Num estudo mais elaborado, PICKERSGILL (1977a) forneceu maiores evidências para tais hipóteses e ressaltou alguns aspectos importantes da evolução cromossômica neste gênero.

O cariótipo básico, consistindo de 11 pares de cromossomos metacêntricos ou submetacêntricos muito similares e um acrocêntrico, entre os quais incluem-se um ou dois pares satelitados, está distribuído por todas as espécies entre os grupos de flores brancas e púrpuras.

A autora sugeriu, entretanto, que análises da morfologia cromossômica mitótica, além de não permitirem subdivisões no gênero, podem superestimar a quantidade de alteração estrutural, de modo que translocações recíprocas iguais podem ter participado também, na diferenciação das espécies.

PICKERSGILL (1977a) discutiu, ainda, a importância de avaliações do número cromossômico básico $X = 12$, para a delimitação genérica, haja visto que espécies morfológicas e citologicamente atípicas com $2n = 26$ cromossomos estão incluídas no gênero.

Estes cromossomos extras, semelhantes a cromossomos B, exceto por se apresentarem em número constante, não se justificam em *Capsicum*, mas dentro da família *Solanaceae*, de modo que contagens cromossômicas adicionais em espécies selvagens e gêneros afins se fazem necessárias para a elucidação destes impasses.

A referida autora foi hábil em demonstrar, através dos estudos cariotípicos em variantes intraespecíficos de *C. annuum*, que muitos exemplares domesticados diferem das raças selvagens por uma única translocação recíproca desigual e que tal alteração estrutural ocorreu antes da domesticação desta espécie.

CARLUCCIO & SACCARDO (1977), corroborando com as informações obtidas anteriormente, demonstraram também a importância das avaliações cariotípicas entre diferentes espécies para elucidar problemas de incompatibilidade em cruzamentos interespecíficos.

Através da análise e comparação da morfologia de cromossomos metafásicos mitóticos de *C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pendulum*, os autores classificaram os cromossomos em quatro grupos, SAT (cromossomos satelitados), ST (cromossomos subterminais), SM (cromossomos submedianos) e M (cromossomos medianos) e estabeleceram que a ocorrência variável de satélites nos diferentes cromossomos e a presença de cromossomos ST pode ter grande importância na evolução cariotípica dessas espécies.

A presença de cromossomos com centrômero mediano adicionais em *C.chinense* pode refletir, provavelmente, uma translocação ou inversão, enquanto a ocorrência de diferentes pares de cromossomos satelitados ou satélites de diferentes tamanhos nas várias espécies pode estar relacionada à translocações entre cromossomos não homólogos.

Avaliando 21 espécies e variedades de *Capsicum*, LIMAYE & PATIL (1989) demonstraram variações no comprimento do lote haplóide e na relação de braços e assimetria relativa em complementos somáticos das espécies e variedades cultivadas. Entretanto, cariótipos relativamente mais simétricos nas espécies selvagens foram determinados pela presença de um maior número de cromossomos homobraquiais.

A variabilidade quanto ao número e posição de satélites parece estar relacionada a anfiplastia diferencial envolvendo deleção ou adição destas estruturas durante os processos de especiação e evolução nas espécies.

Segundo LIMAYE & PATIL (1989), as variações cariotípicas nas espécies selvagens, semi-cultivadas e cultivadas podem ser conseqüência da restrita distribuição das formas selvagens dentro dos limites ou próximas ao centro de origem, sendo tal diferenciação causada por micromutações e não alterações estruturais como proposto até então.

Recentemente, PICKERSGILL (1991) avaliou a contribuição dos diferentes estudos citogenéticos realizados nas diversas espécies de *Capsicum* e relacionou vários aspectos que ainda necessitam ser amplamente explorados para uma melhor elucidação do processo evolutivo, como é o caso da aplicação do bandamento C e de técnicas moleculares, até então inconsistentemente avaliadas no gênero.

Um fator constantemente analisado nas diversas investigações realizadas em *Capsicum* se refere ao comportamento de híbridos interespecíficos.

Os problemas relacionados à esterilidade ou variabilidade nestes híbridos aparecem como consequência da divergência ou diferenciação entre as espécies e refletem a existência de fluxo gênico entre as espécies, informação esta essencial na determinação das possibilidades de transferência gênica interespecífica em programas de melhoramento genético. (ANIEL KUMAR et al. 1987 a e b).

A avaliação do comportamento cromossômico meiótico em espécies selvagens e domesticadas e híbridos intra e interespecíficos, através do pareamento dos cromossomos, frequência de quiasmas, formação de associações cromossômicas superiores e de outros aspectos morfológicos ou estruturais tem indicado o nível de diversificação genômica, as possíveis modificações ocorridas no complemento cromossômico das espécies durante o processo evolutivo, bem como as prováveis origens e

relações filogenéticas interespecíficas (OTHA, 1961; SHOPOVA, 1966b; CARLUCCIO & SACCARDO, 1977; PICKERSGILL, 1971, 1977a;b, 1991, 1992; SACCARDO & RAMULU, 1977; SAHRIGY & SEGHY, 1978).

A despeito das informações fornecidas por estes estudos citogenéticos, investigações mais abrangentes em espécies e variedades de *Capsicum* se fazem necessárias, para elucidar tanto a estrutura dos cariótipos quanto a variabilidade intra e interespecífica observada no gênero.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

No desenvolvimento do presente trabalho foram analisadas oito espécies do gênero *Capsicum*, representadas por 20 tipos domesticados e quatro exemplares selvagens.

A Tabela 2 apresenta as espécies estudadas, nome específico e comum, número da coleção de origem, procedência e principais características morfológicas.

As sementes foram derivadas de três fontes principais:

. da coleção do Laboratório de Citologia do Departamento de Genética - ESALQ / USP, Piracicaba, SP doada pelo Prof.Dr. Cyro Paulino da Costa, ESALQ / USP;

. do Banco de Germoplasma da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, através do Prof. Dr. Walter Casali.

. do Institute of Plant Breeding and Seed Production, Turin, Itália, através do Prof. Dr. Piero Belletti.

Tabela 2. Espécies e variedades de *Capsicum* analisadas, nome científico e comum, número da coleção de origem, procedência e principais características morfológicas.

ESPÉCIE	NÚMERO DA COLEÇÃO	NOME COMUM	PROCED.	SEMENTES		COR DA COROLA			MANCHAS NA COROLA		CONSTRICÇÃO NA BASE DO CÁLICE		COR DAS ANTERAS		NÚMER DE PÉDI-CELOS POR NÓ
				LISAS											
				ENRUGUGADAS											
				PRET	AMAR	PÚR	BRAN	BRAN ESVE	PRES	AUS	PRES	AUS	PÚR	AMAR	
Capsicum annuum	1002	Calahorra "Pepperoncini"	MEXICO		XL		*			*		*	*		1 a 3
	1003	El Saltenito "caijene"	MEXICO		XL		*			*		*	*		1 a 3
	1004	Chili "carriçillo"	DINAMARCA		XL		*			*		*	*		1 a 3
	1006	Serrano verde "serrano"	MEXICO		XL		*			*		*	*		1 a 3
	1018	Jalapeno "jalapeno"	MEXICO		XL		*			*		*	*		1 a 3
	1025	Elvas "serrano"	PORTUGAL		XL		*			*		*	*		1 a 3
	PLA 018	"cherry"	ITÁLIA Turin		XL		*			*		*	*		1 a 3
	PLA 040	"cascabel" var annuum	ITÁLIA Turin		XL		*			*		*	*		1 a 3
	PCD 078	"Bell" var annuum	ITÁLIA Turin		XL		*			*		*	*		1 a 3
	PCD 095	"aneheim" var annuum	ITÁLIA Turin		XL		*			*		*	*		1 a 3
Capsicum chinense	2001	Pimenta de cheiro	BRASIL Recife -PE		XL			*		*	*		*		1 a 3
	2013	Pimenta de Bode	BRASIL Recife -PE		XL			*		*	*		*		1 a 2
	2014	Pimenta de cheiro	BRASIL Belém -PA		XL			*		*	*		*		1 a 3

continuação

ESPÉCIE	NÚMERO DA COLEÇÃO	NOME COMUM	PROCED.	SEMENTES		COR DA COROLA			MANCHAS NA COROLA		CONSTRIÇÃO NA BASE DO CÁLICE		COR DAS ANTERAS		NÚMERO DE PÉDICELOS POR NÓ
				LISAS											
				ENRUGUGADAS											
				PRET	AMAR	PÚR	BRAN	BRAN ESVE	PRES	AUS	PRES	AUS	PÚR	AMAR	
<i>Capsicum frutescens</i>	4000	Malagueta "var tabasco"	BRASIL (Horticultores)		XL			*		*		*	*		3 - 4
	4002	Malagueta "var tabasco"	BRASIL Santa-rém (PA)		XL			*		*		*	*		3 - 4
<i>Capsicum baccatum</i>	431	LS 1047	JAPÃO		XL		*		*		*		*		1 a 3
	435		BRASIL Mogi Guaçu SP		XL		*		*		*		*		1 a 3
	530	Yerba Mala	BOLÍVIA		XL		*		*		*		*		1 a 3
	2042	Pimenta Pará	BRASIL Santa-rém - PA		XL		*		*		*		*		1 a 3
	C.b.L.		BRASIL Londrina -PR		XL		*		*		*		*		1 a 3
<i>Capsicum flexuosum</i>	LL1967	Pimenta Braba	BRASIL Viçosa - MG	XE			*		*		*		*		1 a 3
<i>Capsicum chacoense</i>	BGH 6019		BRASIL Viçosa - MG		XL		*			*		*		*	1 a 2
<i>Capsicum parvifolium</i>	BGH 6248		BRASIL Viçosa - MG		XE		*		*		*		*		5 a 16
<i>Capsicum praetermissum</i>	BGH 6703	Pimenta cumari	BRASIL Viçosa - MG		XE	*			*		*		*		1 a 5

Legenda	-	Tabela 2.	-	Abreviações
Proc.	-	procedência		
Pret.	-	pretas		
Amar.	-	amarelas		
Bran.	-	brancas		
Bran.esv.	-	brancas esverdeadas		
Pres.	-	presentes		
Aus.	-	ausentes		
Púr.	-	púrpuras		

As espécies domesticadas *Capsicum annum* L., *C.frutescens* L., *C.chinense* Jacq. e *C.baccatum* L., bem como as selvagens *C. flexuosum* Sendt., *C.chacoense* A. T. Hunz., *C. praetermissum* Heiser & Smith e *C.parvifolium* Sendt. foram identificadas e caracterizadas através da chave de classificação proposta por PICKERSGILL (comunicação pessoal à AGUIAR-PERECIN, 1985).

3.2. Métodos

3.2.1. Germinação de sementes

Devidos aos constantes problemas de contaminação fúngica e dormência, as sementes foram previamente tratadas com três tipos de soluções:

- a) Solução de NaOH (hidróxido de sódio) a 10% por dez minutos;
- b) Solução de H₂SO₄ (ácido sulfúrico) a 2% por dois minutos

c) Solução de KNO_3 (nitrato de potássio) a 1% por dez minutos.

Dos diversos testes realizados, obtiveram-se resultados satisfatórios com a utilização da solução "c", tendo baixa contaminação e quebra de dormência.

3.2.2. Obtenção de metáfases mitóticas

As sementes previamente tratadas foram colocadas para germinar em recipientes contendo *Sphagnum* umidecido, dispostos em banho-maria a 28°C. Raízes com aproximadamente 1 cm de comprimento foram coletadas e submetidas a tratamento com solução de 8-hidroxiquinolina a 0,002 M por duas horas e meia à temperatura de 25-28°C. Procedeu-se então, a fixação das pontas de raízes em solução CARNOY (3 partes de etanol: 1 parte de ácido acético) por 12 a 24 horas e posterior transferência para álcool 70%. Após um período de 2 horas as raízes foram transferidas novamente para álcool 70% e estocadas a -5°C.

3.2.3. Coloração pelo Método de Feulgen

Raízes retiradas da geladeira, ao atingirem temperatura ambiente foram lavadas por cinco minutos em água destilada, submetidas à hidrólise ácida com HCl a 60°C

por cinco minutos e então coradas com Reativo de Shiff (fucsina-leuco-básica) por 45 minutos, no escuro.

Após lavagem em água corrente as pontas de raízes foram esmagadas em carmin acético a 1% na preparação das lâminas, seguindo-se observação ao microscópio óptico. Lâminas e lamínulas foram separadas em cubas com ácido acético a 45%, secas ao ar e montadas em bálsamo do Canadá.

3.2.4. Bandamento C

Em análises preliminares, a metodologia para obtenção de Bandas C, seguiu em linhas gerais, o procedimento descrito por AGUIAR-PERECIN (1985a).

Raízes pré-tratadas foram mantidas em fixador CARNOY à temperatura ambiente por 12 horas e conservadas em geladeira por 48 horas, sendo posteriormente submetidas às seguintes etapas:

- . ácido acético a 45% por 5 a 15 minutos seguindo esmagamento na mesma solução e observação das lâminas em microscopia de contraste de fase.
- . separação das lâminas e lamínulas em ácido acético a 45% e secagem ao ar.
- . conservação das preparações em etanol absoluto a -5°C por uma à 5 semanas.
- . remoção das lâminas e lamínulas do etanol e secagem a temperatura ambiente.

- . tratamento das preparações com solução saturada de hidróxido de Bário, variando-se o tempo de exposição e a temperatura, seguindo lavagem com água desmineralizada por duas vezes.
- . tratamento com solução salina 2xSSC (cloreto de sódio 0,3M + citrato de sódio 0,03M pH 7,0), com variações no tempo de exposição, seguindo nova lavagem com água desmineralizada.
- . imersão das lâminas em etanol 70%, 95% e absoluto sequencialmente e secagem à temperatura ambiente.
- . tratamento com solução de Giemsa (solução estoque RG em tampão fosfato pH 6,8) variando-se a concentração e tempo de exposição.
- . lavagem das lâminas com água desmineralizadas, secagem ao ar e montagem em bálsamo do Canadá.

3.2.5. Bandamento NOR

Para este método de bandamento foram realizadas análises preliminares envolvendo os métodos de HOWELL & BLACK (1980) e FERNANDEZ-GOMES et al. (1969).

