

NUBLEA TERESA FELKL MANARA
ENGENHEIRA-AGRÔNOMA

Professora Assistente - Departamento de Fitotecnia
Centro de Ciências Rurais
Universidade Federal de Santa Maria - Santa Maria - RS

CITOGENÉTICA DE VARIEDADES DO CAPIM ELEFANTE
[Pennisetum purpureum Schum.]

Orientador : PROF. DR. ALMIRO BLUMENSCHNEIN

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Uni-
versidade de São Paulo, para obtenção do
título de "Mestre"

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo
1 9 7 3

A meus pais

OFEREÇO.

A meu marido

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Os meus sinceros agradecimentos à todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e, em especial às seguintes pessoas e instituições:

- ao Professor Almiro Blumenschein, pela excelente orientação, ensinamentos e sugestões dadas;

- ao Professor Paulo Soderó Martins, pela sugestão do assunto e orientação inicial;

- aos Professores Gerhard Bandel e Margarida R. L. de Aguiar, pelo estímulo e sugestões;

- aos Professores Moacir Corsi e Vidal P. de Faria, pela cessão das variedades, identificação das mesmas e colaboração prestada;

- ao Professor Cyro Paulino da Costa, pela ajuda na versão do resumo e conclusões;

- aos docentes do Instituto e Departamento de Genética da ESALQ, pelos valiosos ensinamentos;

- aos Professores Derblay Galvão e Solon Carvalho, pelo estímulo e apôio constantes;

- aos Professores Osmar S. dos Santos e Roberto Ritter, pela solidariedade demonstrada;

- ao Sr. Leslie Sbrissa, pelo auxílio técnico e sugestões nos trabalhos de laboratório;

- aos Srs. José Broglio e Walter B. Bortolazzo, pelos serviços de fotografia e desenho, bem como a todos os demais funcionários do Departamento de Genética da ESALQ, pela boa vontade demonstrada;

- à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e à Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade e facilidades concedidas para a realização deste curso.

Í N D I C E

	<u>Pg.</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1. - Número de cromossomos em gramíneas	3
2.2. - Morfologia dos cromossomos em gramíneas	4
2.3. - Meiose em gramíneas	6
2.4. - Poliploidia em gramíneas	9
2.5. - A espécie <u>Pennisetum purpureum</u> Schum.	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1. - Material	18
3.2. - Métodos	20
4. RESULTADOS	25
4.1. - Cromossomos somáticos de pontas de raízes	25
4.2. - Análise morfológica dos cromossomos	25
4.3. - Estudo da meiose em células mães dos grãos de pólen	31
5. DISCUSSÃO	44
6. RESUMO E CONCLUSÕES	53
7. SUMMARY AND CONCLUSIONS	55
8. LITERATURA CITADA	57

1. INTRODUÇÃO

Sendo o Brasil um país onde a agro-pecuária é a base de sua economia, as maiores atenções tem sido dirigidas para o aumento da produção tanto do ponto de vista agrícola como da pecuária.

Considerando-se o rebanho de bovinos do Brasil, 97.864.000 cabeças (IBGE, 1971), pode-se avaliar a importância das pastagens para o país. No passado, o pecuarista contou com grande abundância de pastagens nativas, porém, nos últimos anos a dependência de pastagens cultivadas tornou-se cada vez maior. Apesar do melhoramento genético das pastagens ser uma das principais metas a serem desenvolvidas na obtenção de alimentos mais nutritivos para o gado, no Brasil muito pouco tem sido feito neste sentido. Ao contrário, em outros países como Estados Unidos, Canadá e Austrália, grandes esforços têm sido dispendidos no melhoramento genético de pastagens para produção econômica de alimentos para o gado (POHELMAN, 1965).

Segundo OTERO (1961), o capim elefante (Pennisetum purpureum Schum.) é originário da África e foi introduzido no Brasil em 1920. Sendo gramínea perene, de alta rusticidade, grande rendimento, fácil multiplicação, resistência relativa à seca e ao frio, de boa composição química quando nova e de boa aceitação pelo gado, constituiu, sem dúvida, uma forrageira muito recomendada principalmente como produtora de abundante forragem verde para corte e ensilagem. Sua multiplicação pode ser feita por sementes e estacas, sendo o último processo o mais usado por ser mais fácil, rápido e econômico.

A comparação dos resultados da análise química feita em outras pastagens, com aquela do capim elefante (BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1940), mostra que este é um dos mais ricos em proteínas, o que o torna altamente vantajoso e preferível às demais gramíneas. Já a quantidade de elementos dosados conjuntamente sob a denominação de celulose, fibras, etc. é superior ao de outras pastagens, sendo portanto mais conveniente para os bovinos e menos indicado para suínos e equinos.

As variedades de capim elefante cultivadas no Brasil, na maior parte, são introduções provenientes de outros países. O melhoramento desta espécie foi iniciado no IPEACO com sede em Sete Lagoas - MG (EMRICH & FRANCO, 1965) e, trabalhos relativos a caracterização das variedades em cultivo também estão se desenvolvendo (CARVALHO et al, 1972).

Segundo MYERS (1947), investigações citológicas e genéticas em gramíneas, devem ser desenvolvidas primariamente por duas razões: 1ª) servem como complementação dos dados morfológicos em estudos de taxonomia e filogenia; 2ª) proporciona informações fundamentais para o melhoramento das espécies, por cruzamento. Com relação aos estudos taxonômicos e filogenéticos, o número cromossômico de numerosas espécies tem sido determinado, poliplóides têm sido descobertos em muitos gêneros e espécies e muitos híbridos interespecíficos tem sido investigados. Para os trabalhos de melhoramento tais estudos têm auxiliado através de observações do comportamento meiótico de variedades e híbridos interespecíficos, além de elucidar problemas da origem de poliplóides e herança de caracteres.

No Brasil não são conhecidos estudos citogenéticos das variedades de capim elefante.

As variedades cultivadas no Estado de São Paulo apresentam diferenças morfológicas, mostrando grande variabilidade, sendo material bastante promissor para trabalhos de melhoramento.

Levando-se em consideração a falta de informações básicas para trabalhos de melhoramento, envolvendo variedades de capim elefante, a presente investigação tem os seguintes objetivos:

- a) Determinação do número e características morfológicas dos cromossomos de 8 variedades de P. purpureum e através da comparação dos dados, obter algumas informações sobre a evolução do cariótipo das mesmas.
- b) Estudo da meiose em células mães dos grãos de pólen em 5 das 8 variedades,

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. - Número de cromossomos em gramíneas

A lista de espécies de gramíneas cujo número cromossômico foi determinado, tem sido ampliada nos últimos anos.

Segundo DARLINGTON & WYLIE (1955), em gramíneas, foram registradas tribos cujos números básicos são 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19 e 20.

CARNAHAN & HILL (1961), registraram o número cromossômico de mais de 1.550 espécies de gramíneas encontrando: 9 espécies com $x = 4$; 413 espécies com $x = 5$; 128 espécies com $x = 6$; 572 espécies com $x = 7$; 11 espécies com $x = 8$; 290 espécies com $x = 9$; 48 espécies com $x = 11$; 6 espécies com $x = 13$; 9 espécies com $x = 17$; 18 espécies com $x = 19$; e 2 espécies com $x = 23$. Espécies adicionais dentro dos gêneros tinham números ou séries de números aneuploides o que tornou a indicação do número básico duvidosa. Algumas das espécies referidas como possuindo $x = 5$ ou $x = 6$, podem ter $x = 10$ ou $x = 9$ ou 12, respectivamente.

MYERS (1947), havia encontrado 163 espécies com $x = 5$; 85 com $x = 6$; 360 com $x = 7$; 7 com $x = 8$; 82 com $x = 9$; 3 com $x = 11$; 5 com $x = 17$ e 7 com $x = 23$.