Na tentativa de identificar as regiões organizadoras do nucléolo (NORs) nos cromossomos metafásicos procederam-se as seguintes etapas, (HOWEL & BLACK, 1980):

- . raízes pré-tratadas e mantidas em solução CARNOY (fixador) foram esmagadas em ácido acético a 45% e as preparações observadas em contraste de fase.
- . lâminas e lamínulas foram separadas em ácido acético a 45% e secas à temperatura ambiente.
- . para coloração foram adicionadas às lâminas 2 gotas de solução de gelatina a 2% (preparada com 1,0ml de ácido fórmico puro) e 4 gotas de solução aquosa de nitrato de prata a 50% (Merck) , à aproximadamente 70°C.
- . lâminas foram mantidas em câmara úmida (placas de Petri forradas com papel de filtro umidecido) e o tempo de coloração monitorado através de observações ao microscópio.
- . separação de lâminas e lamínulas com água destilada, secagem ao ar e montagem em bálsamo do Canadá.

Nas análises de nucléolos em núcleos interfásicos, o procedimento foi o adotado por (FERNANDEZ-GOMES et al. 1969) e constou dos seguintes passos:

- a) raízes pré-tratadas foram fixadas diretamente em solução contendo 1 parte de formol a 10% e 1 parte de hidroquinona a 1% por 1-2 horas a temperatura ambiente, seguindo-se lavagem em água destilada, por 3 vezes;
- b) transferência das raízes para solução aquosa de nitrato de prata a 2% (Merck), no escuro, a 70°C por 10 a 15 horas;

- c) raízes novamente lavadas por 3 vezes em água destilada foram submetidas à mesma mistura fixadora por 2 horas à temperatura ambiente;
- d) esmagamento das pontas de raízes em ácido acético a 45% e posterior montagem de lâminas permanentes.

3.3. Análise do material

3.3.1. Análise morfométrica dos cromossomos metafásicos

As melhores preparações obtidas pelo Método de Feulgen, foram selecionadas considerando-se as metáfases nas quais os cromossomos estavam bem espalhados, nítidos e com centrômeros bem definidos (Figura 2).

Dez metáfases de cada material analisado (com exceção para os materiais BGH 6703, BGH 6248, PLA018 e 2014, dos quais foram analisadas 4, 5, 5, e 8 metáfases, respectivamente) foram fotografadas em fotomicroscópio Zeiss nas seguintes condições: objetiva de imersão 100x, fator de projetiva 3.2 x e de optovar 1.25, filtros verdes Nº. 56 e 58 (Kodak) e filme Agfa COPEX PAN A.H.U. TRI 13 (asa 32). Para as ampliações fotográficas foi utilizado papel KODABROME PRINT RC F3 autobrilho Kodak.

As medidas cromossômicas foram feitas com auxílio de compasso de ponta seca e papel milimetrado (limite de 0,5mm) em ampliações fotográficas de 2300 x, determinando-se os valores de comprimento cromossômico em mm (comprimento do braço maior, do braço menor e comprimento absoluto ou total de cada cromossomo).

Com base nestes dados foram determinados os parâmetros para identificação dos cromossomos: tamanho absoluto, em micrômetro, comprimento relativo e relação de braços.

Os valores de relação de braços e comprimento relativo foram estimados segundo a metodologia descrita por AGUIAR-PERECIN & VOSA (1985b) como segue:

$$\text{Relação de braços} = \frac{\text{braço maior}}{\text{braço menor}}$$

Para cada metáfase analisada foi determinada a média de relação de braços dos dois elementos de cada par de homólogos, sendo tais valores utilizados para a classificação dos cromossomos segundo a nomenclatura de LEVAN et al. (1964).

POSIÇÃO CENTROMÉRICA	RELAÇÃO DE BRAÇOS	TIPO CROMOSSÔMICO	
Ponto mediano	1,0	M	Metacên- trico
Região Mediana	1,7	m	
Submediana		sm	submeta- cêntrico
Subterminal	3,0	st	Subte- locêntrico
Região terminal	7,0	t	Acrocên- trico
Ponto Terminal	∞	T	Telocên- trico

O comprimento relativo foi calculado em termos de percentagem do lote haplóide:

$$\text{Comprimento relativo: } \frac{\text{comprimento do cromossomo}}{\text{comprimento lote haplóide}} \times 100$$

A partir desses dados foram determinados os cariótipos e ideogramas dos materiais analisados, onde os cromossomos foram pareados conforme suas relações de braços e dispostos em ordem decrescente de tamanho.

Os cromossomos satelitados foram pareados, principalmente, através dos valores de relação de braços.

3.3.2. Análise da variabilidade cariotípica

Em virtude dos materiais analisados apresentarem cariótipos semelhantes, observou-se a necessidade de se avaliar comparativamente parâmetros que pudessem evidenciar possíveis variações nos padrões cariotípicos.

Entre estes parâmetros, o comprimento absoluto do maior e do menor par cromossômico, a relação cromossomo maior/menor, o índice de simetria (TF%) e o comprimento do lote haplóide, forneceram informações interessantes sobre a variabilidade cariotípica.

3.3.2.1. Avaliação comparativa do comprimento absoluto dos pares cromossômicos maior (1) e menor (12).

Para esta análise foram utilizados os valores médios de comprimento absoluto dos pares maior e menor. As comparações destes pares entre as diferentes variedades e espécies foi feita no sentido de se analisar o grau de conservação destes cromossomos.

A relação entre os pares cromossômicos maior e menor também foi analisada, visando-se verificar a variabilidade da posição do centrômero nos cariótipos dos diferentes materiais. Esta relação é dada como segue:

$$R = \frac{\text{comprimento absoluto do cromossomo maior}}{\text{comprimento absoluto do cromossomo menor}}$$

3.3.2.2. Avaliação comparativa do índice de simetria cariótica

Na tentativa de se caracterizar os cariótipos das espécies e variedades foi procedida a comparação entre os valores médios dos índices de simetria, TF(%), obtidos conforme o procedimento de HUZIWARA (1962), abaixo relacionado:

$$TF (\%) = \frac{\text{braços curtos}}{\text{comprimento cromossômico total}}$$

Este índice de simetria, que pode variar de 0 a 0,5 permite caracterizar os cariótipos assimétricos ou simétricos evidenciando a existência de prováveis diferenças cariotípicas.

3.3.2.3. Avaliação comparativa do comprimento dos lotes haplóides.

Para esta análise foram considerados os valores de comprimento do lote haplóide (em micrômetros) de cada metáfase em cada um dos 24 materiais analisados.

O objetivo desta comparação foi o de verificar variações no complemento cromossômico e relacioná-los a prováveis variações no conteúdo de DNA nuclear.

Todos os dados obtidos, através dos índices acima citados, foram analisados segundo delineamentos inteiramente casualizados, sendo os valores médios comparados através do teste de Tukey (GOMES, 1978) utilizando-se o programa SAS-PGLM para dados desbalanceados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Aspectos gerais dos cariótipos

Através dos valores de comprimento absoluto, em micrômetros, relação de braços e comprimento relativo dos cromossomos, obtidos a partir de metáfases mitóticas (Figura 2) e demonstrados na Tabela 3, foi possível a identificação de todos os pares cromossômicos e a elaboração de ideogramas das espécies e variedades analisadas no presente trabalho.

Tais determinações evidenciaram um número cromossômico básico $2n = 24$ cromossomos para todas as variedades e espécies analisadas, corroborando com os dados reportados na literatura relacionada ao gênero *Capsicum*.

A análise das Figuras 2 a 10, correspondentes às metáfases mitóticas, cariótipos e ideogramas, elaborados para cada material, revelou que a despeito da grande similaridade observada no aspecto geral dos complementos cromossômicos dos taxa analisados, existem diferenças significativas entre os mesmos que permitem sua distinção.

Figura 2. Aspecto geral dos cromossomos metafásico a partir de preparações mitóticas em *C.chinense* (2014)a, *C.frutescens* (4002)b, *C.flexuosum* (LL1967)c, *C.baccatum* (530)d, *C.chacoense* (BGH 6019)e e *C.praetermissum* (BGH 6703)f.

Tabela 3. Valores de comprimento absoluto (C.A. - micrômetros), relação de braços (R.B.), comprimento relativo (CR - %) e comprimento do lote haplóide (C.L.H. - micrômetros) das espécies e variedades de *Capsicum* analisadas.

ESPÉCIES		CROMOSSOMOS												C.L.H.													
VARIETADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12															
C.annuum	CA	4.84	0.93	4.52	0.86	4.29	0.84	4.06	0.72	3.95	0.69	3.91	0.69	3.82	0.76	3.70	0.75	3.58	0.67	3.40	0.69	3.13	0.64	3.04	0.64	48.14	8.69
	RB	1.05	0.05	1.23	0.08	1.08	0.08	1.09	0.09	1.36	0.08	1.08	0.08	1.24	0.12	1.12	0.10	1.17	0.09	1.18	0.16	3.79	0.62	1.81	0.23		
	CR	10.51	0.46	9.80	0.48	9.28	0.36	8.82	0.26	8.36	0.27	8.49	0.20	8.25	0.25	8.01	0.11	7.77	0.18	7.35	0.38	6.76	0.29	6.58	0.43		
1003	CA	5.11	0.89	4.38	0.86	4.28	0.80	4.04	0.74	3.85	0.74	3.87	0.64	3.79	0.64	3.73	0.62	3.58	0.62	3.32	0.53	3.08	0.58	2.80	0.42	45.82	7.88
	RB	1.10	0.09	1.25	0.07	1.06	0.06	1.09	0.10	1.35	0.08	1.09	0.09	1.17	0.10	1.09	0.06	1.19	0.08	1.33	0.27	3.26	0.74	1.81	0.16		
	CR	11.16	0.54	9.52	0.43	9.33	0.43	8.80	0.22	8.38	0.26	8.45	0.21	8.28	0.17	8.15	0.17	7.81	0.18	7.27	0.51	6.71	0.37	6.14	0.29		
1004	CA	5.42	0.86	4.78	0.55	4.48	0.51	4.29	0.50	4.14	0.48	4.06	0.42	4.00	0.42	3.83	0.34	3.78	0.36	3.63	0.33	3.35	0.47	3.06	0.27	37.14	14.94
	RB	1.09	0.07	1.19	0.08	1.08	0.07	1.08	0.09	1.24	0.11	1.12	0.08	1.25	0.12	1.08	0.08	1.13	0.10	1.21	0.19	3.45	0.62	2.10	0.77		
	CR	11.05	0.75	9.80	0.63	9.17	0.36	8.78	0.24	8.48	0.25	8.33	0.30	8.19	0.19	7.87	0.21	7.74	0.15	7.46	0.26	6.84	0.32	6.29	0.45		
1005	CA	4.51	1.08	4.07	1.07	4.00	0.91	3.77	0.87	3.58	0.74	3.63	0.87	3.55	0.86	3.50	0.86	3.35	0.80	3.25	0.79	2.86	0.82	2.66	0.56	42.74	10.15
	RB	1.09	0.07	1.22	0.12	1.09	0.05	1.07	0.06	1.38	0.13	1.12	0.07	1.17	0.08	1.11	0.10	1.13	0.09	1.21	0.12	3.19	0.48	1.72	0.33		
	CR	10.55	0.31	9.49	0.32	9.37	0.38	8.84	0.32	8.43	0.30	8.49	0.19	8.31	0.14	8.18	0.14	7.84	0.16	7.61	0.08	6.65	0.42	6.26	0.30		
1018	CA	4.35	0.47	3.84	0.41	3.62	0.48	3.49	0.46	3.42	0.36	3.32	0.42	3.29	0.43	3.16	0.36	3.10	0.35	2.91	0.37	2.57	0.38	2.52	0.19	39.59	4.46
	RB	1.12	0.05	1.16	0.08	1.08	0.09	1.12	0.08	1.31	0.07	1.16	0.10	1.24	0.12	1.09	0.09	1.14	0.11	1.19	0.14	3.01	0.38	1.83	0.14		
	CR	11.00	0.29	9.72	0.40	9.12	0.41	8.79	0.28	8.65	0.30	8.38	0.20	8.31	0.20	7.98	0.21	7.85	0.18	7.34	0.44	6.47	0.49	6.39	0.31		
1025	CA	3.84	0.29	3.49	0.44	3.53	0.27	3.33	0.29	3.19	0.25	3.15	0.28	3.05	0.29	2.92	0.25	2.84	0.21	2.65	0.19	2.55	0.25	2.43	0.25	36.97	3.02
	RB	1.06	0.06	1.18	0.14	1.02	0.04	1.13	0.09	1.28	0.09	1.19	0.08	1.20	0.10	1.09	0.10	1.13	0.11	1.10	0.09	3.04	0.42	1.71	0.16		
	CR	10.40	0.47	9.42	0.44	9.55	0.24	8.99	0.15	8.64	0.20	8.52	0.17	8.25	0.26	7.90	0.19	7.68	0.21	7.19	0.39	6.91	0.36	6.56	0.27		
PLA 018	CA	4.54	0.39	4.11	0.41	4.00	0.39	3.76	0.30	3.69	0.31	3.63	0.29	3.46	0.29	3.46	0.34	3.30	0.31	3.21	0.27	2.87	0.21	2.68	0.13	42.70	3.39
	RB	1.11	0.06	1.20	0.06	1.11	0.10	1.07	0.08	1.22	0.09	1.02	0.01	1.14	0.12	1.10	0.07	1.31	0.07	1.25	0.10	3.17	0.63	1.89	0.17		
	CR	10.64	0.29	9.62	0.36	9.36	0.24	8.80	0.16	8.64	0.35	8.50	0.23	8.10	0.13	8.10	0.19	7.72	0.20	7.53	0.30	6.72	0.22	6.30	0.39		
PLA 040	CA	4.43	0.56	3.91	0.52	3.70	0.50	3.56	0.48	3.40	0.43	3.39	0.48	3.33	0.49	3.24	0.39	3.17	0.41	3.00	0.37	2.68	0.46	2.65	0.41	40.45	5.34
	RB	1.15	0.07	1.16	0.12	1.04	0.07	1.08	0.09	1.27	0.07	1.14	0.11	1.24	0.09	1.14	0.11	1.30	0.15	1.18	0.13	3.38	0.22	1.72	0.14		
	CR	10.95	0.25	9.68	0.55	9.14	0.21	8.80	0.18	8.40	0.20	8.37	0.16	8.23	0.20	8.02	0.24	7.84	0.19	7.43	0.30	6.60	0.33	6.54	0.36		
PCO 078	CA	4.31	0.55	3.91	0.55	3.69	0.41	3.54	0.37	3.46	0.41	3.41	0.44	3.33	0.43	3.21	0.44	3.17	0.42	3.03	0.36	2.64	0.39	2.58	0.26	48.28	4.89
	RB	1.09	0.07	1.19	0.05	1.09	0.08	1.05	0.07	1.24	0.08	1.15	0.09	1.20	0.12	1.16	0.10	1.22	0.12	1.17	0.09	3.26	0.33	1.84	0.15		
	CR	10.71	0.39	9.68	0.38	9.18	0.25	8.82	0.23	8.60	0.14	8.45	0.13	8.26	0.18	7.95	0.26	7.85	0.20	7.54	0.24	6.53	0.33	6.42	0.28		
PCO 095	CA	4.33	0.63	3.75	0.50	3.68	0.58	3.40	0.52	3.33	0.56	3.28	0.54	3.20	0.48	3.13	0.51	3.10	0.49	2.99	0.51	2.54	0.38	2.45	0.37	39.18	5.94
	RB	1.13	0.06	1.16	0.06	1.03	0.03	1.08	0.05	1.29	0.05	1.14	0.09	1.23	0.12	1.16	0.12	1.22	0.09	1.19	0.11	3.76	0.39	1.81	0.24		
	CR	11.07	0.42	9.60	0.49	9.38	0.30	8.68	0.23	8.49	0.20	8.37	0.17	8.18	0.16	7.97	0.19	7.91	0.14	7.61	0.19	6.48	0.23	6.26	0.39		

Continuação

CROMOSSOMOS

ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	C.L.M.
VARIADADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	C.L.M.
<i>C.chinense</i>	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s
CA	3.76 0.63	3.62 0.61	3.46 0.54	3.33 0.45	3.26 0.47	3.23 0.48	3.12 0.48	3.08 0.46	2.99 0.44	2.89 0.39	2.85 0.38	2.83 0.38	38.21 5.50
RB	1.04 0.05	1.25 0.15	1.03 0.03	1.11 0.10	1.30 0.13	1.09 0.08	1.18 0.13	1.14 0.11	1.10 0.13	1.22 0.11	1.09 0.07	2.80 0.34	
CR	9.81 0.48	9.46 0.45	9.04 0.27	8.73 0.33	8.54 0.34	8.45 0.23	8.15 0.10	8.06 0.12	7.82 0.25	7.57 0.31	7.49 0.39	6.88 0.46	
CA	4.14 0.45	3.93 0.42	3.85 0.45	3.73 0.40	3.64 0.43	3.62 0.36	3.58 0.39	3.51 0.35	3.42 0.38	3.37 0.37	3.23 0.35	3.03 0.36	43.02 4.58
RB	1.07 0.06	1.33 0.15	1.04 0.03	1.07 0.08	1.38 0.21	1.06 0.06	1.15 0.11	1.13 0.08	1.13 0.10	1.23 0.07	1.11 0.09	2.83 0.38	
CR	9.62 0.27	9.16 0.44	8.93 0.17	8.66 0.19	8.45 0.28	8.43 0.13	8.26 0.14	8.16 0.15	7.94 0.23	7.84 0.18	7.51 0.22	7.03 0.28	
CA	3.96 0.55	3.81 0.43	3.88 0.44	3.56 0.45	3.53 0.45	3.50 0.42	3.46 0.41	3.40 0.44	3.32 0.44	3.18 0.42	3.06 0.39	2.83 0.37	41.27 4.97
RB	1.06 0.04	1.28 0.06	1.06 0.06	1.04 0.04	1.27 0.12	1.03 0.02	1.11 0.12	1.07 0.10	1.09 0.09	1.26 0.14	1.06 0.10	3.11 0.29	
CR	9.37 0.46	9.24 0.20	8.91 0.27	8.62 0.20	8.56 0.55	8.48 0.19	8.38 0.16	8.22 0.11	8.03 0.27	7.70 0.33	7.41 0.38	6.87 0.45	
<i>C.frutescens</i>	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s
CA	3.95 0.62	3.73 0.60	3.59 0.55	3.45 0.39	3.48 0.52	3.38 0.51	3.35 0.52	3.29 0.53	3.24 0.52	3.17 0.51	3.02 0.43	2.59 0.37	40.21 5.91
RB	1.09 0.07	1.23 0.07	1.11 0.09	1.22 0.13	1.27 0.14	1.20 0.08	1.10 0.08	1.24 0.24	1.04 0.03	1.06 0.08	1.20 0.10	3.17 0.44	
CR	9.83 0.42	9.24 0.29	8.91 0.32	8.63 0.51	8.59 0.20	8.41 0.16	8.33 0.18	8.17 0.26	8.05 0.25	7.86 0.19	7.52 0.27	6.46 0.29	
CA	3.80 0.65	3.52 0.58	3.36 0.51	3.40 0.59	3.29 0.49	3.25 0.51	3.21 0.52	3.19 0.53	3.12 0.50	3.03 0.48	2.89 0.45	2.64 0.49	38.69 6.20
RB	1.13 0.08	1.26 0.16	1.11 0.10	1.26 0.13	1.25 0.14	1.20 0.20	1.05 0.05	1.14 0.13	1.10 0.13	1.12 0.11	1.20 0.12	3.42 0.60	
CR	9.81 0.23	9.09 0.29	8.68 0.28	8.78 0.44	8.51 0.24	8.40 0.14	8.29 0.11	8.25 0.10	8.06 0.20	7.85 0.20	7.49 0.23	6.80 0.27	
<i>C.baccatum</i>	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s	km ± s
CA	3.40 0.34	3.24 0.29	3.11 0.26	3.18 0.29	3.09 0.27	3.11 0.28	3.02 0.26	2.96 0.24	2.90 0.21	2.82 0.22	2.72 0.27	2.47 0.24	36.00 3.08
RB	1.19 0.10	1.25 0.10	1.56 0.14	1.13 0.12	1.17 0.12	1.12 0.11	1.12 0.11	1.18 0.11	1.14 0.11	1.17 0.12	1.18 0.11	2.59 0.43	
CR	9.44 0.28	8.99 0.11	8.65 0.27	8.83 0.17	8.58 0.17	8.63 0.19	8.38 0.18	8.23 0.16	8.06 0.17	7.83 0.13	7.55 0.16	6.85 0.33	
CA	4.12 0.46	4.01 0.42	3.78 0.42	3.88 0.36	3.79 0.40	3.73 0.43	3.64 0.38	3.55 0.32	3.44 0.35	3.38 0.35	3.11 0.29	2.86 0.30	43.30 4.34
RB	1.12 0.10	1.37 0.16	1.23 0.08	1.09 0.08	1.43 0.25	1.10 0.14	1.09 0.09	1.15 0.13	1.27 0.14	1.22 0.09	1.26 0.15	3.05 0.43	
CR	9.50 0.25	9.27 0.22	8.71 0.32	8.97 0.15	8.75 0.25	8.61 0.26	8.41 0.17	8.22 0.16	7.95 0.17	7.81 0.20	7.20 0.23	6.81 0.26	
CA	3.59 1.28	3.94 0.50	3.74 0.42	3.72 0.49	3.75 0.45	3.66 0.47	3.56 0.46	3.53 0.45	3.48 0.42	3.35 0.38	3.26 0.40	2.87 0.28	42.79 5.05
RB	1.11 0.08	1.21 0.12	1.56 0.15	1.20 0.08	1.13 0.09	1.12 0.09	1.06 0.05	1.14 0.11	1.12 0.11	1.18 0.09	1.11 0.09	2.45 0.28	
CR	9.21 0.33	9.20 0.25	8.75 0.29	8.69 0.42	8.76 0.21	8.55 0.16	8.30 0.19	8.23 0.17	8.12 0.16	7.83 0.17	7.62 0.19	6.73 0.36	
CA	3.78 0.46	3.63 0.42	3.37 0.41	3.64 0.42	3.47 0.42	3.48 0.40	3.37 0.42	3.32 0.39	3.25 0.39	3.16 0.39	3.03 0.40	2.78 0.38	40.28 4.81
RB	1.14 0.09	1.52 0.15	1.25 0.10	1.08 0.10	1.30 0.24	1.11 0.10	1.10 0.11	1.25 0.09	1.23 0.10	1.20 0.10	1.18 0.10	2.59 0.31	
CR	9.39 0.17	9.01 0.28	8.36 0.25	8.03 0.11	8.61 0.17	8.65 0.14	8.37 0.13	8.24 0.14	8.07 0.12	7.85 0.12	7.52 0.17	6.90 0.29	
CA	4.08 0.34	3.93 0.33	3.78 0.24	3.41 0.32	3.83 0.27	3.73 0.28	3.64 0.26	3.55 0.26	3.46 0.26	3.31 0.27	3.12 0.32	2.92 0.32	42.75 3.27
RB	1.09 0.06	1.21 0.07	1.50 0.17	1.30 0.15	1.19 0.11	1.14 0.12	1.05 0.05	1.07 0.05	1.10 0.11	1.21 0.14	1.19 0.10	2.72 0.37	
CR	9.53 0.34	9.19 0.20	8.86 0.25	7.98 0.41	8.97 0.18	8.72 0.20	8.52 0.21	8.30 0.15	8.09 0.13	7.73 0.12	7.28 0.28	6.81 0.34	

ESPECIES		CRONOSOMOS												C.L.H.													
SELVAGENS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12														
<i>C. flexuosum</i>	CA	4.97	0.39	4.76	0.45	4.56	0.35	4.47	0.42	4.36	0.37	4.28	0.30	4.28	0.33	4.10	0.30	3.94	0.29	3.92	0.30	3.64	0.26	3.68	0.33	50.95	3.72
	RB	1.19	0.12	1.39	0.17	1.16	0.10	1.55	0.14	1.37	0.15	1.55	0.27	1.17	0.10	1.14	0.10	1.18	0.11	1.42	0.30	1.14	0.08	3.20	0.25		
	CR	9.76	0.34	9.34	0.41	8.94	0.28	8.76	0.21	8.54	0.24	8.40	0.36	8.41	0.21	8.04	0.19	7.73	0.12	7.69	0.17	7.15	0.34	7.22	0.34		
<i>C. chacoense</i>	CA	4.03	0.33	4.82	0.24	3.70	0.24	3.76	0.25	3.65	0.23	3.52	0.17	3.42	0.14	3.33	0.18	3.26	0.20	3.14	0.30	3.08	0.26	2.82	0.22	41.51	2.49
	RB	1.12	0.08	1.23	0.05	1.68	0.14	1.10	0.07	1.11	0.06	1.07	0.05	1.06	0.09	1.07	0.09	1.12	0.10	1.57	0.13	1.13	0.07	2.66	0.41		
	CR	8.69	0.32	9.19	0.15	8.92	0.38	9.05	0.21	8.79	0.18	8.49	0.22	8.25	0.25	8.02	0.15	7.88	0.21	7.54	0.41	7.40	0.22	6.79	0.39		
<i>C. parvifolium</i>	CA	5.16	0.30	4.96	0.29	4.66	0.16	4.57	0.25	4.55	0.21	4.50	0.25	4.41	0.20	4.30	0.29	4.18	0.26	4.13	0.18	3.71	0.28	3.29	0.29	52.42	2.68
	RB	1.14	0.03	1.18	0.11	1.10	0.10	1.42	0.17	1.07	0.07	1.22	0.16	1.62	0.09	1.32	0.12	1.19	0.08	1.59	0.15	1.40	0.14	1.44	0.12		
	CR	9.84	0.14	9.46	0.19	8.90	0.27	8.73	0.21	8.69	0.09	8.59	0.19	8.41	0.12	8.19	0.19	7.98	0.15	7.88	0.14	7.08	0.42	6.26	0.24		
<i>C. praeternissum</i>	CA	4.52	0.15	4.31	0.28	4.18	0.15	4.08	0.18	3.92	0.12	3.76	0.15	3.60	0.26	3.63	0.19	3.58	0.14	3.49	0.17	3.25	0.15	2.73	0.11	45.04	1.85
	RB	1.14	0.08	1.18	0.08	1.06	0.06	1.14	0.10	1.18	0.05	1.14	0.06	1.53	0.15	1.07	0.07	1.01	0.02	1.40	0.07	1.17	0.10	2.13	0.15		
	CR	10.04	0.28	9.55	0.23	9.28	0.19	9.06	0.21	8.70	0.16	8.36	0.21	7.98	0.27	8.05	0.21	7.95	0.14	7.75	0.10	7.22	0.16	6.05	0.12		

Os cariótipos representativos das espécies selvagens, *C.flexuosum*, *C.parvifolium* e *C.praetermissum* (Figura 9 a,c,d) apresentam-se descritos pela primeira vez no presente trabalho, haja visto que nenhuma informação sobre a caracterização cromossômica destas espécies foi encontrada na literatura relacionada.

Os resultados permitiram descrever os cariótipos das espécies cultivadas e selvagens como segue:

I. Espécies cultivadas

a) *Capsicum annuum*

As análises das 10 variedades (1002, 1003, 1004, 1006, 1018, 1025, PLA 018, PLA 040, PCO 078 e PCO 095) mostraram um cariótipo padrão ($2n = 24$) consistindo de 10 pares de cromossomos metacêntricos com centrômero mediano e alguns pares submedianos ($RB = 1,03 - 1,38$) e dois pares bem característicos, o par No.11, com centrômero subterminal ($RB = 3,01 - 3,79$) e o par No. 12, com centrômero distintamente submediano ($RB = 1,71-2,10$), conforme Tabela 3 e Figuras 3/4.

Um característica marcante nos cariótipos das variedades de *C.annuum* referiu-se à variação do tamanho dos satélites nos pares cromossômicos menores. Para o par No. 11, os satélites não puderam ser distinguidos em algumas células, devido ao tamanho reduzido da constrição

secundária, exceto para a variedade PLA 040 onde estes mostraram-se conspícuos. Contrariamente, o par No. 12 apresentou satélites sempre muito conspícuos, exceto para a variedade citada, não sendo claramente distinguidos em algumas células.

O comprimento absoluto dos cromossomos, entre as variedades analisadas, variou de 5,419 a 2,426 micrômetros para os pares cromossômicos maior e menor, respectivamente, sendo os maiores valores 5,419u e 3,056u, observados para a variedade 1004 (Chili) e os menores valores 3,841u e 2,426u para a variedade 1025 (Serrano), conforme análise da tabela 3.

Esta ampla variação no tamanho absoluto dos cromossomos tende a refletir diferenças reais no comprimento cromossômico entre as variedades e não variações condicionadas pelo grau de condensação cromossômica diferencial, haja visto que no desenvolvimento do presente trabalho procurou-se selecionar metáfases mitóticas onde os cromossomos apresentassem níveis correspondentes de condensação (Figura 2).

O comprimento relativo dos cromossomos variou entre 11,16 e 6,14%, sendo estes valores correspondentes a variedade 1003 (El Saltenito) para os cromossomos maior e menor, respectivamente (Tabela 3).

Tais resultados divergiram daqueles reportados por PICKERSGILL (1971, 1977b). Segundo a autora, dois pares de cromossomos acrocêntricos,

satelitados ou não, foram observados entre as variedades cultivadas de *C. annuum* (*var. annuum*), enquanto apenas um par acrocêntrico, que apresentou ampla variação quanto ao tamanho, posição e número de satélites, pareceu ser freqüentemente encontrado entre as formas selvagens dessa espécie (*var. minimum*).