As diferenças entre os 2 grupos de material segundo CARNAHAN & HILL (1961) provavelmente refletem diferenças de amostragem entre as várias "taxa". Gêneros dentro de tribos com complementos multi-básicos, são comuns.

Segundo BOOTH (1964), o número de espécies diploides em gramíneas não é grande, e mesmo alguns números referidos como diploides podem ser questionados. Espécies possuindo número básico $x = 7$ são freqüentes e numerosas, números mais baixos que estes são extremamente raros. O número mais baixo de cromossomos registrado em espécie de gramíneas é $2n=8$ em Airopsis tenella. O número básico 4, segundo o autor, parece mais provável ter se originado através da perda de cromossomos.

FLOVIK (1938), sugeriu que 5 possa ser o número básico para toda a família Gramineae ou especialmente para Andropogoneae. WANSCHER (apud BOOTH, 1964) concluiu que 7 seria o número básico da família Gramineae, devido a preponderância de espécies com este número básico.

No gênero Pennisetum foi evidenciada a presença de 2 números básicos, $x = 7$ e $x = 9$. O primeiro ocorrendo na Seção Pennicilaria e o segundo característico das demais Seções, Gimnothrix, Brevivalvula, Eupennisetum e Heterostachya, estabelecidas por STAPP (apud VEYRET, 1957).

SWAMINATHAN & NATH (1956), encontraram números somáticos de $2n=10$ em P. ramosum e $2n=32$ em P. massaicum, sugerindo números básicos adicionais de 5 e 8 para o gênero.

2.2. - Morfologia dos cromossomos em gramíneas

A simples observação de que diferentes espécies dentro de um gênero, diferentes gêneros dentro de uma tribo, etc., podem possuir o mesmo número somático de cromossomos, evidencia a necessidade da suplementação de tais informações com dados adicionais referentes a morfologia dos cromossomos.

Segundo STEBBINS (1971), o aspecto morfológico do complemento cromossômico, visto na metáfase da mitose, é denominado cariótipo. Cinco diferenças características de cariótipo são usualmente observadas e comparadas: (1) diferenças no tamanho absoluto dos cromossomos; (2) diferenças na posição do centrômero; (3) diferenças no tamanho relativo dos cromossomos; (4) diferenças no número básico; (5) diferenças no número e posição dos satélites. Uma sexta característica, a diferença no grau e distribuição de regiões heterocromáticas, pode ser estudada se boas prófases mitóticas forem disponíveis.

Os modos pelos quais os cariótipos diferem foram descritos anteriormente por LEVITZKY (1931a, b) e informações adicionais foram dadas por DARLINGTON (1937).

A Escola Russa de morfologia comparativa do cariótipo, levou LEVITZKY (1931b) a desenvolver o conceito de simetria vs. assimetria. Um cariótipo simétrico é aquele onde todos os cromossomos são aproximadamente do mesmo tamanho e possuem centrômeros medianos ou sub-medianos. Aumento da assimetria, pode ocorrer através de trocas na posição do centrômero de mediano para sub-terminal ou terminal, ou através de acúmulo de diferenças no tamanho relativo dos cromossomos do complemento, tornando assim o cariótipo mais heterogêneo. Estas duas tendências não são necessariamente correlacionadas, apesar de poderem o ser, em certos grupos.

AVDULOV (apud MYERS, 1947), registrou que espécies incluídas por ele em Sacchariferae e Phragmitiformes têm pequenos cromossomos, enquanto as Festuciformes têm cromossomos grandes.

Em adição a diferença geral em tamanho exibida por grandes grupos, considerável variação tem sido observada entre espécies do mesmo gênero. P. glaucum tem cromossomos maiores do que qualquer outra espécie da tribo Panicaceae (HUNTER, 1934), sendo que esta diferença em comparação com P. purpureum, é suficientemente grande para permitir a identificação de cromossomos parentais em seus híbridos F_1 (BURTON, 1944).

Diferenças no tamanho entre cromossomos dentro de espécies foram registradas em Andropogon spp. (CHURCH, 1940), Sorghum spp. (GARBER, 1944), Bromus carinatus (STEBBINS & TOBGY, 1944) e muitos outros exemplos em MYERS (1947).

Devido as variações no comprimento dos cromossomos entre plantas da mesma espécie, além das influências de fluidos fixadores, pré-tratamento, e outras sobre esta característica, um caráter diagnóstico mais crítico é a forma dos cromossomos determinada pela posição do centrômero. Variações neste caráter entre cromossomos da mesma espécie foram registradas por muitos investigadores: (HUNTER, 1934; NIELSEN, 1939; GARBER, 1944; e outros).

Além da constrição primária, outra característica morfológica de certos cromossomos na mitose é a presença de constrição secundária. O relacionamento da constrição secundária e satélites com nucléolo foi reconhecida por HEITZ (1931). Mais tarde McCLINTOCK (apud STEBBINS, 1957) demonstrou, em milho, que a organização do nucléolo era controlada por uma parte especializada do cromossomo, o organizador nucleolar.

Satélites foram observados em Phleum spp. (MYERS, 1941), Melica spp. (STEBBINS & LOVE, 1941), além de outras espécies. Constrições secundárias ocorrem igualmente em várias espécies como Stipa pulchra e Calamagrostis epigeios (NIELSEN, 1939) e Lolium perenne (MYERS, 1944). A presença de satélite e constrição secundária foi registrada em Agropyron spicatum (PETO, 1930), Muhlenbergia pungens (NIELSEN, 1939), além de outras espécies.

NAVASHIN (1934), em híbridos interespecíficos de Crepis encontrou casos nos quais os estudos cariológicos mostraram que cromossomos de duas ou mais espécies diferentes quando juntos por hibridação, em certas combinações específicas, sofrem grandes alterações em sua individualidade. Em 13 dos 21 híbridos interespecíficos estudados constatou o desaparecimento do satélite, do cromossomo-satélite, de uma das espécies parentais. O desaparecimento do satélite foi devido a sua fusão com a extremidade proximal do cromossomo-satélite. A alteração diferencial do cromossomo-satélite foi considerada uma resposta específica às condições peculiares produzidas na célula híbrida. A troca mostrou-se reversível e o cromossomo-satélite recuperava sua forma normal, tão logo o complemento cromossômico individual fosse extraído do híbrido por meio de segregação.

2.3. - Meiose em gramíneas

A meiose, é um sistema integrado por uma seqüência ordenada de eventos envolvendo pareamento, recombinação, formação de quiasmas e disjunção, que levam a redução do número cromossômico nos gametas.

CARNAHAN & HILL (1961), salientam que em gramíneas, são pouco freqüentes irregularidades meióticas nas espécies diplóides, especialmente nas anuais e autofecundadas, o mesmo ocorrendo para a maioria dos anfídiploides. Entretanto, em gramíneas autopolíploides, alopolíploides segmentares e políploides de categorias superiores, a meiose se caracteriza pela ocorrência freqüente de associações ímpares, uni e trivalentes, retardatários na anáfase e telófase, não disjunção numérica e micronúcleo nas tétradas. A ocorrência de diferenças intervarietais é comum especialmente em complexos apomíticos. Muitas vezes as variações entre plantas e células mães do pólen, de uma planta individual é tão grande que se torna difícil o estabelecimento de norma fixa para a espécie.

Em vegetais superiores, a seqüência meiótica é muito semelhante, entretanto, a ocorrência de variações no comportamento cromossômico na meiose é freqüente entre diferentes espécies.

O pareamento meiótico é caracterizado pela união dos pares de homólogos, na mesma região, mesmo ocorrendo associações múltiplas. A manutenção dessas associações após o paquiteno é garantida pela formação de quiasmas. Portanto, o tipo de associação na metáfase I vai depender do pareamento e formação de quiasmas. Além disso, o tamanho e a forma das associações multivalentes restringem a sua orientação e modo de disjunção, estando todos esses aspectos sob contróle genotípico (LEWIS & JOHN, 1963).

RILEY & LAW (1965), mencionam uma série de organismos com distúrbios de pareamento cromossômico na meiose devido a ação de genes "assinápticos". São comuns em gramíneas tais genes com padrão de herança mendeliana simples, ocorrendo em vários gêneros como Hordeum, Oryza, Secale, Zea e outros. Em trigo hexaploide, foi demonstrado que uma alteração no sistema normal de cruzamento, da autofecundação habitual para fecundação cruzada, ocasiona um aumento significativo na incidência de univalentes na metáfase I. Isto ocorre como resultado da quebra da re-

gulação gênica balanceada do pareamento meiótico. Em centeio, normalmente de fecundação cruzada, a autofecundação levou a redução drástica na frequência de quiasmas. Dados experimentais indicam que em ambas as espécies o controle do pareamento meiótico é devido a ação de poligenes.

Efeitos ambientais, tem sido encontrados, os quais alteram o comportamento meiótico em gramíneas.

WEISS, TAILOR & JOHNSON (1951), interpretaram a tendência das coletas, de Dactylis glomerata, feitas em épocas tardias, de mostrar alta frequência de micronúcleos como uma indicação do efeito da temperatura, antes de ser possivelmente associado com a maturação tardia "per se". Correlações positivas significantes foram por outro lado registradas entre frequência de quartetos com micronúcleos e temperaturas máximas no dia da amostragem ou 24 a 48 horas antes da amostragem.

Em centeio autotetraploide, PAO & LI (1948), mostraram que alta temperatura (36°C) por 24 horas se reflete em marcado acréscimo no número de univalentes em metáfase I, e um marcado decréscimo no número de quadrivalentes em diacinese, em coletas feitas 48 horas após o tratamento pelo calor.

Além dos exemplos citados, muitos outros podem ser encontrados sobre o efeito do ambiente no comportamento meiótico, os quais levam muitas vezes a sérios erros nas análises e interpretações citogenéticas (ver CARNAHAN & HILL, 1961).

Estudos da meiose têm sido realizados em várias espécies do gênero Pennisetum. Na Seção Penicillaria ($x = 7$) a finalidade destes estudos se deve principalmente a observações do comportamento meiótico das espécies P. purpureum e P. typhoides a serem usados em cruzamentos interespecíficos e de seus híbridos, bem como da homologia entre genomas (KRISHNASWAMY & RAMAN, 1954b, 1957a, b; CHANDOLA, 1959; CARNAHAN & HILL, 1961; GILDENHUYS & BRIX, 1964; JAUHAR, 1968; RAMULU, 1968; SREE RANGASAMY, 1972).

O comportamento meiótico de híbridos entre P. purpureum ($2n=28$) e P. glaucum ($2n=14$), foi estudado por BURTON (1944) e

ATWOOD (1947) e de híbridos tri-específicos (P. typhoides X P. purpureum) anfidiplóide ($2n=42$) X P. squamulatum ($2n=54$) por SREE RANGASAMY, DEVASAHAYAM & RAMAN (1971) e SREE RANGASAMY (1972).

2.4. - Poliploidia em gramíneas

No Reino Vegetal, a poliploidia aparece raramente em fungos, musgos e gimnospermas. Nas angiospermas, a poliploidia é um fenômeno freqüente, sendo cêrca de 1/4 de suas espécies poliplóides. Esta freqüencia varia nas diferentes famílias sendo bastante alta nas gramíneas onde segundo STEBBINS (1956), 70% das espécies selvagens conhecidas são de origem poliploide. Já, CARNAHAN & HILL (1961), referem que das 2.300 espécies de gramíneas cujos números cromossômicos são conhecidos, ao redor de 80% são prováveis poliploides, sendo 7% destes aneuplóides, os outros 20% são diploides.

Dos poliploides conhecidos, cêrca de 50% são anfidiplóides. Como os anfidiplóides só podem ser detectados, ou pelo conhecimento de seus ancestrais ou por inferências através de estudo do complemento cromossômico de espécies relacionadas, é lícito supor que a proporção de poliploides acima citada deve ser uma sub-estimativa.

Segundo STEBBINS (1956), a alta freqüencia de anfidiplóide em gramíneas pode ser atribuída a muitos fatores. O crescimento de diferentes espécies muito próximas, a condução do seu pólen pelo vento, a autoincompatibilidade, a propagação vegetativa e o ciclo perene podem estar envolvidos na produção de híbridos interespecíficos ou no sucesso de seu estabelecimento. Apesar da reduzida fertilidade, os híbridos podem persistir e produzir alguns descendentes com fertilidade maior.

A efetividade da hibridação interespecífica a curto prazo é limitada pela esterilidade do híbrido. Esta limitação pode muitas vêzes ser superada pela poliploidia, a qual res-

taura a fertilidade do híbrido, originando assim alopoliploides.

WHYTE, MOIR & COOPER (1962), enfatizam que alopoliploides verdadeiros surgem da hibridação de duas espécies distintas seguidos de dobramento do número cromossômico no híbrido, o qual é, usualmente, altamente estéril. Um alopoliploide é de modo geral intermediário entre seus pais para a maioria dos caracteres, podendo ocorrer algumas divergências, particularmente no tamanho. Existe pouco ou nenhum pareamento entre os conjuntos cromossômicos paternos e a nova espécie normalmente comporta-se como um diploide funcional. Possui alta fertilidade e, uma vez que o anfiploide exibe combinações de caracteres diferentes de cada pai, pode apresentar certa vantagem ecológica. Por esta razão, os alopoliploides são mais freqüentes na natureza do que os autopoliploides.

O tipo de poliploide melhor conhecido é definido por CLAUSEN, KECK & HIESEY (1945) como inter-cenoespecífico, com nenhum pareamento intergenômico e preservação total da identidade dos genomas parentais. O exemplo clássico em gramíneas seria o Triticale.

A poliploidia pode também ocorrer em uma espécie sem prévia hibridação ou após cruzamentos entre duas plantas muito relacionadas, em ambos os casos, o simples dobramento do número cromossômico origina espécies autopoliplóides. Autopoliploides são raros na natureza, possivelmente devido a sua baixa fertilidade e menor vantagem ecológica em relação aos progenitores diploides, mas certas gramíneas mostram características de comportamento autotetraploides. Um dos casos mais estudados é o de Dactylis glomerata, um tetraploide que possui normalmente 28 cromossomos, embora ocorram formas aneuploides com 26 a 30 cromossomos (WHYTE et al, 1962).

Origem autotetraploide, também é sugerida para Arrhenatherum elatior ($2n=28$) e para Agropyron desertorum também com $2n=28$, com base na formação de multivalentes na meiose (MYERS, 1947).

A diferenciação entre os tipos de poliploides, muitas vezes não é clara, mas estudos citológicos têm levado a conclusão que os poliploides frequentemente apresentam uma larga intergradação entre os autopoliploides e os aloploiploides verdadeiros (NIELSEN, 1952).

Mais dois tipos de poliploides são conhecidos, com base em estudos citológicos, são os aloploiploides segmentares originados de híbridos entre espécies que apresentam homologia parcial entre seus conjuntos cromossômicos e os autoaloploiploides que ocorrem apenas em níveis superiores a tetraploidia. No entanto, na maioria dos poliploides em gramíneas o comportamento citológico é intermediário entre verdadeiros auto e aloploiploides. Indivíduos com este comportamento são classificados como aloploiploides segmentares os quais são derivados de cruzamentos entre duas espécies parentais relacionadas, com alguma homologia nos conjuntos cromossômicos. A fertilidade dos poliploides está relacionada ao comportamento dos cromossomos na meiose, a outros fatores que afetam a regularidade da meiose e a fatores genéticos. A troca radical trazida pela poliploidia, pode muitas vezes promover a adaptação dos novos tipos a "habitats" inteiramente diferentes daqueles ocupados pelos seus ancestrais diploides. A generalização mais válida que pode ser feita sobre a distribuição relativa dos diploides e poliploides é que os últimos ocupam usualmente áreas as quais são geologicamente mais novas do que aquelas de seus ancestrais diploides (STEBBINS, 1957).