A presente investigação evidenciou dois pares menores bem característicos, sendo um submediano (par No. 11) e outro subtelocêntrico (par No. 12), ambos satelitados na maioria das variedades e não dois pares acrocêntricos como verificado pela referida autora.

Apesar destes pares cromossômicos submedianos e subterminais terem sido observados por CARLUCCIO & SACCARDO (1977) e em algumas variedades analisadas por LIMAYE & PATIL (1989), diferenças significativas foram detectadas para eles.

Ambos os autores demonstraram ausência total de satélites no par subtelocêntrico e um par submediano satelitado relativamente grande, divergindo portanto, dos resultados aqui descritos.

Em uma das coleções avaliadas por LIMAYE & PATIL (1989) este padrão foi mais divergente ainda, pois foram encontrados dois pares submedianos satelitados e dois pares subterminais. Esta variação nos padrões cariotípicos tende a indicar, principalmente, a grande diversidade de populações ou variedades encontrada para esta espécie, a ocorrência de rearranjos cromossômicos,

como translocações recíprocas desiguais entre diferentes cromossomos ou a precisão nas avaliações citológicas.

b) *Capsicum chinense*

Os cariótipos das três variedades ($2n = 24$) desta espécie cultivada, 2001, 2013 e 2014, apresentaram oito pares de cromossomos metacêntricos ($RB = 1,03 - 1,38$), três com centrômero levemente submediano, pares No.2, 5 e 11 ($RB = 1,22 - 1,38$) e um par com centrômero subterminal, satelitado ($RB = 2,8 - 3,11$) considerado o menor cromossomo do cariótipo (par No. 12), conforme a tabela 3 e figura 5a,b,c.

Este padrão cariotípico mostrou-se divergente dos resultados descritos por LIMAYE & PATIL (1989), onde o par cromossômico satelitado foi relativamente maior e a posição do centrômero aparentemente submediana. Tal divergência parece estar relacionada à ampla variedade de padrões adotados para a representação cariotípica das espécies.

A escassez de informações sobre a caracterização cromossômica nesta espécie não tem permitido maiores avaliações comparativas desse padrão cariotípico.

Um aspecto interessante observado nestas variedades se refere às variações no número e tamanho dos satélites.

Figura 3. Cariótipos representativos das variedades 1002(a), 1003(b), 1004(c), 1006(d), 1018(e), 1025(f), PLA 018(g), PLA 040(h), PCO 078(i) e PCO 095(j) de *Capsicum annum*.

Figura 4. Ideogramas das variedades 1002(a), 1003(b), 1004(c), 1006(d), 1018(e), 1025(f), PLA 018(g), PLA 040(h), PCO 078(i), PCO 095(j) de *Capsicum annum*.

Resultados preliminares indicaram a ocorrência de heteromorfismo para o par satelitado entre as plantas da variedade 2001 e ausência total do mesmo em outras (AGUIAR-PERECIN et al. 1987).

Um maior número de observações no presente trabalho, permitiu constatar a ausência total do satélite na referida variedade, bem como a presença desta estrutura nas variedades 2013 e 2014 (Figura 6a,b,c).

A observação de uma pequena constrição secundária terminal, evidenciada através de microscopia de contraste de fase, em um dos elementos do par cromossômico No. 12 na variedade 2001, permitiu indicar uma possível deleção do satélite neste par.

Os satélites da variedade 2013 se mostraram maiores e mais evidentes que nas demais variedades e espécies analisadas, podendo ser consequência de um processo de amplificação de seqüências de DNA nesta região.

O comprimento absoluto dos cromossomos variou entre 4,139 e 3,025 micrômetros para os pares maior e menor, respectivamente, sendo estes valores correspondentes a variedade 2013, enquanto o comprimento relativo ficou entre 9,81 e 6,87% (Tabela 3).

c) *Capsicum frutescens*

As duas variedades desta espécie cultivada, 4000 e 4002 apresentaram os cariótipos ($2n = 24$) com 10 pares de cromossomos metacêntricos com centrômero mediano ($RB = 1,04 - 1,27$) e dois pares de cromossomos satelitados, o par No. 4, submediano e o par No. 12, subtelocêntrico (Tabela 3, Figura 5d,e).

Os resultados para estes pares cromossômicos satelitados divergiram do padrão estabelecido por LIMAYE & PATIL (1989) onde se observou a presença de dois pares submedianos satelitados.

Entretanto, o mesmo padrão cariotípico aqui descrito foi demonstrado por CARLUCCIO & SACCARDO (1977) e para duas coleções (selvagem e domesticada) avaliadas por PICKERSGILL (1977b).

Pouca variação foi observada no tamanho dos satélites entre as plantas das duas variedades, sendo estes caracteristicamente pequenos e localizados bem próximo ao braço curto do cromossomo (Figura 6d,e).

O tamanho absoluto dos cromossomos variou de 3,952 a 2,636 micrômetros para o maior e menor cromossomo, respectivamente, enquanto o comprimento relativo variou de 9,83 a 6,80% entre as duas variedades (Tabela 3).

Figura 5. Cariótipos representativos das variedades 2001(a), 2013(b) e 2014(c) de *Capsicum chinense* e 4000(d) e 4002(e) de *Capsicum frutescens*.

Figura 6. Ideogramas das variedades 2001(a), 2013(b), 2014(c) de *C. chinense* e 4000(d) e 4002(e) de *C. frutescens*.

d) *Capsicum baccatum*

O cariótipo padrão ($2n = 24$) evidenciado para esta espécie cultivada apresentou 10 pares de cromossomos metacêntricos com centrômero aproximadamente mediano (RB = 1,06 - 1,10) ou submediano (RB = 1,11 - 1,52) e dois pares satelitados, o par No. 3, submediano (RB = 1,23 - 1,56) e o par No.12, com centrômero aproximadamente subterminal (RB = 2,45 - 3,05), conforme a Tabela 3 e Figura 7.

Este padrão cariotípico mostrou-se constante em todas as plantas das variedades 431, 435 e 2042 (figuras 7a,b,d). Entretanto, para as variedades 530 e C.b.L. (figuras 7c,e) constatou-se a presença de um terceiro par satelitado, caracterizado como par No.4, com centrômero mediano ou submediano (RB = 1,08 - 1,30), similar ao cariótipo de *C.pendulum* proposto por CARLUCCIO & SACCARDO (1977), evidenciando a não especificidade cariotípica nesta espécie (figura 8).

O número de pares cromossômicos satelitados nas variedades 431, 435 e 2042 concorda com aquele sugerido por PICKERSGILL (1977b) para algumas coleções desta espécie. Entretanto, o número e a posição dos satélites mostram-se parcialmente divergentes dos resultados propostos por LIMAYE & PATIL (1989).

Para *C. baccatum* e *C. microcarpum*, cujos padrões cariotípicos são semelhantes às variedades 431, 435 e 2042, o autor demonstrou os cariótipos como contendo 10 pares metacêntricos ou submetacêntricos e apenas um par de cromossomos satelitados, o par No.3, sendo o par subtelocêntrico desprovido de satélites, o que contraria os resultados aqui evidenciados.

Neste ponto deve ser considerado que os cariótipos desses dois exemplares devem corresponder a uma só espécie, haja visto que as denominações *C. baccatum* e *C. microcarpum* empregadas pelo autor, foram propostas para corresponder ao tipo selvagem desta espécie, cuja denominação atual é *C. baccatum* var. *baccatum* (ESHBAUGH, 1968).

O padrão cariotípico proposto por LIMAYE & PATIL (1989) para o exemplar de *C. pendulum*, espécie atualmente referida como *C. baccatum* var. *pendulum* cultivada, evidencia dois pares submedianos satelitados (No.4 e 8) e um par metacêntrico adicional (No. 12).

Apesar das semelhanças com os cariótipos das variedades 530 e C.b.L., estas mostraram caracteristicamente um par subterminal menor (No. 12) satelitado, contrariando assim, o padrão acima.

Esta variabilidade, quanto ao número de cromossomos satelitados, tende a refletir a grande diversidade de formas cultivadas encontrada para esta espécie.

Quanto ao tamanho dos satélites ligados aos cromossomos por uma curta constrição secundária, este mostrou-se pequeno, tanto para os pares 3 e 12 das variedades 431, 435 e 2042, quanto para o par 12 das variedades 530 e C.b.L..

Nestas últimas variedades, os satélites dos pares 3 e 4 mostraram-se mais evidentes e em alguns casos mais afastados da região cromossômica telomérica por uma constrição secundária mais longa.

O tamanho absoluto dos cromossomos variou entre 3,401 e 2,465 micrômetros, para os cromossomos maior e menor, respectivamente, sendo estes valores correspondentes a variedade 431, considerada uma das variedades de menor complemento cromossômico (comprimento do lote haplóide = 35,999).

O comprimento relativo variou de 9,21 a 6,9% entre as variedades analisadas (Tabela 3, Figura 8).

Os pares satelitados (No. 3 e 4) da variedade C.b.L. apresentaram-se ligeiramente heteromórficos quanto ao tamanho absoluto. Os homólogos foram pareados, principalmente, segundo os valores de relação de braços de modo que, algumas vezes, os cromossomos destes pares mostraram tamanhos diferentes, conforme observado na Figura 7.

Figura 7. Cariótipos representativos das variedades 431(a), 435(b), 530(c), 2042(d) e C.B.L.(e) de *Capsicum baccatum*.

Figura 8. Ideogramas das variedades 431(a), 435(b), 530(c),
2042(d) e C.b.L.(e) de *Capsicum baccatum*.

II. Espécies selvagens

e) *Capsicum flexuosum*

Nesta espécie selvagem ($2n = 24$), (classificada segundo PICKERSGILL 1985 - Tabela 1) foi encontrado um cariótipo constituído por 11 pares de cromossomos metacêntricos relativamente grandes com centrômero caracteristicamente submediano ($RB = 1,14 - 1,55$), sendo o par No. 6 satelitado e um par com centrômero subterminal, No. 12 ($RB \sim 3,2$), conforme Tabela e 3 Figura 9a.

O tamanho absoluto dos cromossomos variou entre 4,974 e 3,682 micrômetros para os pares cromossômicos maior e menor, respectivamente, sendo considerado um dos maiores valores observados entre os complementos cromossômicos das diversas variedades e espécies analisadas.

O comprimento relativo situou-se entre 9,76 e 7,22%, refletindo assim pouca variação de tamanho entre os 12 pares de cromossomos (Figura 10a).

Distinta das demais espécies, por caracteres morfológicos, como flores brancas com manchas amarelas nos lobos da corola e frutos pequenos e decíduos, tal espécie parece morfológicamente relacionada ao grupo *C. baccatum*, entretanto, nenhuma informação referente a esta espécie foi

encontrada na literatura, apenas sua descrição (PICKERSGILL, 1985 - Tabela 1), de modo que tais comparações são insustentáveis.

Como nenhuma descrição cariotípica foi encontrada na literatura relacionada a esta espécie, os resultados aqui descritos mostram-se essencialmente importantes para caracterizar a posição desta espécie no gênero, suas relações de parentesco com outras espécies e sua participação no processo evolutivo.

f) *Capsicum chacoense*

O cariótipo desta espécie selvagem ($2n=24$) mostrou-se constituído basicamente de oito pares de cromossomos metacêntricos com centrômero mediano (RB = 1,06 - 1,13), três pares com centrômero submediano (RB = 1,23 - 1,68), sendo o par No. três satelitado e um par subterminal, par No. 12 (RB ~ 2,66) também satelitado (Figura 9b).

Este padrão cariotípico mostrou similaridades quando comparado com os cariótipos de outras espécies, particularmente quanto ao tamanho dos cromossomos e posição do centrômero (Figura 10b).

O comprimento absoluto dos cromossomos variou de 4,028 a 2,817 micrômetros para os pares maior e menor, respectivamente, enquanto o comprimento relativo situou-se entre 9,69 e 6,79% (Tabela 3).

Os satélites dos pares No. 3 e No. 12 mostraram-se, em geral, conspícuos e, em algumas metáfases, inconsistentes devido à proximidade do braço curto dos cromossomos.

Estes resultados parecem concordar com as indicações propostas por PICKERSGILL (1977b), quanto ao número de pares satelitados para esta espécie. Em uma das coleções estudadas pela autora observou-se a ocorrência de dois pares cromossômicos satelitados, entretanto, um dos pares foi caracterizado como acrocêntrico e o outro não foi identificado.

O cariótipo proposto para esta espécie mostrou-se divergente dos resultados evidenciados para três coleções avaliadas por LIMAYE & PATIL (1989), onde este observou um ou dois pares caracteristicamente submedianos satelitados.

Diferenças também foram detectadas quando comparou-se estes resultados com o padrão cariotípico proposto por Otha ¹², 1962 citado por GREENLEAF (1986) para esta espécie, onde se observou predominância de cromossomos com centrômero mediano, incluindo os pares satelitados.

g) Capsicum parvifolium

O cariótipo desta espécie selvagem apresentou, caracteristicamente, 11 pares de cromossomos metacêntricos grandes com centrômero submediano (RB = 1,10

- 1,62), sendo o menor par, no.12 satelitado e um par com centrômero mais mediano (RB = 1,07) em comparação com os demais, identificado como par No. 5 na ordem decrescente do cariótipo (Figura 9c).

O tamanho absoluto dos cromossomos variou de 5,161 a 3,287 micrômetros, para os pares maior e menor, respectivamente, enquanto o limite de variação do comprimento relativo esteve entre 9,84 e 6,26% (Tabela 3).

Este padrão cariotípico mostrou ser o mais divergente quando comparado com as demais espécies e variedades analisadas no presente trabalho (Figura 10c) em virtude, principalmente, do maior tamanho absoluto dos cromossomos, da predominância de pares com centrômeros submediano, da ocorrência de apenas um par satelitado e da ausência do par subterminal ou acrocêntrico característico no gênero.

Entretanto, os cromossomos desta espécie, variando de 5,161 a 3,287 micrômetros, mostraram-se similares em tamanho a alguns dos materiais avaliados, particularmente à variedade 1004 de *C. annuum* e à espécie *C. flexuosum* as quais apresentaram cromossomos relativamente grandes, variando de 5,419 a 3,056u e 4,974 e 3,682u respectivamente, conforme observado na Tabela 3.

Os cromossomos das demais espécies e variedades analisadas mostraram-se relativamente menores, quando dessas comparações, sendo interessante salientar que

as diferenças observadas no tamanho cromossômico foram visíveis entre praticamente todos os cromossomos e entre os braços maior e menor, o que pode ser visto pela análise dos ideogramas desses materiais (Figuras 4, 6, 8, e 10).

Estas observações podem ser de grande importância no esclarecimento das variações intra e interespecíficas em *Capsicum*, bem como da posição desta espécie selvagem no gênero, o que será discutido posteriormente.

h) Capsicum praetermissum

O cariótipo desta espécie selvagem ($2n = 24$) apresentou quatro pares de cromossomos metacêntricos com centrômero mediano ($RB = 1,01 - 1,10$), sete pares com centrômero aproximadamente submediano ($RB = 1,14 - 1,53$), sendo o par No. 7 satelitado e um par menor, No. 12, aparentemente subterminal ($RB \sim 2,13$), também satelitado (Figura 9d).

Apesar da diferença no tamanho da constricção secundária que liga os satélites ao braço curto dos cromossomos, estes se mostraram conspícuos no par No. 7. O mesmo foi observado para o par No. 12, entretanto os satélites foram menores e não menos conspícuos.

O tamanho cromossômico absoluto variou de 4,519 a 2,897 micrômetros entre os pares maior e menor.

respectivamente, enquanto o comprimento relativo variou de 10,04 a 6,05% (Tabela 3).

Este padrão cariotípico apresentou ligeiras similaridades quanto ao tamanho cromossômico, particularmente para algumas variedades cultivadas e para as espécies selvagens *C. flexuosum* e *C. chacoense*, evidenciando uma certa correspondência entre alguns pares cromossômicos, à despeito das diferenças no tamanho absoluto (Figuras 4, 6, 8 e 10).

Nenhuma referência sobre estudos de morfologia cromossômica tem sido encontrada na literatura para esta espécie, de modo que as informações sobre a descrição do presente cariótipo podem auxiliar na elucidação das relações de parentesco desta espécie.

4.2. Variabilidade cariotípica intra e interespecífica

Como dito anteriormente, com base na morfologia cromossômica, analisada em metáfases somáticas (Figura 2), foi possível distinguir e caracterizar todos os cromossomos de cada variedade e espécies de *Capsicum* investigadas no presente trabalho, principalmente através do comprimento absoluto de cada par cromossômico e de sua relação de braços (Tabela 3).

Figura 9. Cariótipos representativos das espécies selvagens
Capsicum flexuosum(a), *C.chacoense*(b), *C.parvifolium*
 (c)e *.praetermissum*(d).

Figura 10. Ideogramas das espécies selvagens *C. flexuosum*(a), *C. chacoense*(b), *C. parvifolium*(c) e *C. praetermissum*(d).

Apesar da maioria dos trabalhos demonstrarem ser particularmente difícil identificar os pares homólogos nas espécies de *Capsicum*, em virtude dos cromossomos se mostrarem, geralmente, pequenos e muito similares, a avaliação acurada dos parâmetros acima, bem como do número, tamanho e posição de satélites possibilitou a distinção de pares cromossômicos bem característicos que foram dispostos em ordem decrescente de tamanho absoluto nos cariótipos e posteriormente nos ideogramas (Figuras 3 a 10).

A avaliação comparativa entre os cariótipos dos materiais estudados permitiu constatar a ocorrência de um padrão cariotípico, que provavelmente mostra ser característico para o gênero condicionado, principalmente, pela presença de 11 pares de cromossomos metacêntricos com centrômeros medianos e submedianos e um par subterminal.

PICKERSGILL (1971, 1977a;b , 1991) relatou em suas publicações que todas as espécies "verdadeiras" de *Capsicum* apresentam cariótipos muito similares correspondentes a este padrão, apesar de referir-se a um par acrocêntrico em vez de subterminal.

Como a autora não relatou dados sobre a relação entre os braços cromossômicos e como na presente investigação não foram encontrados valores de relação de braços superiores a 7,0, este par acrocêntrico foi considerado correspondente ao tipo subterminal aqui discriminado ($RB = 3,01 - 3,79$).

Através destes estudos comparativos foi possível evidenciar que, a despeito da ampla similaridade cariotípica entre os materiais avaliados, existem diferenças significativas que permitiram caracterizar cada espécie ou variedade, sendo estas relacionadas às variações no tamanho absoluto, posição do centrômero e número, tamanho e posição de satélites entre os pares cromossômicos.

Pela análise das figuras 3 e 4 observou-se que as variedades de *C. annuum* são muito similares quanto ao aspecto geral de seus cariótipos, entretanto, o tamanho cromossômico mostrou-se variável ou relativamente maior para as variedades 1002, 1003 e 1004. Esta variação, refletida no maior comprimento do lote haplóide das variedades (Tabela 3) pode estar relacionada às alterações no conteúdo de DNA, ao longo do processo evolutivo.

Uma nítida correspondência foi constatada entre os pares cromossômicos das diferentes variedades, com base no parâmetro relação de braços, sendo estes pares bem característicos como submedianos, pares No. 2, 5, 7, 9, 10 e 11 (RB ~ 1,1 - 2,1), medianos, pares No. 1, 3, 4, 6, e 8 (RB = 1,02 - 1,19) e subterminal, par No. 12 (RB ~ 3,01 - 3,79).

A variabilidade intraespecífica observada em *C. annuum* foi condicionada, principalmente, pela presença de diferentes pares cromossômicos satelitados e subterminais quando da comparação com outros padrões, podendo refletir a

ocorrência de rearranjos cromossômicos estruturais, como translocações recíprocas desiguais, nas diferentes raças ou exemplares desta espécie, durante o processo evolutivo (CARLUCCIO & SACCARDO, 1977; PICKERSGILL 1977a;b; LIMAYE & PATIL, 1989).

Da comparação entre os cariótipos das variedades de *C.chinense* foi possível observar correspondência entre os pares No. 1, 3, 4, 6 e 11 caracterizados como medianos (RB = 1,03 - 1,11), os pares No. 2, 5, 7, 8, 9, e 10, aparentemente, com centrômeros mais submedianos (RB = 1,08 - 1,38) e o par nitidamente submediano No. 12 (RB = 2,8 - 3,11) nas três variedades analisadas (Figuras 5 e 6).

Neste caso, alguns pares mostraram-se correspondentes ao padrão encontrado para as variedades de *C.annuum*, principalmente quanto aos valores de relação de braços, entre eles os pares medianos No. 1, 3, 4 e 6 e os pares submedianos No. 2, 5, 7 e 10 (Tabela 3).

Estas observações tendem a refletir a presença de um cariótipo básico para o gênero a partir do qual, provavelmente, outros cariótipos foram derivados.

É interessante notar que o padrão cariotípico evidenciado em *C.chinense* mostrou ser correspondente ao cariótipo proposto por CARLUCCIO & SACCARDO (1977) e com os dados registrados por PICKERSGILL (1977b), entretanto, foi altamente divergente daquele demonstrado por LIMAYE & PATIL (1989) onde um par

relativamente submediano ou subterminal satelitado grande e um subterminal foram encontrados nas coleções avaliadas por esses autores.

A despeito das similaridades, a ocorrência de satélites relativamente grandes, a ausência do par subterminal e a presença de um par cromossômico mediano adicional (par No.11) permitiram diferenciar, claramente, esta espécie do conjunto de espécies avaliado, conforme observado pela comparação dos ideogramas (Figuras 4, 6, 8 e 10).

Três aspectos importantes condicionaram a variabilidade intraespecífica em *C.chinense*, a saber: a ausência dos satélites no par submediano menor (par No. 12) na variedade 2001, que pode ser consequência da deleção desta estrutura a partir do braço curto no referido cromossomo; a presença de um par mediano adicional que pode ter originado a partir de uma translocação ou inversão pericêntrica envolvendo o par cromossômico subterminal, ausente nesta espécie e a presença de satélites relativamente grandes, na variedade 2013, provavelmente, resultantes de ampliações de seqüências de DNA, mais especificamente de regiões heterocromáticas, como evidenciado pelo bandamento C, na Figura 11.

Conforme proposto por PICKERSGILL (1971, 1977a;b) e CARLUCCIO & SACCARDO (1977) estas alterações cromossômicas, sugeridas para terem ocorrido durante os processos de especiação e evolução, mostram ser de grande

importância na evolução do cariótipo das diversas espécies de *Capsicum*.

Outro aspecto interessante foi observado para a variedade 2013, que além de apresentar satélites grandes, considerados como característicos de *C. chinense*, mostrou um tamanho cromossômico relativamente elevado quando comparado com as demais variedades, refletindo um maior comprimento do lote haplóide nesta variedade (Tabela 3). Isto poderia ser explicado pelo aumento proporcional de DNA através do complemento, incluindo os satélites.

Nenhuma variabilidade intraespecífica foi observada em *Capsicum frutescens* em comparação com as demais espécies cultivadas.

As duas variedades analisadas nesta espécie, 4000 e 4002, respectivamente, além de se apresentarem morfológicamente idênticas, mostraram o mesmo padrão cariotípico, caracterizado por 11 pares cromossômicos metacêntricos com centrômeros medianos ou ligeiramente submedianos ($RB = 1,04 - 1,27$) e um par subterminal, o que é um indicativo de que ambas as variedades constituem a mesma forma (Figuras 5d,e e 6d,e).

O cariótipo desta espécie contendo dois pares cromossômicos satelitados, submediano (par No. 4) e subterminal (par No. 12), respectivamente, apresentou-se divergente daqueles apresentados por Ohta ¹², 1962 citado por GREENLEAF (1986) e LIMAYE & PATIL (1989), principalmente pela variação na posição dos satélites,

porém mostrou ser altamente similar àquele proposto por CARLUCCIO & SACCARDO (1977) e dos resultados de duas coleções avaliadas por PICKERSILL (1977b).

Variações significativas no tamanho cromossômico não foram evidenciadas nestes materiais (Tabelas 3 e 4) e sugere-se que avaliações detalhadas de um maior número de exemplares desta espécie se fazem necessárias para uma melhor determinação da variabilidade intraespecífica nesta espécie.

Através da análise das figuras 7 e 8 correspondentes aos cariótipos e ideogramas representativos das variedades 431, 435, 530, 2042 e C.b.L. de *C. baccatum* foi possível determinar a maior variabilidade cariotípica entre as espécies cultivadas incluídas neste estudo, a qual mostrou ser condicionada por variações no número de cromossomos satelitados, bem como no tamanho cromossômico.

Da comparação entre as referidas variedades foi demonstrado a ocorrência de dois padrões cariotípicos para esta espécie.

As variedades 431, 435 e 2042, apesar de apresentarem variações significativas no tamanho dos cromossomos (Tabelas 3 e 4), mostraram o mesmo cariótipo, evidenciado, principalmente, pela presença de dois pares

¹² OTHA, Y. Caryotypes of *Capsicum*. Seiken Zihō / Kihara
Inst. Biol. Res. 13: 93-9. 1962

cromossômicos satelitados, o par No. 3, submediano (RB = 1,23 - 1,56) e o par No. 12, submediano ou subterminal (RB = 2,45 - 3,05).

Correspondência foi observada para praticamente todos os cromossomos nas três referidas variedades, apesar da variedade 431 apresentar o menor complemento cromossômico dentro desta espécie, bem como dentro do conjunto de materiais avaliados no presente trabalho (Tabelas 3 e 4).

Este padrão cariotípico foi encontrado entre variedades selgavens e cultivadas de *C. baccatum* nos estudos de PICKERSGILL (1971, 1977b), entretanto, quando comparado com os resultados de CARLUCCIO & SACCARDO (1977) e LIMAYE & PATIL (1989) divergências foram evidentes quanto a posição dos satélites em pares cromossômicos medianos e quanto ao número (1 ou 2) e posição dos satélites em pares submedianos, respectivamente.

O segundo padrão cariotípico evidenciado para *C. baccatum* foi encontrado entre as variedades 530 e C.b.L.. Apesar de morfológicamente muito diferentes, estas duas variedades apresentaram o mesmo cariótipo, caracterizado principalmente pela presença de três pares de cromossomos satelitado, o par No.3, nitidamente submediano (RB = 1,50 - 1,56), o par No.4, relativamente, submediano (RB = 1,20 - 1,30) e o par No.12, submediano ou mais subterminal (RB = 2,45 - 2,72).

Correspondência entre os pares cromossômicos dentro desta espécie só não foi observada para este terceiro par satelitado (No.4), cuja relação de braços mostrou-se variável entre as cinco variedades analisadas. O comprimento do lote haplóide apesar de similar entre as variedades 435, 530 e C.b.L. mostrou-se relativamente elevado quando comparado com os exemplares 2042 e 431 (Tabelas 3 e 4).

Este cariótipo com três pares de cromossomos satelitados mostrou ser o mais divergente entre o conjunto de materiais estudados, entretanto, evidenciou-se certa concordância com o padrão proposto por CARLUCCIO & SACCARDO (1977) para o exemplar *C.pendulum* (*C.baccatum* var. *pendulum*, cultivado) que apresentou dois pares submedianos satelitados relativamente grandes, a despeito do par subterminal desprovido de satélites.

De um modo geral, esta variabilidade intraespecífica evidenciada em *C.baccatum* pode ser conseqüência da adição de satélites no complemento cromossômico e rearranjos estruturais que, provavelmente, ocorreram no decorrer do processo evolutivo.

Analisando comparativamente as espécies cultivadas e selvagens como um todo, foi possível se verificar que estas últimas se apresentaram claramente distintas umas das outras evidenciando, portanto, uma nítida variabilidade interespecífica no gênero *Capsicum* (Figuras 9 e 10).

O cariótipo padrão determinado para *Capsicum chacoense*, apesar de bem característico, mostrou estar mais relacionado aos padrões observados entre os exemplares das espécies cultivadas, o que pode vir a corroborar com a hipótese da evolução das espécies domesticadas a partir desta espécie (Figura 1).

Entretanto, esta suposição deve ser amplamente avaliada em conjunto com outros aspectos, haja visto que dados de morfologia cromossômica mostram ser insuficientes para indicar a exata direção evolutiva das espécies dentro do gênero.

Em *C.praetermissum* foi possível se evidenciar um cariótipo padrão característico, comparável aos cariótipos de algumas variedades cultivadas. Esta espécie parece corresponder a uma variedade de *C.baccatum*. Entretanto, através apenas destes dados de morfologia cromossômica não foi possível fazer qualquer inferência sobre este aspecto (Figuras 8 e 10d).

Os cariótipos mais divergentes evidenciados entre as espécies de *Capsicum* analisadas no presente estudo, foram observados para corresponderem às espécies selvagens *C.flexuosum* e *C.parvifolium*, principalmente.

O cariótipo de *C.flexuosum*, (Tabelas 3 e 7 e Figuras 9a e 10a) mostrou-se mais assimétrico (TF = 42,443%), enquanto o cariótipo de *C.parvifolium* apresentou-se altamente distinto dos demais por possuir cromossomos maiores (C.L.H. = 52,424 u), conforme as figuras 9c e 10c.