Ao analisar-se a influência da poliploidia na fertilidade dos indivíduos teremos situações diferentes em se tratando de autopoliploidia e aloploiploidia. Em geral, a autopoliploidia é responsável por uma diminuição na fertilidade, de maneira que há uma vantagem do diploide em relação ao poliploide.

Nos aloploiploides, a situação é outra. Este tipo de poliploide surge da duplicação do número cromossômico de um híbrido interespecífico onde a falta de homologia dos cromossomos

causa em geral esterilidade devido a falta de pareamento na meiose. O dobramento do número cromossômico desse híbrido, torna possível o pareamento de cada cromossomo com seu homólogo, de modo que a meiose pode ser normal e a fertilidade recuperada. Neste caso, há uma vantagem do poliploide em relação ao diploide. Conclui-se daí, que a alopoliploidia funciona como um processo capaz de quebrar barreiras genéticas de isolamento reprodutivo entre populações. Por outro lado, a poliploidia é considerada como um mecanismo de isolamento reprodutivo, pois populações diploides e tetraploides são isoladas uma vez que o cruzamento entre ambas produz triploides que geralmente são estéreis, não havendo, pois, possibilidade de troca de genes.

Na Seção Pennicillaria do gênero Pennisetum, a diploidia é muito freqüente e somente P. purpureum é tetraploide. Nesta Seção foi assinalado um caso de triploidia por KRISHNASWAMY & RANGASWAMI (1941), em P. typhoides. Ao contrário, nas Seções de número básico 9 a poliploidia é muito freqüente, podendo chegar até 7 vezes o número básico, sendo também freqüentemente encontrados aneuploides.

2.5. - A espécie Pennisetum purpureum Schum.

O capim elefante, P. purpureum pertence a família Gramineae, sendo originário da África segundo KRISHNASWAMY (1951). É de cultivo recente, pois somente por volta de 1908 começou a ser cultivado sistematicamente como forrageira.

Em pouco tempo foram reconhecidos os altos méritos desta forragem, que passou a ser muito cultivada na Rodésia, onde lhe deram o nome de "Napier Grass" em homenagem ao seu divulgador.

Foi introduzido pela primeira vez nos Estados Unidos em 1913 e no Brasil em 1920, no Estado do Rio Grande do Sul. As primeiras plantações no Estado de São Paulo foram efetuadas em

dezembro de 1921 na Estação Experimental da Escola Superior de Agricultura e Medicina Veterinária (BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1940).

A determinação do número cromossômico da espécie foi realizado pela primeira vez por BURTON (1942), $2n=28$, indicando 7 como o número básico. PARODI (1946) estudando a mesma espécie encontrou um número cromossômico inferior, $2n=27$. A confirmação do primeiro número determinado foi feita mais tarde por KRISHNASWAMY (1951), NÚÑEZ (1952), SIMMONDS (1954), CHANDOLA (1959) e GILDENHUYS & BRIJ (1964).

KRISHNASWAMY & RAMAN (1948), encontraram para a espécie números cromossômicos de $2n=28$ e $2n=56$.

No estudo de células somáticas de pontas de raízes, NÚÑEZ (1952) observou que o tamanho dos cromossomos da espécie, é bem maior do que aquele geralmente encontrado para outras espécies do gênero. A característica mais notável encontrada pelo autor, foi a presença de um cromossomo acrocêntrico com pequeníssimo satélite, cujo filamento não pode ser observado. Como não encontrou satélite no outro homólogo, concluiu que esta é uma condição natural. Um cromossomo semelhante foi encontrado por AVDULOV (apud NÚÑEZ, 1952) em P. spicatum, pertencente a mesma Seção e com características cariológicas diferenciais: número básico, tamanho e morfologia dos cromossomos semelhantes a P. purpureum, ainda que tal espécie seja diploide ($2n=14$).

Outros estudos citogenéticos realizados na espécie, se referem principalmente a estudos do comportamento meiótico, cariótipo no paquiteno da meiose, plantas deficientes em cromossomos, comportamento citológico de híbridos interespecíficos bem como o reconhecimento de genomas.

O comportamento citológico dos híbridos entre P. purpureum ($2n=28$) X P. glaucum ($2n=14$) foi estudado por BURTON (1944). Estes híbridos possuem 21 cromossomos somáticos e existe grande facilidade para identificar os cromossomos das duas espécies pelo

tamanho e forma na placa equatorial. Os cromossomos de P. glaucum são de tamanho bem maior que os de P. purpureum. Os híbridos foram identificados como sendo triploides. Cinco dos híbridos mostraram ter valor econômico e foram enviados a muitos países tropicais para avaliação. ATWOOD (1947), estudando híbridos semelhantes observou seu comportamento meiótico e constatou a presença de 7 bivalentes e 7 univalentes na diacinese.

KRISHNASWAMY (1951), estudou a meiose em P. purpureum ($2n=28$), encontrando comportamento normal com formação somente de bivalentes.

KRISHNASWAMY & RAMAN (1954a), encontraram duas plantas obtidas da progênie de um cruzamento de P. purpureum polinizada com pólen do híbrido interespecífico, anfidiplóide (P. typhoides ($2n=14$) X P. purpureum ($2n=28$)), as quais assemelhavam-se ao P. purpureum em crescimento e outras características vegetativas. O número somático de cromossomos das plantas foi $2n=24$, enquanto que o da planta mãe era $2n=28$. Estudos da meiose destas plantas levou-os a concluir que as plantas eram monossômicas do tipo $2n-1-1-1-1$. Foi evidenciada a possibilidade de conseguir outros tipos monossômicos e nulissômicos para utilização em projetos de melhoramento visando resistência a ferrugem.

KRISHNASWAMY & RAMAN (1954b), estudaram a meiose em descendentes de híbridos F_1 anfidiplóide, cujo número somático foi $2n=42$ e na meiose apresentavam 21 bivalentes em diacinese. Em anáfase I e II, pontes e fragmentos foram observados mas apesar desses distúrbios, a formação de tétradas foi altamente regular e o pólen formado foi viável.

KRISHNASWAMY & RAMAN (1957a), estudaram o comportamento citológico dos híbridos entre P. purpureum ($2n=28$) X P. typhoides ($2n=14$) concluindo que estes são triploides e formam na meiose 7 bivalentes + 7 univalentes e menos frequentemente 8 a 10 bivalentes, sendo 98% do pólen produzido estéril. Foi sugerido que P. purpureum seja um alotetraploide tendo 2 sub-genomas A e B, o pri

meiro sendo homólogo de P. typhoides.

KRISHNASWAMY & RAMAN (1957b), estudaram o híbrido resultante do cruzamento entre P. typhoides (AA) X P. purpureum (AABB) o qual teve como fórmula genômica AAB (triploide) que por dobramento com colchicina resultou em um hexaploide AAAABB com $2n=42$, bem como o híbrido resultante da forma hexaploide AAAABB X P. typhoides (AA), cujo retrocruzamento produziu um alotetraploide de fórmula genômica AAAB com $2n=28$. Nenhuma diferença marcante foi notada nos cariótipos dos alotetraploides. A meiose destes alotetraploides derivados do retrocruzamento do alohexaploide com o diploide foi de certo modo semelhante, todos dando trivalentes na diacinese. Em plantas derivadas da progênie F_2 , no entanto, quadrivalentes foram encontrados.

CHANDOLA (1959), estudou a meiose em P. purpureum ($2n=28$), só conseguindo analisar células em metáfase I, nas quais encontrou univalentes e quadrivalentes. O número máximo de quadrivalentes observados foi 3 por célula. Sugeriu que as espécies de Pennisetum possam ter se originado por poliploidia.