Apesar de apresentarem certas similaridades para determinados pares cromossômicos entre alguns dos materiais estudados, são necessárias análises mais detalhadas, de um maior número de exemplares destas espécies, para determinar suas reais posições dentro do gênero e as possíveis relações de parentesco com as demais espécies.

4.3. Avaliação da variabilidade dos cariótipos.

No sentido de se determinar os níveis de variabilidade e simetria entre os cariótipos dos materiais analisados no presente trabalho foram realizadas avaliações entre o tamanho dos complementos cromossômicos (Tabelas 3 e 4), entre o comprimento absoluto dos pares cromossômicos maior, No. 1 (Tabela 5) e menor, No. 12 (Tabela 6), entre os índices de simetria, referentes a relação braços curtos/comprimento do lote haplóide - TF% (Tabela 7) e entre os valores dados pela relação cromossomo maior/cromossomo menor - R (Tabela 8).

A avaliação dos resultados da análise de variância e do teste de Tukey para o comprimento absoluto do lote haplóide (Tabela 4) permitiu sugerir que consideráveis variações tendem a ocorrer no complemento cromossômico das variedades cultivadas e espécies selvagens de *Caspicum*, sendo estas, provavelmente, correlacionadas à variações no conteúdo do DNA nuclear.

Se o tamanho ou volume cromossômico está diretamente relacionado à quantidade de DNA nuclear é possível determinar, ou pelo menos sugerir, o modo como tais variações ocorreram (deleções ou adições de sequência de DNA) e como estão distribuídas no complemento cromossômico.

Um aumento no conteúdo de DNA nuclear poderia explicar a ocorrência de complementos relativamente maiores entre as variedades 1002, 1003 e 1004 de *C. annuum*, o qual tenderia a ser, proporcionalmente, distribuído entre todos os cromossomos.

Como os valores de comprimento relativo mostraram-se uniformes entre os materiais estudados (Tabela 3) isto poderia refletir alterações proporcionais ao tamanho de cada cromossomo. O comprimento cromossômico absoluto e o tamanho do genoma seriam alterados, porém não seriam observadas modificações no comprimento relativo dos cromossomos. Este aumento no conteúdo de DNA nuclear poderia conduzir a cariótipos mais heterogêneos quanto ao tamanho cromossômico entre as variedades e espécies, conforme observado na Tabela 4.

A determinação do conteúdo do DNA nuclear, bem como a aplicação de métodos de bandamento cromossômico se fazem necessárias para melhor avaliar a ocorrência e distribuição de tais variações no complemento cromossômico. Estas variações também foram evidentes pela análise do comprimento absoluto dos pares cromossômicos maior e menor.

A análise de variância para os valores de comprimento absoluto do cromossomo maior, No.1 (Tabela 5) mostrou um valor de F significativo ao nível de 5% de probabilidade, enquanto os resultados do Teste de Tukey evidenciaram diferenças consideráveis entre os materiais avaliados, 5,4u para *C.annuum* (1004) e 3,4u para *C.baccatum* (431), com intergradações entre as demais variedades e espécies.

A despeito destas diferenças este par cromossômico mostrou ser correspondente entre as espécies estudadas, pois além de ser o maior par do complemento cromossômico, apresentou-se caracteristicamente metacêntrico com centrômero mediano.

Outro aspecto interessante na avaliação da variabilidade dos cariótipos foi observada pela análise do menor par cromossômico dos complementos avaliados.

Apesar da análise de variância realizada para o comprimento absoluto do par No. 12, evidenciar diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, os resultados do Teste de Tukey demonstraram haver nítida correspondência para este par entre os materiais avaliados (Tabela 6).

As espécies que apresentaram ligeiras diferenças para o par cromossômico menor foram aquelas que possuíam os maiores valores de comprimento do lote haplóide, permitindo inferir novamente que variações no conteúdo de DNA nuclear podem ter ocorrido e terem sido

distribuídas, igualmente, entre todos os cromossomos do complemento.

A posição do centrômero neste par cromossômico variou de submediana a subterminal, com os limites observados em *C. parvifolium* - BGH 6248 (RB = 1,44) e *C. frutescens* - 4002 (RB = 3,42) e com exceção à *C. flexuosum* - LL 1967 e *C. chinense* - 2001 este par apresentou-se invariavelmente satelitado, sendo utilizado como marcador citológico na identificação de espécies de *Capsicum*.

Outro parâmetro utilizado para determinar a variabilidade dos cariótipos na presente investigação foi o índice de simetria elaborado por HUZIWARA (1962), conforme Tabela 7.

Avaliando comparativamente os valores dados pela relação braços curtos/comprimento do lote haplóide (TF%) foi possível observar a ocorrência de cariótipos relativamente simétricos com relação ao centrômero, principalmente, entre as formas cultivadas. Apesar disto, uma ligeira tendência ao aumento no grau de assimetria foi evidenciada entre as espécies e variedades com maiores valores de tamanho cromossômico e maior número de pares submedianos.

Isto mostrou ser bem característico para as espécies selvagens *C. flexuosum* (LL 1967) e *C. parvifolium* (BGH 6248) com índices de simetria relativamente baixos (TF% = 42,44 e 43,94, respectivamente), apresentando

cromossomos com centrômero submediano e constituindo os cariótipos mais assimétricos observados neste estudo (Tabela 7 e Figuras 10a;c).

As demais espécies apresentaram cariótipos relativamente simétricos (Tabela 7), corroborando assim com as informações relacionadas na literatura referente a este gênero (LIMAYE & PATIL, 1989; PICKERSGILL, 1991).

Tem sido sugerido que o grau de assimetria cariotípica pode ser expresso também pela maior proporção entre a relação cromossomo maior/cromossomo menor (STEBBINS, 1950, 1971).

Como os pares cromossômicos maior, No.1 e menor, No.12, mostraram uma certa correspondência entre os materiais estudados, procedeu-se uma avaliação da relação entre eles para a melhor determinação dos níveis de simetria entre os cariótipos.

Através da análise da Tabela 8, constatou-se que as espécies e variedades apresentaram ampla variação para esta relação cromossômica, sendo os limites observados para a variedade 1003 de *C. annuum* (1,82), condicionando alta simetria com relação ao tamanho cromossômico e para *C. flexuosum* - LL 1967 (1,35), demonstrando um cariótipo mais simétrico, quanto ao tamanho dos pares cromossômicos.

Um aspecto interessante nesta avaliação foi observada para *C. flexuosum* (LL 1967) e *C. parvifolium* (BGH 6248) que apresentaram os menores índices de simetria (TF% = 42,44 e 43,94) característicos de carótipos assimétricos

com relação ao centrômero e baixas proporções entre os cromossomas maior e menor ($R = 1,57$ e $1,35$) relacionadas para corresponder a cariótipos simétricos com relação ao tamanho cromossômico.

Isto pode ser explicado pelo fato destas espécies apresentarem os maiores valores de comprimento absoluto para o último par cromossômico, reduzindo a relação entre ele e o par cromossômico maior e demonstrando, assim, maior simetria do cariótipo.

Variações nesta relação cromossomo maior/menor também foram observadas para outros materiais, as quais permitiram sugerir uma certa tendência à assimetria para o tamanho cromossômico, principalmente entre as variedades de *C. annuum*.

Os resultados obtidos a partir do índice de simetria e da relação cromossomo maior/menor tendem a indicar que as variações entre os cariótipos das variedades e espécies analisadas podem estar relacionadas tanto à variações no conteúdo de DNA nuclear quanto a rearranjos estruturais como pequenas translocações, inversões, deleções ou duplicações de segmentos cromossômicos que, provavelmente, ocorreram durante a evolução cariotípica neste gênero.

Tabela 4. Análise de variância para os valores de comprimento do lote haplóide e resultados do Teste de Tukey para as espécies e variedades de *Capsicum* analisadas.

FV	GL	QM	F
TRATAMENTOS	23	141,0798	4,38 **
RESÍDUO	190	32,2439	

$X_m = 42,1797 \pm 5,6784$

CV = 13,4623 %

ESPÉCIES	VARIEDADES	MÉDIAS	5 %
<i>C. parvifolium</i>	BGH 6248	52,424	a
<i>C. flexuosum</i>	LL 1967	50,947	ab
<i>C. annuum</i>	1004	48,804	abc
<i>C. annuum</i>	1002	46,174	abcd
<i>C. annuum</i>	1003	45,823	abcde
<i>C. praetermissum</i>	BGH 6703	45,038	abcde
<i>C. baccatum</i>	435	43,304	abcde
<i>C. chinense</i>	2013	43,020	abcde
<i>C. baccatum</i>	530	42,794	abcde
<i>C. baccatum</i>	C.b.L.	42,753	abcde
<i>C. annuum</i>	1006	42,740	abcde
<i>C. annuum</i>	PLA 018	42,704	abcde
<i>C. chacoense</i>	BGH 6019	41,507	bcde
<i>C. chinense</i>	2014	41,273	bcde
<i>C. annuum</i>	PLA 040	40,454	cde
<i>C. annuum</i>	PCO 078	40,279	cde
<i>C. baccatum</i>	2042	40,278	cde
<i>C. frutescens</i>	4000	40,205	cde
<i>C. annuum</i>	1018	39,585	cde
<i>C. annuum</i>	PCO 095	39,175	cde
<i>C. frutescens</i>	4002	38,687	de
<i>C. chinense</i>	2001	38,237	de
<i>C. annuum</i>	1025	36,975	de
<i>C. baccatum</i>	431	35,999	e

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

Tabela 5. Análise de variância para os valores de comprimento absoluto do par cromossômico maior, No.1, e resultados do Teste de Tukey das espécies e variedades de *Capsicum* analisadas.

FV	GL	QM	F
TRATAMENTOS	23	2,3637	6,09 **
RESÍDUO	190	0,3883	

$X_m = 4,2783 \pm 0,6232$

CV = 14,5664 %

ESPÉCIES	VARIEDADES	MÉDIAS	5 %
<i>C. annuum</i>	1004	5,419	a
<i>C. parvifolium</i>	BGH 6248	5,161	ab
<i>C. annuum</i>	1003	5,114	abc
<i>C. flexuosum</i>	LL 1967	4,974	abcd
<i>C. annuum</i>	1002	4,852	abcde
<i>C. annuum</i>	PLA 018	4,543	abcde
<i>C. praetermissum</i>	BGH 6703	4,519	abcde
<i>C. annuum</i>	1006	4,513	abcde
<i>C. annuum</i>	PLA 040	4,430	abcdef
<i>C. annuum</i>	1018	4,351	abcdef
<i>C. annuum</i>	PCO 095	4,333	abcdef
<i>C. annuum</i>	PCO 078	4,315	bcdef
<i>C. chinense</i>	2013	4,139	bcdef
<i>C. baccatum</i>	435	4,108	bcdef
<i>C. baccatum</i>	C.b.L.	4,076	bcdef
<i>C. chacoense</i>	BGH 6019	4,028	cdef
<i>C. chinense</i>	2014	3,958	def
<i>C. frutescens</i>	4000	3,952	def
<i>C. baccatum</i>	530	3,940	def
<i>C. annuum</i>	1025	3,841	ef
<i>C. frutescens</i>	4002	3,799	ef
<i>C. baccatum</i>	2042	3,783	ef
<i>C. chinense</i>	2001	3,757	ef
<i>C. baccatum</i>	431	3,401	f

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

Tabela 6. Análise de variância para os valores de comprimento absoluto do par cromossômico menor, No.12, e resultados do Teste de Tukey das espécies e variedades de *Capsicum* analisadas.

FV	GL	QM	F
TRATAMENTOS	23	0,7466	4,62 **
RESÍDUO	190	0,1616	

$X_m = 2,7935 \pm 0,4019$

CV = 14,3891 %

ESPÉCIES	VARIEDADES	MÉDIAS	5 %
<i>C. flexuosum</i>	LL 1967	3,682	a
<i>C. parvifolium</i>	BGH 6248	3,287	ab
<i>C. annuum</i>	1004	3,056	abc
<i>C. chinense</i>	2013	3,025	abc
<i>C. annuum</i>	1002	3,016	abc
<i>C. annuum</i>	PLA 018	3,005	abc
<i>C. baccatum</i>	C. b. L.	2,915	bc
<i>C. praetermissum</i>	BGH 6703	2,897	bc
<i>C. baccatum</i>	530	2,868	bc
<i>C. baccatum</i>	435	2,862	bc
<i>C. chinense</i>	2014	2,832	bc
<i>C. chacoense</i>	BGH 6019	2,817	bc
<i>C. annuum</i>	1003	2,800	bc
<i>C. baccatum</i>	2042	2,784	bc
<i>C. annuum</i>	1006	2,657	bc
<i>C. annuum</i>	PLA 040	2,650	bc
<i>C. frutescens</i>	4002	2,636	bc
<i>C. chinense</i>	2001	2,632	bc
<i>C. frutescens</i>	4000	2,492	bc
<i>C. annuum</i>	PCO 078	2,577	c
<i>C. annuum</i>	1018	2,519	c
<i>C. baccatum</i>	431	2,465	c
<i>C. annuum</i>	PCO 095	2,446	c
<i>C. annuum</i>	1025	2,426	c

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

Tabela 7. Análise de variância para os valores de índice de simetria TF (%) das espécies e variedades de *Capsicum* analisadas e resultados do Teste de Tukey.

FV	GL	QM	F
TRATAMENTOS	23	4,2474	11,01 **
RESÍDUO	190	0,3857	

$X_m = 44,5537 \pm 0,6210$

CV = 1,3939 %

ESPÉCIES	VARIEDADES	MÉDIAS	5 %
<i>C. chinense</i>	2014	45,847	a
<i>C. praetermissum</i>	BGH 6703	45,741	ab
<i>C. chinense</i>	2001	45,558	abc
<i>C. chinense</i>	2013	45,266	abcd
<i>C. frutescens</i>	4000	45,162	abcde
<i>C. baccatum</i>	530	45,018	abcdef
<i>C. frutescens</i>	4002	44,866	abcdef
<i>C. annuum</i>	1025	44,826	abcdef
<i>C. baccatum</i>	C.b.L.	44,736	bcdef
<i>C. chacoense</i>	BGH 6019	44,643	cdef
<i>C. baccatum</i>	431	44,539	cdef
<i>C. annuum</i>	1006	44,516	cdef
<i>C. annuum</i>	PLA 018	44,426	def
<i>C. annuum</i>	1018	44,401	def
<i>C. annuum</i>	PCO 078	44,379	def
<i>C. annuum</i>	1004	44,377	def
<i>C. baccatum</i>	2042	44,284	def
<i>C. annuum</i>	1003	44,205	def
<i>C. annuum</i>	PLA 040	44,202	def
<i>C. baccatum</i>	435	44,195	def
<i>C. annuum</i>	1002	44,194	def
<i>C. annuum</i>	PCO 095	44,139	ef
<i>C. parvifolium</i>	BGH 6248	43,941	f
<i>C. flexuosum</i>	LL 1967	42,443	g

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

Tabela 8. Análise de variância para os valores referentes à relação cromossomo maior / cromossomo menor das espécies e variedades de *Capsicum* analisadas e resultados do Teste de Tukey.

FV	GL	QM	F
TRATAMENTOS	23	0,2268	15,00 **
RESÍDUO	190	0,0151	

$$X_m = 1,5410 \pm 0,1229$$

$$CV = 7,9781 \%$$

ESPECIES	VARIEDADES	MÉDIAS	5 %
<i>C. annuum</i>	1003	1,8236	a
<i>C. annuum</i>	PCO 095	1,7784	ab
<i>C. annuum</i>	1004	1,7696	ab
<i>C. annuum</i>	1018	1,7247	abc
<i>C. annuum</i>	PLA 018	1,6960	abc
<i>C. annuum</i>	PLA 040	1,6801	abc
<i>C. annuum</i>	PCO 078	1,6721	abc
<i>C. praetermissum</i>	BGH 6703	1,6585	abcd
<i>C. annuum</i>	1006	1,6286	abcde
<i>C. annuum</i>	1002	1,6019	bcdef
<i>C. annuum</i>	1025	1,5900	bcdefg
<i>C. parvifolium</i>	BGH 6248	1,5741	bcdefgh
<i>C. frutescens</i>	4000	1,5253	cdefghi
<i>C. frutescens</i>	4002	1,4444	defghi
<i>C. baccatum</i>	435	1,4383	efghi
<i>C. chacoense</i>	BGH 6019	1,4339	efghi
<i>C. chinense</i>	2001	1,4194	efghi
<i>C. baccatum</i>	C.b.L.	1,4048	fghi
<i>C. chinense</i>	2014	1,4000	fghi
<i>C. baccatum</i>	431	1,3805	ghi
<i>C. baccatum</i>	530	1,3713	hi
<i>C. chinense</i>	2013	1,3709	hi
<i>C. baccatum</i>	2042	1,3627	hi
<i>C. flexuosum</i>	LL 1967	1,3562	i

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

4.4. Aplicação de bandamento cromossômico

As técnicas de bandamento cromossômico empregadas no presente trabalho revelaram aspectos interessantes sobre a possibilidade de se evidenciar diferenciação cromossômica em espécies de *Capsicum*.

As metodologias empregadas para visualização de regiões organizadoras do nucléolo em cromossomos metafásicos (HOWEL & BLACK, 1980) e núcleos interfásicos (FERNANDEZ-GOMEZ et al., 1969) foram realizadas em exemplares de *Capsicum annum* (variedades 1002, 1003, 1004 e 1006) e de *C. chinense* (2013).

A não visualização da região organizadora do nucléolo (NOR) nestes materiais foi condicionada, principalmente, por limitações técnicas e em consequência disto, foi sugerida uma avaliação mais detalhada procedendo-se modificações que permitam adequar estas metodologias ao referido material.

Por outro lado, resultados interessantes foram obtidos com a aplicação do bandamento C.

Apesar da análise de núcleos interfásicos não ter evidenciado a presença de cromocentros nítidos, correspondentes à blocos heterocromáticos, a análise de cromossomos metafásicos permitiu evidenciar a existência de pequenas bandas teloméricas em alguns cromossomos, além de grandes bandas localizadas na região cromossômica

terminal correspondente ao satélite, na variedade 2013 de *C.chinense* (Figura 11).

O aspecto mais interessante dessas análises foi a possibilidade de se relacionar os satélites desta variedade (2013), caracterizados como grandes pelo método de coloração convencional, como constituídos basicamente de heterocromatina constitutiva.

SHOPOVA (1966a) sugeriu que algumas espécies de *Capsicum*, como *C.annuum*, *C.frutescens* e *C.pubescens*, podem ser diferenciadas pela quantidade e distribuição de heterocromatina, determinadas a partir de análises de núcleos mitóticos profásicos e núcleos meióticos na fase de paquíteno corados pelo Método Feulgen.

Por outro lado, PICKERSGILL (1991) relacionou que a técnica de bandamento C pode permitir uma discriminação mais precisa entre os cromossomos de uma dada espécie ou de espécies diferentes, mas que, a despeito de suas potencialidades esta técnica não tem sido aplicada com sucesso em *Capsicum*.

Dentro deste contexto, os resultados obtidos no presente estudo mostraram ser de fundamental importância para demonstrar a aplicabilidade do bandamento C, bem como para a determinação de diferenciação cromossômica na espécie analisada. Sugere-se, entretanto, que análises mais detalhadas sejam realizadas neste e em outros materiais, na tentativa de se estabelecer padrões de bandas que possam ser avaliados comparativamente.

Figura 11. Metáfase mitótica corada pelo método de bandamento C, na variedade 2013 de *C. chinense*, evidenciando bandas teloméricas e dois grandes blocos correspondentes ao satélite.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados de análises da morfologia cromossômica em variedades e espécies, cultivadas e selvagens, do gênero *Capsicum* foi possível estabelecer as seguintes conclusões:

1. As espécies e variedades analisadas no presente trabalho são diplóides, apresentando número cromossômico básico $x=12$, $2n=24$ cromossomos.
2. Apesar da ampla similaridade entre os cromossomos, estes podem ser claramente identificados e caracterizados através do seu tamanho absoluto e relação e braços. Um cariótipo padrão, constituído basicamente de 11 pares cromossômicos com centrômeros medianos ou submedianos e um par com centrômero subterminal, mostra ser característico para o gênero, entretanto, algumas variações permitem caracterizar cada espécie ou variedade.

3. A diferenciação cariotípica intra e interespecífica neste gênero está relacionada, principalmente, a variações no tamanho dos cromossomos, no número, tamanho e posição de satélites e alterações na posição do centrômero em alguns cromossomos.
4. Polimorfismo cariotípico intraespecífico foi observado em todas as espécies cultivadas, exceto para *C. frutescens*, a qual se mostrou cromossomicamente invariável.
5. Uma tendência à assimetria cariotípica pode ser observada entre variedades e espécies com maior tamanho cromossômico, a despeito da considerável simetria evidenciada no gênero.
6. A técnica de bandamento C mostra ser aplicável para as espécies do gênero *Capsicum*, entretanto, estudos mais detalhados são necessários para o estabelecimento de padrões de bandas e posterior diferenciação cromossômica intra e interespecífica.
7. Tais estudos citogenéticos mostram ser potencialmente importantes ao esclarecimento das relações taxonômicas, filogenéticas e evolutivas no presente gênero. Uma contribuição essencial à elucidação do comportamento cromossômico envolvendo uma diversidade de espécies e taxons tropicais de considerável potencial agronômico.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR-PERECIN, M.L.R. de. C-banding in maize. I. Band patterns. **Caryologia**, Pisa, **38(1)**:23-30, 1985a.

AGUIAR-PERECIN, M.L.R. de Bandamento-C e tipos de heterocromatina em milho. In: AGUIAR-PERECIN, M.L.R. de; MARTINS, P.S.; BANDEL, G.; ed. Tópicos de citogenética e evolução de plantas. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, 1985b. p.51-67.

AGUIAR-PERECIN, M.L.R. de Molecular organization of plant chromosomes and perspectives for genetic engineering. In: CROCOMO, O.J.; SHARP, W.R.; EVANS, D.A.; BRAVO, J.E.; TAVARES, S.C.A. & PADDOK, E.S. eds. **Biotechnology of plants and microorganisms**. Ohio, University Press, 1986. cap. 16,p: 81-3.

AGUIAR-PERECIN, M.L.R. de & VOSA, C.G. C-banding in maize. II. Identification of somatic chromosomes. **Heredity**, London, **54**: 37-42, 1985.

- AGUIAR-PERECIN, M.L.R. de; WEINBERG, N.; YARA, R. Dados preliminares de uma análise citogenética de variedades de *Capsicum chinense* (Solanaceae). *Ciência e Cultura*, **39(7)**: 786. 1987.
- ALBINI, S.M. & JONES, G.H. Synaptonemal complex spreading in *Allium cepa* and *Allium fistulosum*. III. The F₁ hybrid. *Genome*, Ottawa, **33**: 854-66, 1990.
- ANDREWS, J. *Peppers; the domesticated capsicums*. Austin, University of Texas Press, 1984. 170p.
- ANDRZEJEWSKI, R.P. The use of isozymes as genetic markers in the breeding of pepper. In: MEETING ON GENETICS AND BREDDING ON CAPSICUM AND EGGPLANT, 8., Rome, 1992. Proceeding. *Capsicum Newsletter*, Turin, (Special): 21020, 1992.
- ANIEL KUMAR, O.; PANDA, R.C.; RAJA RAO, K.G. Cytogenetic studies of the F₁ hybrids of *Capsicum annuum* with *C.chinense* and *C.baccatum*. Theoretical and applied Genetics, Berlin, **74**: 242-6, 1987a.
- ANIEL KUMAR, O.; PANDA, R.C.; RAJA RAO, K.G. Cytogenetic studies on the F₁ hybrids *Capsicum chinense* Jacq. x *C.frutescens*, L. *Genética Agrária*, Roma, **41**: 47-56, 1987b.

BALLARD, R.E.; McCLURE, J.W.; ESHBAUGH, W.H.; WILSON, K.G.

A chemosystematic study of selected taxa of *Capsicum*.

American Journal of Botany, New York, **57(2)**: 225-33, 1970.

BELLETTI, P.; LANTERI, S. & SARACCO, F. Allozyme variability in *Capsicum*. In: MEETING ON GENETICS AND BREDDING ON CAPSICUM AND EGGPLANT, 8., Rome, 1992. Proceeding. **Capsicum Newsletter**, Turin, (**Special**): 221-6, 1992.

BIANCHI, N.O.; LÓPEZ CAMELO, J.S.; OLIVERO, O.A.; LOPRETTO, E.C. An equation to determine the index of karyological conservatism among phylogenetically related species. **Caryologia**, Pisa, **41(1)**: 9-15, 1988.

BLAKEY, D.H. & VOSA, C.G. Heterochromatin and Chromosome Variation in Cultivated Species of *Tulipa* subg. *Leiostemones* (Liliaceae). **Plant Systematics and Evolution**, Vienna, **139(34)**: 163-78, 1982.

CARLUCCIO, F. & SACCARDO, F. Karyotype studies in *Capsicum*. In: CONGRESS EUCARPIA SUR LA GENETIQUE ET LA SELECTION DU PIMENT, 3., Montfavet-Avignon, 1977. **Capsicum**, 77; Comptes rendus, edited by E. Pochard. Montfavet -Avignon, INRA, 1977. p.39-50.

CARVALHO, V.D. Características químicas de pimentões e pimentas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, **10(113)**: 76-8, 1984.

CASALI, V.W.D. & COUTO, F.A.A. Origem e botânica de *Capsicum*. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, **10(113)**: 8-10, 1984.

DATTA, P.C. Karyology of indian varieties of *Capsicum annum* Linn. (Solanaceae). **Caryologia**, Pisa, **21(2)**: 121-6, 1968.

DE LUCCA, E.J. & AGUIAR-PERECIN, M.L.R. de Chromosomal Evolution in Columbiformes (Aves). **Caryologia**, Pisa, **29(1)**: 59-68, 1976.

DE LUCCA, E.J. & AGUIAR-PERECIN, M.L.R. de. A karyosystematic study in columbiformes (Aves). **Cytologia**, Tokyo, **43**: 249-253, 1978.

DREWRY, A. The G-banded karyotype of *Pinus resinosa* Ait **Silvae Genetica**, Frankfurt, **37(5-6)**: 218-21, 1988.

ESHBAUGH, W.H. The role of cultivation in the evolution of the genus *Capsicum*. **American Journal of Botany**, New York, **50**: 633-4, 1963.

- ESHBAUGH, W.H. A numerical taxonomic and cytogenetic study of certain species of the genus *Capsicum*. Michigan, 1964. 112p. (PhD.Thesis Indiana University).
- ESHBAUGH, W.H. A nomenclatural note on the genus *Capsicum*. *Taxon*, Utrecht, 17: 51-2, 1968.
- ESHBAUGH, W.H. Variation and evolution in *Capsicum pubescens*. *American Journal of Botany*, New York, 61: 42, 1974.
- ESHBAUGH, W.H. XII Genetic and biochemical systematic studies of Chili Peppers (*Capsicum* - *Solanaceae*). *Bulletin of the Torrey botanical Club*, New York, 102(6): 396-403, 1975.
- ESHBAUGH, W.H. Chili Peppers in Bolivia. *Plant Genetic Resources Newsletter*, Roma, 47: 17-9, 1980.
- ESHBAUGH, W. H. *Capsicum* germoplasm collecting trip. - Bolivia 1987. *Capsicum Newsletter*, Turin, 7:24-6, 1988.
- FERNANDEZ-GOMEZ, E.; STOCKERT, J.C.; LOPEZ-SAEZ, J.F.; GIMENEZ-MARTIN, G. Staining plant cell nucleoli with AgNO₃, after formalin-hydroquinone fixation. *Stain Technology*, Geneva, 44: 48-9, 1969.

- FILION, W.G. & WALDEN, D.B. Karyotype analysis: The Detection of Chromosomal Alterations in the Somatic Karyotype of *Zea mays*, L. *Chromosoma*, Berlin, **41**: 183-94, 1973.
- FUJISHIMA, H. & KURITA, M. Variation in number, size and location of satelite of *Disporum sessile* Don. *The Japanese Journal of Genetics*, Mishima, **48(4)**: 271-8, 1973.
- GOMES, P. *Curso de Estatística Experimental*. 7.ed. Piracicaba, Livraria Nobel, 1982. 430p.
- GREENLEAF, W.H. Pepper breeding. In: BASSET, M.J., ed. *Breeding vegetable crops*. Gainesville, University of Florida, 1986, p. 67-134.
- GUPTA, C.R. & YADAN, R.D.S. Genetic variability and path analysis in chilli (*Capsicum annuum* Linn.). *Genética Agrária*, Roma, **38**: 425-32, 1984.
- HANKES, J. G. LESTER, R. N.; SKELDING, A. D., ed. *The biology and taxonomy of the Solanaceae*. London, Academic Press, 1979. 815p.