CARNAHAN & HILL (1961), também encontraram F_1 triploide, ($2n=21$), resultante do cruzamento de P. typhoides ($2n=14$) X P. purpureum ($2n=28$), o qual formou 14 bivalentes e 7 univalentes na diacinese. O comportamento do anfidiplóide na meiose, resultou na formação de 21 bivalentes em diacinese e 92,8% de pólen fértil. O pareamento do F_1 , sugere que um genoma de P. purpureum seja homólogo ao genoma de P. typhoides.

GILDENHUYS & BRIX (1964), estudaram híbridos semelhantes encontrando os mesmos resultados, acrescentando que o hexaploide induzido por colchicina é fértil, mas tem instabilidade nos cromossomos somáticos, sendo encontrados as vezes em células na mesma raiz $2n=36$ e $2n=42$.

JAUHAR (1968), estudou meiose em híbrido interespecífico entre P. typhoides ($2n=14$) e P. purpureum ($2n=28$), dando especial atenção ao pareamento alossindético e autossindético

dos cromossomos. Apesar de ocorrer mais de 9 bivalentes no híbrido, nunca mais de 15 bivalentes foram observados serem heteromorfos AA'. Foi concluído que os genomas A e A' são só parcialmente homólogos. Além disso havia sido anteriormente inferido que os dois genomas são evolutivamente relacionados e poderiam ter surgido de um ancestral comum com $x = 5$ ou de espécies relacionadas com $x = 5$ cromossomos. Deste modo, o número básico $x = 7$ seria secundário tendo derivado de $x = 5$. A ocorrência de espécies com $n = 5$ (P. ramosum), reforça este ponto de vista. Além disso vem em favor desta conclusão a associação secundária de bivalentes em P. typhoides o qual é considerado ser um diploide secundário. Sugere ainda pelos resultados obtidos e dados da literatura, que $x = 5$ é o número básico original da família Gramineae, sendo $x = 7$ o número preponderante e os números superiores derivados deste subsequentemente, no curso da evolução.

RAMULU (1968), estudando a meiose, em P. purpureum encontrou 14 bivalentes, em P. typhoides constatou 7 bivalentes no híbrido F_1 (triploide) entre ambos 7 bivalentes + 7 univalentes e no anfidiplóide no qual apareceram mais frequentemente na diacinese 21 bivalentes, sendo que em média ocorreram 14,4 bivalentes + 13,2 univalentes.

SREE RANGASAMY et al (1971), fizeram a avaliação citogenética das progênies de híbridos tri-específicos resultantes do cruzamento de P. squamulatum ($2n=54$) X o anfidiplóide (P. typhoides ($2n=14$) X P. purpureum ($2n=28$)), cujo número cromossômico foi de $2n=48$. O pareamento dos cromossomos na meiose revelou homologia dos cromossomos das espécies paternas. O número cromossômico dos descendentes na F_2 variou de $2n=36, 42, 43, 46, 48$ até 52 e 57. A fertilidade do pólen distribuiu-se entre 2,7% a 83,9%. A avaliação citogenética destes híbridos confirmou o interrelacionamento das espécies de diferentes Seções morfológicas do gênero Pennisetum, confirmando também a existência de homologia entre os genomas com $x = 7$ e $x = 9$.

A citologia de 13 "taxa" e 2 híbridos do gênero Pennisetum foi estudada por SREE RANGASAMY (1972), o qual indicou a distribuição da "taxa" entre 4 números básicos de cromossomos 5, 7, 8 e 9. Foi confirmado que P. purpureum é um alotetraploide de número básico 7. O comportamento citogenético dos híbridos estudados envolvendo P. typhoides ($2n=14$) X P. purpureum ($2n=28$) e (P. typhoides ($2n=14$) X P. purpureum ($2n=28$)) X P. squamulatum ($2n=54$), mostrou homologia dentro e entre dos genomas de $x = 7$ e $x = 9$.

PANTULU e VENKATESWARLU (1968), estudaram a morfologia dos cromossomos de P. purpureum, no paquiteno da meiose. Com base no comprimento relativo e razão de braços foi possível identificá-los individualmente. Os cromossomos números 1 e 14 foram observados serem os organizadores do nucléolo. Em todos os cromossomos, os centrômeros mostraram-se flanqueados por regiões fortemente coloridas. Sete dos 15 cromossomos mostraram "knobs" no seu braço longo. Esta é a característica pela qual eles diferem dos 7 cromossomos da espécie P. typhoides. Estes "knobs", entretanto, não estão presentes uniformemente em todas as populações, material obtido de Ghana não apresentava "knobs".

3. - MATERIAL E METODOS

3.1. - Material

As variedades de P. purpureum estudadas, são mantidas por propagação vegetativa e pertencem a coleção de forrageiras do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo.

A seguir são apresentadas breves descrições de algumas das variedades estudadas:

Comum - Possui folhas e inflorescências verde amareladas e altura média de 3,56 m. As espículas apresentam cerdas e as lígulas possuem coloração marron e são fimbriadas. As ramificações ocorrem a partir da 12ª folha (CORSI, 1972).

Mineiro - Originou-se de um "seedling" de Napier, a partir do qual toda a multiplicação foi feita por via vegetativa. Forma touceiras abertas, com colmos eretos e lâminas pendentes. Apresenta raízes adventícias geralmente ocorrendo no 1º e 2º nós e perfilhos aéreos, que podem ocorrer a partir do 1º nó, antes do início da floração. As bainhas mais novas e medianas são glabras com bordos glabros, as baianas mais velhas e as brotações novas basais são densamente pilosas nas partes lateral-medianas. As lâminas possuem pelos curtos e eretos mais densos na extremidade, principalmente nas lâminas mais velhas; pelos longos e finos na região basal e bordos da base. Início da floração da 2ª quinzena de abril a 1ª quinzena de maio (Engª. Agrª. Margarida M. de Carvalho, informação pessoal).

Pôrto Rico - Denominação dada pelos técnicos do IPEACO a um híbrido (suposto ter se originado de um cruzamento entre P. purpureum e P. typhoides) procedente de Pôrto Rico (EMRICH & FRANCO, 1965).

Forma touceiras abertas, com colmos retos e lâminas na maioria pendentes. Pode apresentar raízes adventícias no 1º

e 2º nós e raramente no 3º. Apresenta perfilhos aéreos partindo de nós variados, ou em toda a extensão do colmo. As bainhas novas são glabras, com bordos lisos; as bainhas medianas são glabras, com bordos pilosos; as bainhas das folhas basais são densamente recobertas de pelos algo eretos nas partes lateral-mediana, tanto nas plantas novas como nas maduras; nestas últimas os pelos tomam uma coloração avermelhada. As lâminas são glabras, sendo que as mais novas apresentam pelos longos e finos nos bordos da região basal e na base. Nas plantas mais maduras os pelos da base das lâminas mais novas ocorrem em menor extensão. Início da floração na 1ª quinzena de abril (Engª. Agrª. Margarida M. de Carvalho, informação pessoal).

Taiwan A-144 - Forma touceiras abertas com colmos e folhas pendentes. Apresenta raízes adventícias ocorrendo no 1º e 2º nós e perfilhos aéreos raros que correm antes da floração, a partir do 6º nó. As bainhas revestidas de cerosidade branca, geralmente possuem pelos longos e finos nos dois bordos, sendo que as mais velhas apresentam pelos eretos e finos nas partes lateral-mediana. As lâminas mais novas são revestidas de pelos curtos e finos mais densos na extremidade os quais se tornam mais raros a medida que as folhas envelhecem. Início da floração na 2ª quinzena de abril (Engª. Agrª. Margarida M. de Carvalho, informação pessoal.)

Taiwan A-148 - Forma touceiras verticais com colmos eretos e lâminas pendentes. Apresenta raízes adventícias não muito frequentes, podendo ocorrer até no 4º e 5º nós e perfilhos aéreos que ocorrem ao iniciar-se a floração, a partir do 20º nó. As bainhas novas tem pilosidade lateral, as bainhas médias e basais são glabras ou quase glabras. As lâminas são densamente recobertas de pelos curtos e eretos, os quais se tornam esparsos na extremidade e ausentes nas margens da região basal. Início da floração na 2ª quinzena de julho, sendo esta desuniforme e não chegando a atingir a completa floração (Engª. Agrª. Margarida M. de Carvalho, informação pessoal).

As demais variedades estudadas, Cameroun ou Camerun, Taiwan A-241 e Vrukwna ou Urukwami, normalmente não florescem nas condições climáticas da região e quando o fazem, a floração se verifica em poucas plantas. Descrição de características morfológicas destas variedades não foram encontradas na literatura. A descrição destas variedades não foi realizada devido a insuficiência de material disponível para tais estudos.

3.2. - Métodos

Para a determinação do número cromossômico e estudo do cariótipo, em células somáticas de pontas de raízes, utilizou-se o seguinte método:

Foram retiradas estacas com 2 a 3 nós, de plantas adultas, das 8 variedades mantidas em campo, as quais foram plantadas em vasos e conservadas na casa de vegetação do Departamento de Genética. Depois de 40 a 50 dias do plantio, as raízes tinham se desenvolvido e as pontas puderam ser colhidas.

Foi determinada através de tentativas, a melhor hora para a coleta das raízes, sendo que para tal, o material foi colhido de hora em hora a partir das 7,30 até 17,30 horas. O período entre 10,30 e 11,30 horas, em dias ensolarados, mostrou maior nº de placas metafásicas, horário no qual o material foi colhido nos meses de janeiro e outubro de 1973. Logo após a coleta, as pontas de raízes foram pré-tratadas com solução de colchicina a 0,4% durante 3 horas, com a finalidade de se obter maior número de placas metafásicas, maior contração dos cromossomos e melhor distribuição destes. A fixação foi efetuada a seguir em fluido Carnoy 3:1, o qual foi selecionado entre outros 2 fixadores, Craff e Navashin. O tempo de fixação foi de 5 horas sendo depois as pontas de raízes tratadas com uma solução de pectinase a 5% e peptona a 1%, durante 40 horas, a fim de se obter melhor separação das células, por ocasião da confecção das

lâminas. A seguir o material foi lavado em álcool 70% por 15 minutos.

A coloração do material foi feita pelo método Feulgen (DARLINGTON & LA COUR, 1960).

As lâminas foram preparadas pelo método do "smear" e as melhores transformadas em permanentes de acordo com CELARIER (1956), e conservadas em estufa a 37°C, por 10 a 15 dias para a completa secagem. A determinação do número cromossômico foi efetuada examinando-se 5 lâminas permanentes de cada uma das 8 variedades. Das melhores metáfases foram obtidas fotografias em Fotomicroscópio Zeiss com objetiva de 100X, fator da projetiva 3,2X, fator do optovar 1,25X e 2 filtros verdes Kodak, 56 e 58. O filme utilizado foi "High Contrast Copy" da Kodak.

Depois de uma caracterização preliminar dos cromossomos, pela observação microscópica, procedeu-se sua análise morfológica mais detalhadamente, calculando-se os valores do comprimento relativo e relação de braço para cada cromossomo. A determinação destes dados foi feita, segundo o método de ROTHFELS & SIMINOVITCH (1958).

As metáfases escolhidas para as medições deveriam preencher as seguintes condições: cromossomos bem dispersos na célula e posição do centrômero bem nítida.

Mediu-se o comprimento total e dos braços de cada cromossomo em 5 metáfases, para cada variedade.

As medidas do comprimento dos cromossomos foram tomadas com auxílio de um compasso de ponta seca, em fotografias aumentadas 6.000X, e o comprimento foi determinado sobre uma régua milimetrada, com divisões de 1/2 milímetro. Os cromossomos recurvados foram medidos parceladamente de acordo com a amplitude da curvatura. A seguir os dados foram transformados em micra.

Transformou-se os valores de comprimento absoluto dos cromossomos em comprimento relativo, expresso em porcentagem do

comprimento total do lote diploide. Expressou-se o comprimento relativo em função do comprimento total, da mesma maneira como ROTHFELS & SIMINOVITCH (1958).

$$\text{Comprimento relativo} = \frac{\text{comprimento do cromossomo}}{\text{comprimento do lote diploide}} \times 100$$

Para expressar a posição do centrômero nos cromossomos, determinou-se a relação de braços.

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

Com estes dados foi feita a identificação dos pares homólogos em cada célula. Uma vez identificados os cromossomos, calculou-se as médias dos valores de comprimento relativo e relação de braços. Os dados de comprimento relativo foram expressos em porcentagem do lote haploide. Calculou-se estes dados pela soma dos valores de comprimento relativo expresso em porcentagem do lote diploide, dos elementos de um par de homólogos em cada célula.

O cariótipo foi organizado, colocando-se os cromossomos em ordem decrescente de tamanho.

Para a classificação dos cromossomos de acordo com a posição do centrômero, foi adotada a nomenclatura de LEVAN, FREDGA & SOUBERG (1964), baseada na relação de braços.

- 1,0 a 1,7 - cromossomo com centrômero mediano ou metacêntrico (m).
- 1,7 a 3,0 - cromossomo com centrômero submediano ou submetacêntrico (sm).
- 3,0 a 7,0 - cromossomo com centrômero subterminal ou subtelocêntrico (st).
- 7,0 a oo - cromossomo com centrômero terminal ou acrocêntrico (t).

O idiograma foi construído baseado no comprimento relativo dos cromossomos das variedades, utilizando-se escala de 2:1.

A coleta das inflorescências para o estudo da meiose, em células mães dos grãos de pólen, das 5 variedades estudadas, foi efetuada no Campo Experimental do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Do mesmo modo, foram determinadas através de várias tentativas a melhor hora para coleta do material, empregando-se a mesma escala de tempo utilizada para pontas de raízes. O período entre 10,30 e 11,30 horas em dias ensolarados, apresentou maior número de células em divisão, horário no qual o material foi colhido nos meses de maio a julho de 1972 e 1973. A fixação foi feita em fluido Carnoy 3:1, seguindo técnica anteriormente usada para o mesmo material por SIMMONDS (1954) e CHANDOLA (1959). O período de fixação foi de 5 horas, sendo o material a seguir lavado rapidamente em álcool 70% e conservado em novo álcool 70% em congelador, a temperatura de aproximadamente -5°C .

As lâminas foram preparadas empregando-se o método do "smear", e utilizando-se como coranteorceína lactopropiônica a 2%. Este corante foi escolhido por colorir intensamente os cromossomos, não oxidar mesmo após 2 a 3 dias e não impregnar no citoplasma, proporcionando assim ótimo contraste entre o núcleo e o citoplasma.

O exame das lâminas imediatamente após serem preparadas permitiu selecionar as melhores, as quais foram transformadas em permanentes pelo mesmo método utilizado para as lâminas de pontas de raízes.

As lâminas permanentes das 5 variedades foram examinadas do seguinte modo: a) o estudo do pareamento dos cromossomos foi realizado analisando-se células em diacinese e metáfase I nas quais foram caracterizados os cromossomos através de

desenhos esquemáticos; b) os dados de segregação dos cromossomos foram obtidos analisando-se células em anáfase I esquematizando-se em desenho a distribuição dos cromossomos.

As fotografias foram obtidas do mesmo modo já descrito para o estudo de células somáticas.

4. RESULTADOS

4.1. - Cromossomos somáticos de pontas de raízes.