- HEISER, JR., C.B. Peppers *Capsicum* (Solanaceae). In: SIMMONDS, N.W., ed. **Evolution of Crop Plants**. London, Longman, 1976. p.265-8.
- HEISER, JR., C.B. & SMITH, P.G. Observations on another species of cultivated pepper, *Capsicum pubescens* R. & P. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, **52**: 331-5, 1948.
- HEISER, JR., C.B. & SMITH, P.G. New species of *Capsicum* from South America. **Brittonia**, New York, **10**: 194-201, 1958.
- HEISER, JR., C.B. & PICKERSGILL, B. Names for the cultivated *Capsicum* species (Solanaceae). **Taxon**, Utrecht, **18**: 277-83, 1969.
- HOWELL, W.M. & BLACH, D.A. Controlled silver-staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal developer: a 1 step method. **Experientia**, Basel, **36**: 1014-5, 1980.
- HUZIWARA, Y. Karyotype analysis in some genera of compositae. VIII. Further studies on the chromosome of *Aster*. **American Journal of Botany**, New York, **49**: 116-9, 1962.

INTERNATIONAL BOARD FOR PLANT GENETIC RESOURCES. IBPGR.

Genetics resources of Capsicum, a global plan of action.

Rome, IBPGR, 1983. 49p. (AGPG/IBPGR, 82/12).

JENKINS, G. Synaptonemal complex formation in hybrids of *Lolium temulentum* x *Lolium perenne* (L.). I. High chiasma frequency diploid. **Chromosoma**, Berlin, 92:81-8, 1985a.

JENKINS, G. Synaptonemal complex formation in hybrids of *Lolium temulentum* x *Lolium prerenne* (L.). II. Triploid. **Chromosoma**, Berlin, 92: 387-90, 1985b.

JENKINS, G. Synaptonemal complex formation in hybrids of *Lolium temulentum* x *Lolium perenne* (L.). III. Tetraploid. **Chromosoma**, Berlin, 93: 413-9, 1986.

JENKINS, G. & SCALON, M.J. Chromosome pairing in a *Lolium termulentum* x *Lolium perene* diploid-hybrid with a low chiasma frequency. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, 73: 516-22, 1987.

JENKINS, G. & WHITE, J. Elimination of synaptonemal complex irregularities in a *Lolium* hybrid. **Heredity**, London, 64: 45-53, 1990.

- JONES, L. Chromosomes changes in plant evolution. III. Chromosome changes: realiable indicators of the direction of evolution ? **Taxon**, Utrecht, **19**: 172-9, 1970.
- KING, M. Chromosomal rearrangements, speciation and the theoretical approach. **Heredity**, London, **59**: 1-6, 1987.
- LEVAN, A.; FREDGA, K. and SANDBERG, A.A. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. **Hereditas**, Lund, **52**:01-20, 1964.
- LIMAYE, V.A. & PATIL, V.P. Karyomorphological Studies in the genus *Capsicum* Linn. **Cytologia**, Tokyo, **54**: 455-63, 1989.
- LIPPERT, L.F.; SMITH, P.G. and BERGH, B.O. Cytogenetics of the vegetable crops. Garden Pepper, *Capsicum* sp. **The Botanical Rewiew**, Lancaster, **32**: 24-55, 1966.
- MALIK, C.P. & THOMAS, P.T. Karyotypic studies in some *Lolium* and *Festuca* species. **Caryologia**, Pisa, **19**(2): 167-96, 1966.

MAYNARD SMITH, J.; BURIAN, R.; KAUFFMAN, S. ALBERCH, P.; CAMPBELL, J.; GOODWIN, B.; LANDE, R. RAUP, D.; WOLPERT, L. Developmental constraints and Evolution. **The Quarterly Review of Biology**. **60(3)**: 264-87 , 1985.

McLEOD, M.J.; ESHBAUGH, W.H.; GUTTMAN, S.I. An electrophoretic study of *Capsicum* (Solanaceae): The purple flowered taxa. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, New York, **106(4)**: 326-33, 1979.

McLEOD, M.J.; GUTTMAN, S.E.; ESHBAUGH, W.H. Early evolution of Chili Peppers (*Capsicum*). **Economic Botany**, New York, **36(4)**: 361-68, 1982.

McLEOD, J.M.; GUTTMAN, S.I.; ESHBAUGH, W.H.; RAYLE, R.E. An electrophoretic study of evolution in *Capsicum* (Solanaceae). **Evolution**, Lancaster, **37(3)**: 562-74, 1983.

MERINO, F.; BERNAL, A. & DIAZ, J.; An eletrophoretic study in padrón Pepper (*Capsicum annuum* L. var *annuum*). In: MEETING ON GENETICS AND BREEDING ON CAPSICUM AND EGGPLANT, 8., Rome, 1992. **Proceedings. Capsicum Newsletter**, Turin, (Special): 227-31, 1992.

MORGAN, W.G. Chromosome pairing in triploid hybrids and amphidiploids involving *Lolium* and diploid *Festuca* species. **Genomes**, Ottawa, **33**: 472-77, 1990.

- MORGAN, W.G. & THOMAS, H. A study of chromosome association and chiasma formation in the amphidiploid between *Lolium multiflorum* and *Festuca drymeja*. *Heredity*, London, **67**: 241-245, 1991.
- MUGNIER, C. & SILJAK-YAKOVLEV, S.S. Karyological study some yugoslavian populations of *Hypochoeris*(*Compositae*). *Caryologia*, Pisa, **40(4)**: 319-25, 1987.
- MURRAY, B.G. The cytology of the genus *Brisa*, L.Gramineae. I. Chromosome Numbers, karyotypes and Nuclear DNA variation. *Chromosoma*, Berlin, **49**: 299-308, 1975.
- NARAYAN, R.K.J. & REES, H. Nuclear DNA variation in *Lathyrus*. *Chromosoma*, Berlin, **54**: 141-54, 1976.
- NARAYAN, R.K.J. Chromosome changes in the evolution of *Lathyrus* species. In: BRANDHAM, P.E. & BENNET, M.D., ed. *Kew chromosome conference II*. London, George Allen & Unwin, 1983. p. 243-50.
- NARAYAN, R.K.J. Constraints upon the organisation and evolution of chromosomes in *Allium*. *Theoretical Applied Genetics*, Berlin, **75**: 319-29, 1988.
- NEI, M. Genetic distance between populations. *American Naturalist*, Lancaster, **106**: 283-92, 1972.

- OTHA, Y. Cytogenetical studies in the genus *Capsicum*, I. *C.frutescens* x *C.annuum*. The Japanese Journal of Genetics, Mishima, 36: 647-51, 1961.
- PARKER, J.S.; WILBY, A.S.; TAYLOR, S. Chromosome stability and instability in plants. In: BRANDHAM, P.E. & BENNET, M.O. ed. **Kew chromosome conference III**. London, George Allen & Unwin, 1988. p.131-40.
- PICKERSGILL, B. The variability and relationships of *Capsicum chinense* Jacq., Michigan, 1966, 198p. (PhD. Thesis Indiana University, Bloomington).
- PICKERSGILL, B. Interspecific isolating mechanisms in some South American chili peppers. **American Journal of Botany**, New York, 54: 654, 1967.
- PICKERSGILL, B. Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chili peppers (Genus *Capsicum*). **Evolution**, Lancaster, 25(4): 683-91, 1971.
- PICKERSGILL, B. Chromosomes and Evolution in *Capsicum*. In: CONGRESS EUCARPIA SUR LA GENETIQUE ET LA SELECTION DU PIMENT, 3., Montfavet-Avignon, 1977. **Capsicum 77**; Comptes Rendus, edited by E. Pochard. Montfavet-Avignon, INRA, 1977a. p.27-37.

- PICKERSGILL, B. Taxonomy and the origin and evolution of cultivated plants in the New World. **Nature**, London, 268(18): 591-5, 1977b.
- PICKERSGILL, B. Cytogenetics and evolution of *Capsicum* L. In: TSUCHIYA, T. & GUPTA, P.K., ed. **Chromosome engineering in plants: genetics, breeding evolution**. Amsterdam, Elsevier, 1991. pt.B, p. 139-60.
- PICKERSGILL, B. Barriers to interspecific gene exchange in *Capsicum*. In: MEETING ON GENETICS AND BREEDING ON CAPSICUM AND EGGPLANT, 8., Rome, 1992. Proceedings. **Capsicum Newsletter, (Special)**: 57-60, sept. 1992.
- PICKERSGILL, B.; HEISER, JR., C.B. AND McNEILL, J. Numerical taxonomic studies on variation and domestication in some species of *Capsicum*. In: **The Biology and Taxonomy of the Solanaceae.**, edited by. J.G.Hankes, pp. 679-99. New York: Academic Press. 1979.
- PIEROZZI, N.I. Análise comparativa dos cromossomos mitóticos de *Coffea dewevrei* De Wild. et Th.Dur. e *C. racemosa* Lour. através de técnicas de badamento. Campinas, 1986. 167p. (Mestrado - Universidade Estadual de Campinas).

PINTO, C.A.B.P. & COSTA, C.P. Melhoramento do pimentão.
In: **Melhoramento de hortaliças**. Piracicaba, 1977. p:
243-56.

PUNDEVA, R. Cytological study of F₁ hybrid *Capsicum annuum*
x C.praetermissum. *Capsicum Newsletter*, Turin, 5: 41-2,
1986.

QUMSIYEH, M.B. & BAKER, R.J. Comparative cytogenetics and
the determination of primitive karyotypes. **Cytogenetics**
and cell Genetics, Basel, 47: 100-3, 1988.

REES, H. & JONES, G.H. Chromosome evolution in *Lolium*.
Heredity, London, 22(1): 1-18, 1967.

SACCARDO, F. and RAMULU, K.S. Cytologicval Investigations
in the Genus *Capsicum*. In: CONGRESS EUCARPIA SUR LA
GENETIQUE ET LA SELECTION DU PIMENT, 3., Montfavet-
Avignon, 1977. **Capsicum 77**; comptes Reundus, edited by
E. Pochard. Monfavet-Avignon, INRA, 1977. p.51-66.

SAHRIGY, M.A. & SEGHY, M.A. Cytogenetical studies in the
genus *Capsicum*. I. The cytological behavior. **Egyptian**
Journal Genetic and Citology, Giza, 7: 210-226, 1978.

- SARREN, S.; AK KOUL & LANGER, A. NOR size in relation to nucleogenesis. *The Nuclens*, Colantta, 31(1/2): 20-3, 1988.
- SEAL, A.G. DNA variation in *Festuca*. *Heredity*, London, 50(3): 225-36, 1993.
- SEAL, A.G. & REES, H. The distribution of quantitative DNA changes associated with the evolution of diploid *Festuceae*. *Heredity*, London, 49: 179-90, 1982.
- SHARMA, A.K. Additional genetic materials in chromosomes. In: BRANDHAM, P.E. & BENNETT, M.D., ed. *Kew chromosome conference II*. London, George Allen & Unwin, 1983. p. 35-42.
- SHARMA, N.; AK KOUL; LANGER, A. Karyotype polymorphism in *Allium sativum* L. *The Nuclens*, Calcutta, 31(1,2): 31-6, 1988.
- SHOPOVA, M. Studies in the Genus *Capsicum*. I. Species Differentiation. *Chromosoma*, Berlin, 19: 340-8, 1966a.
- SHOPOVA, M. Studies in the Genus *Capsicum*. II. Irregularities in the pollen mother cells. *Chromosoma*, Berlin, 19: 349-56, 1966b.

SMITH, P.G. & HEISER, JR., C.B. Taxonomic and genetic studies the cultivated peppers *Capsicum annuum* L. e *C. frutescens* L. **American Journal of Botany**, New York, **38**: 362-8, 1951.

SMITH, P.G.; RICK, C.M.; HEISER, JR., C.B. *Capsicum pendulum* Willd., another cultivated pepper from South America. **Proceedings of The American Society Horticultural Science**, Geneva, **57**: 339-42, 1951.

SMITH, P.G. & HEISER, JR., C.B. Taxonomy of *Capsicum sinense* Jacq. and the geographic distribution of the cultivated *Capsicum* species. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, New York, **84(6)**: 413-20, 1957.

STALKER, H.T. & DALMACIO, R.D. Chromosomes of *Arachis* species, section *Arachis*. **The Journal of Heredity**, Washington, **72**: 403-8, 1981.

STEBBINS, G.L. **Variation and evolution in plants**. New York, Columbia University Press, 1950. 643p.

STEBBINS, G.L. Longevity, habitat and kelease of genetic variability in the higher plants. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**, New York, **23**: 365-78, 1958.

STEBBINS, G.L. **Chromosomal evolution in higher plants.**

Reading, Addison Wesley, 1971. 215p.

TEJAVATHI, D.H. & NIJALINGAPPA, B.H.M. Cytological studies in some members of *Cyperaceae*. *Cytologia*, Tokyo, **55**: 363-72, 1990.

THOMAS, H.M. Analysis of synaptonemal complexes in the amphidiploid of *Lolium multiflorum* x *Festuca drymeja*. *Genome*, Ottawa, **33**: 903-7, 1990.

THOMAS, H.M. & MORGAN, W.G. Analysis of synaptonemal complex and chromosome pairing at metaphase I in the diploid intergeneric hybrid *Lolium multiflorum* x *Festuca drymeja*. *Genome*, Ottawa, **33**: 465-71, 1990.

VOSA, C.G. The Basic Karyotype of Rye (*Secale cereale*) analysed with Giemsa and Fluorescence Methods. *Heredity*, London, **33(3)**: 403-8, 1974.

VOSA, C.G. Plant chromosome banding and cytotaxonomy. In: AGUIAR-PERECIN, M.L.R.de; MARTINS, P.S.; BANDEL, G., ed. **Tópicos de citogenética e evolução de plantas**. Ribeirão Preto , Sociedade Brasileira de Genética, 1985. p.17-25.

VOSA, C.G. Chromosomes studies in the genus *Gethyllis* (Amaryllidaceae). *Caryologia*, Pisa, 39(3-4): 251-57, 1986.

VOSA, C.G. Chromosome banding: plants. *Genome*, Ottawa, 31: 474-5, 1989.

VOSA, C.G. & MARCHI, P. Quinacrine fluorescence and giemsa staining in plants. *Nature New Biology*, London, 237: 191-2, 1972.

VOSA, C.G. & SNIJMAN, D.A. The Cytology of the genus *Haemanthus*, L. (Amaryllidaceae). *Journal of South African Botany*. South Africa, 50(2): 237-59, 1984.

WANG, H.C. & KAO, K.N. G-banding in plant chromosomes. *Genome*, Ottawa, 30: 48-51, 1988.

ZARCO, C.R. A new method for estimating karyotype asymmetry. *Taxon*, Utrecht, 35(3): 526-30, 1986.