Os resultados obtidos no estudo dos cromossomos somáticos, das 8 variedades de *E. purpureum*, estão expressas na tabela I, notando-se que não houve variação (figuras 1, 2, 5, 6, 9, 10, 13 e 14).

Variedade	2n
Cameroun	28
Comum	28
Mineiro	28
Pôrto Rico	28
Taiwan A-144	28
Taiwan A-148	28
Taiwan A-241	28
Vrukwna	28

Tabela I - Números cromossômicos em células somáticas.

4.2. - Análise morfológica dos cromossomos.

Na tabela II estão expressas as características do complemento diploide de cromossomos das 8 variedades estudadas, em relação ao comprimento relativo, relação de braços e presença de satélite. A tabela III mostra o comprimento total do lote diploide, expresso em micra.

A seguir são descritas as características do cariótipo de cada uma das 8 variedades:

Casearia														
Nº dos cromossomos	1	2	3	4*	5	6	7	8	9	10*	11	12	13	14
Comprimento relativo	10,2	8,8	8,7	7,6	7,3	7,1	6,8	6,7	6,5	6,3	6,0	5,9	5,6	5,5
Relação de braços	(±0,11)	(±0,80)	(±0,63)	(±0,40)	(±0,15)	(±0,24)	(±0,21)	(±0,34)	(±0,21)	(±0,24)	(±0,70)	(±0,33)	(±0,42)	(±0,21)
Designação dos cromossomos	1,1	1,1	1,3	1,5	1,1	1,2	1,4	1,1	1,3	1,8	1,1	1,1	1,4	1,2
Comum														
Nº dos cromossomos	1	2	3	4	5	6	7*	8	9	10	11	12	13	14
Comprimento relativo	10,3	9,0	8,0	7,7	7,3	7,0	6,8	6,8	6,6	6,4	6,1	5,9	5,7	5,6
Relação de braços	(±0,81)	(±0,48)	(±0,46)	(±0,59)	(±0,34)	(±0,17)	(±0,29)	(±0,15)	(±0,12)	(±0,24)	(±0,26)	(±0,34)	(±0,29)	(±0,40)
Designação dos cromossomos	1,1	1,4	1,2	1,6	1,2	1,2	1,7	1,7	1,2	1,2	1,3	2,3	1,3	1,7
Minheiro														
Nº dos cromossomos	1	2*	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13*	14
Comprimento relativo	10,1	9,5	8,4	7,6	7,3	7,1	7,1	6,6	6,5	6,3	6,1	5,8	5,5	5,3
Relação de braços	(±0,75)	(±0,48)	(±0,52)	(±0,24)	(±0,26)	(±0,26)	(±0,28)	(±0,20)	(±0,29)	(±0,25)	(±0,23)	(±0,15)	(±0,37)	(±0,28)
Designação dos cromossomos	1,9	1,1	1,7	1,1	1,4	1,9	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,1	1,3	1,6
Fórtio Rico														
Nº dos cromossomos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13*	14
Comprimento relativo	10,5	8,9	8,4	8,1	7,8	7,5	7,2	6,7	6,2	6,2	5,9	5,3	5,3	5,1
Relação de braços	(±0,83)	(±0,34)	(±0,38)	(±0,47)	(±0,36)	(±0,38)	(±0,19)	(±0,29)	(±0,73)	(±0,38)	(±0,56)	(±0,56)	(±0,39)	(±0,31)
Designação dos cromossomos	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,6	1,3	1,1

(*) presença de satélite em um dos homólogos

Tabela II - Comprimento relativo, relação de braços e designação dos cromossomos das variedades analisadas.

Taiwan A-144														
Nº dos cromossomos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10*	11	12	13*	14
Comprimento relativo	10,3	8,8	8,6	7,6	7,5	7,0	7,1	6,9	6,4	6,3	6,2	5,9	5,7	5,4
Relação de braços	(±0,33)	(±0,95)	(±0,70)	(±0,10)	(±0,11)	(±0,26)	(±0,26)	(±0,15)	(±0,31)	(±0,15)	(±0,15)	(±0,56)	(±0,30)	(±0,28)
Designação dos cromossomos	1,3	1,5	1,2	1,1	1,3	1,6	1,3	1,2	1,1	1,7	1,1	1,5	1,9	1,2
Taiwan A-148														
Nº dos cromossomos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13*	14
Comprimento relativo	10,5	9,2	8,3	7,7	7,6	7,2	6,8	6,8	6,6	6,3	5,9	5,8	5,6	5,1
Relação de braços	(±0,99)	(±0,93)	(±0,64)	(±0,27)	(±0,24)	(±0,22)	(±0,23)	(±0,46)	(±0,53)	(±0,25)	(±0,57)	(±0,28)	(±0,74)	(±0,21)
Designação dos cromossomos	1,2	1,7	1,1	1,2	1,3	1,2	1,1	1,4	1,4	1,1	1,3	1,1	1,5	1,2
Taiwan A-241														
Nº dos cromossomos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12*	13	14
Comprimento relativo	9,4	9,3	7,9	7,7	7,3	7,2	7,2	6,9	6,6	6,5	6,3	5,8	5,7	5,4
Relação de braços	(±0,84)	(±1,09)	(±0,51)	(±0,23)	(±0,17)	(±0,42)	(±0,44)	(±0,35)	(±0,25)	(±0,29)	(±0,20)	(±0,28)	(±0,19)	(±0,54)
Designação dos cromossomos	1,4	1,2	1,7	1,1	1,2	1,6	1,6	1,2	1,1	1,3	1,6	1,1	1,3	1,5
Vrukwna														
Nº dos cromossomos	1	2	3	4*	5	6	7	8	9	10	11	12	13*	14
Comprimento relativo	10,1	9,2	7,9	7,5	7,3	7,2	7,0	6,9	6,8	6,5	6,2	6,1	5,6	5,3
Relação de braços	(±0,69)	(±0,85)	(±0,48)	(±0,44)	(±0,46)	(±0,23)	(±0,36)	(±0,29)	(±0,34)	(±0,23)	(±0,19)	(±0,32)	(±0,19)	(±0,32)
Designação dos cromossomos	1,2	1,4	1,2	1,9	1,6	1,1	1,5	1,1	1,5	1,3	1,5	1,1	1,1	1,5

(*) presença de satélite em um dos homólogos

Tabela II - continuação

Cameroun

Comprimento médio do complemento diplóide - 66,70 micra.

Comprimento médio dos cromossomos - de 3,37 a 1,80 micra.

Tipos de cromossomos - com exceção do 10º, submetacêntrico, os demais são metacêntricos.

Presença de satélite - ocorre no braço curto de um dos homólogos do 4º e 10º pares de cromossomos.

O cariótipo é apresentado na figura 1 e o idiograma na figura 3.

Comum

Comprimento médio do complemento diplóide - 71,95 micra.

Comprimento médio dos cromossomos - de 3,74 a 2,01 micra.

Tipos de cromossomos - os pares 7, 8, 12, e 14 são submetacêntricos, os demais são metacêntricos.

Presença de satélite - ocorre no braço curto de um dos homólogos do 7º par de cromossomos.

O cariótipo é apresentado na figura 2 e o idiograma na figura 4.

Mineiro

Comprimento médio do complemento diplóide - 67,91 micra.

Comprimento médio dos cromossomos - de 3,46 a 1,81 micra.

Tipos de cromossomos - os pares 1, 3 e 6 são submetacêntricos, sendo os demais metacêntricos.

Presença de satélite - ocorre no braço curto de um dos homólogos do 2º e 13º pares de cromossomos.

O cariótipo é apresentado na figura 5 e o idiograma na figura 7.

Pôrto Rico

Comprimento médio do complemento diplóide - 59,13 micra.

Comprimento médio dos cromossomos - de 3,09 a 1,48 micra.

Tipos de cromossomos - todos metacêntricos.

Presença de satélite - ocorre no braço curto de um dos homólogos do 13º par de cromossomos.

O cariótipo é apresentado na figura 6 e o idiograma na figura 8.

Taiwan A-144

Comprimento médio do complemento diplóide - 91,56 micra.

Comprimento médio dos cromossomos - de 4,72 a 2,42 micra.

Tipos de cromossomos - com exceção do 10º e 13º pares de cromossomos que são submetacêntricos, os demais são todos metacêntricos.

Presença de satélite - ocorre no braço curto de um dos homólogos do 10º e 13º pares de cromossomos.

O cariótipo é apresentado na figura 9 e o idiograma na figura 11.

Taiwan A-148

Comprimento médio de complemento diplóide - 57,43 micra.

Comprimento médio dos cromossomos - de 3,04 a 1,41 micra.

Tipos de cromossomos - com exceção do 2º par de cromossomos que é submetacêntrico, os demais são todos metacêntricos.

Presença de satélite - ocorre no braço curto de um dos homólogos do 13º par de cromossomos.

O cariótipo é apresentado na figura 10 e o idiograma na figura 12.

Taiwan A-241

Comprimento médio do complemento diplóide - 63,48 micra.

Comprimento médio dos cromossomos - de 3,21 a 1,68 micra.

Tipos de cromossomos - com exceção do 3º par de cromossomos que é submetacêntrico todos os demais são me ta cên tr ic os.

Presença de satélite - ocorre no braço curto de um dos homólogos do 12º par de cromossomos.

O cariótipo é apresentado na figura 13 e o idiograma na figura 15.

Vrukwna

Comprimento médio do complemento diplóide - 69,15 micra.

Comprimento médio dos cromossomos - de 3,51 a 1,85 micra.

Tipos de cromossomos - com exceção do 4º par de cromossomos que é submetacêntrico os demais são todos me ta cên tr ic os.

Presença de satélite - ocorre no braço curto de um dos homólogos do 4º e 13º pares de cromossomos.

O cariótipo é apresentado na figura 14 e o idiograma na figura 16.

Nas variedades Cameroun, Taiwan A-148 e Vrukwna foi observada coloração diferencial dos cromossomos, ocorrendo regiões mais coloridas e outras menos coloridas.

As principais diferenças entre os cariótipos das variedades estudadas envolvem: aumento ou decréscimo do comprimento total do lote diplóide, o número de tipos de cromossomos presentes, muito pequenas alterações na posição das constrições e presença de satélites em alguns cromossomos.

Variedade	Comprimento total (μ)	Variedade	Comprimento total (μ)
Cameroun	66,70	Taiwan A-144	91,56
Comum	71,95	Taiwan A-148	57,43
Mineiro	67,91	Taiwan A-241	63,48
Pôrto Rico	59,13	Vrukwna	69,15

Tabela III - Comprimento total do lote diplóide em micra

4.3. - Estudo da meiose em células mães dos grãos de pólen

A tabela IV mostra os dados resultantes do estudo de pareamento cromossômico em diacinese e metáfase I, número gamético e segregação cromossômica, da primeira divisão meiótica nas 5 variedades de P. purpureum estudadas.

Variedades	Nº gamético	DIACINESE		METÁFASE I		ANÁFASE I	
		Nº de células observ.	Tipo de pareamento	Nº de células observ.	Tipo de pareamento	Nº de células observ.	Distr. cromosomos
Comum	14	150	14 II	195	14 II	148	normal
Mineiro	14	138	14 II	135	14 II	132	normal
Pôrto Rico	14	225	14 II	168	14 II	163	normal
Taiwan A-144	14	210	14 II	165	14 II	75	normal
Taiwan A-148	14	162	14 II	150	14 II	152	normal

Tabela IV - Pareamento e segregação dos cromossomos na primeira divisão meiótica.

Um aspecto do pareamento dos cromossomos das variedades em metáfase I, é mostrado nas figuras 2, 5, 6, 9 e 10.

Nas observações de células em diacinese, geralmente 2 cromossomos estavam associados ao nucléolo.

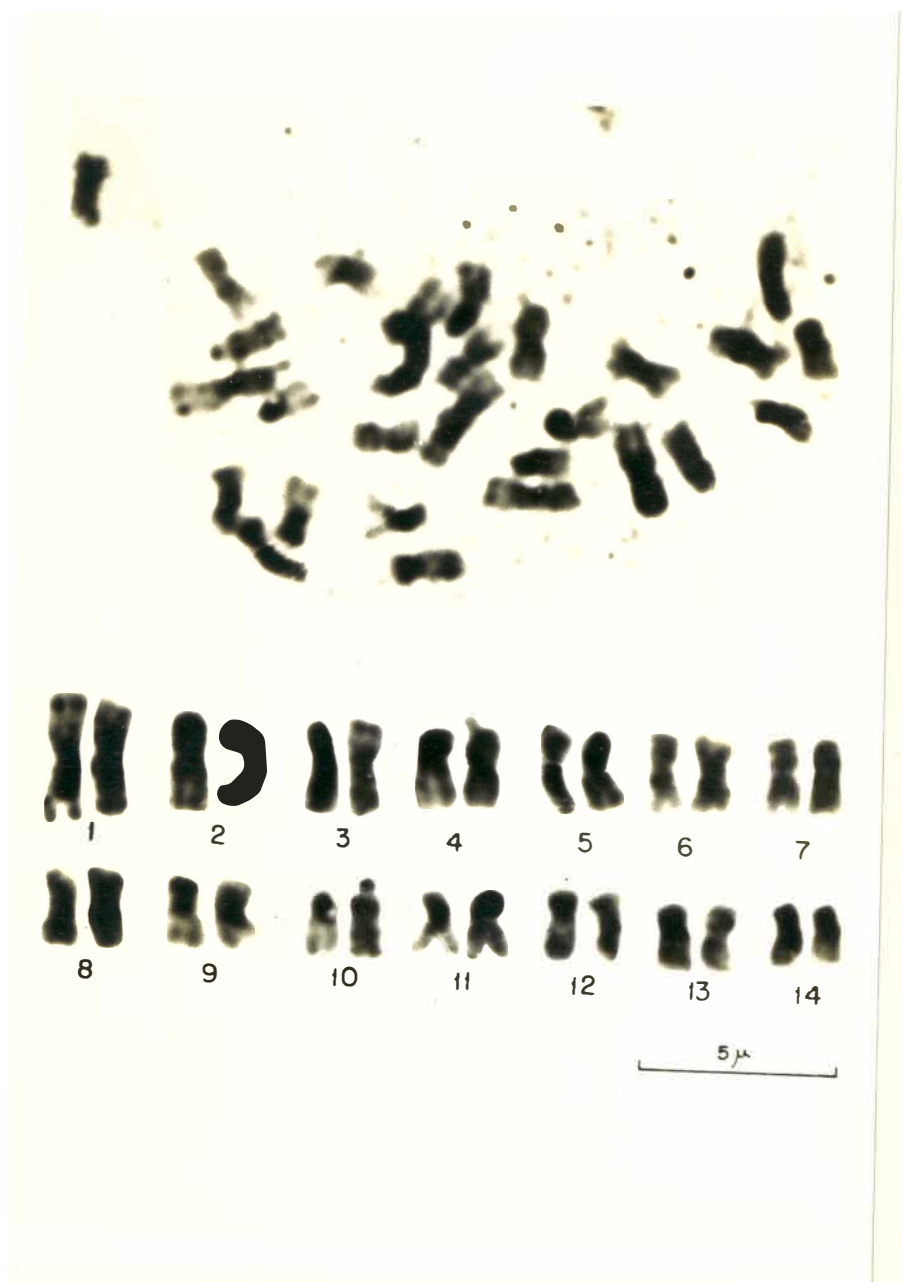


Figura 1 - Variedade Cameroun: metáfase mitótica, cariótipo e metáfase I com 14 bivalentes.

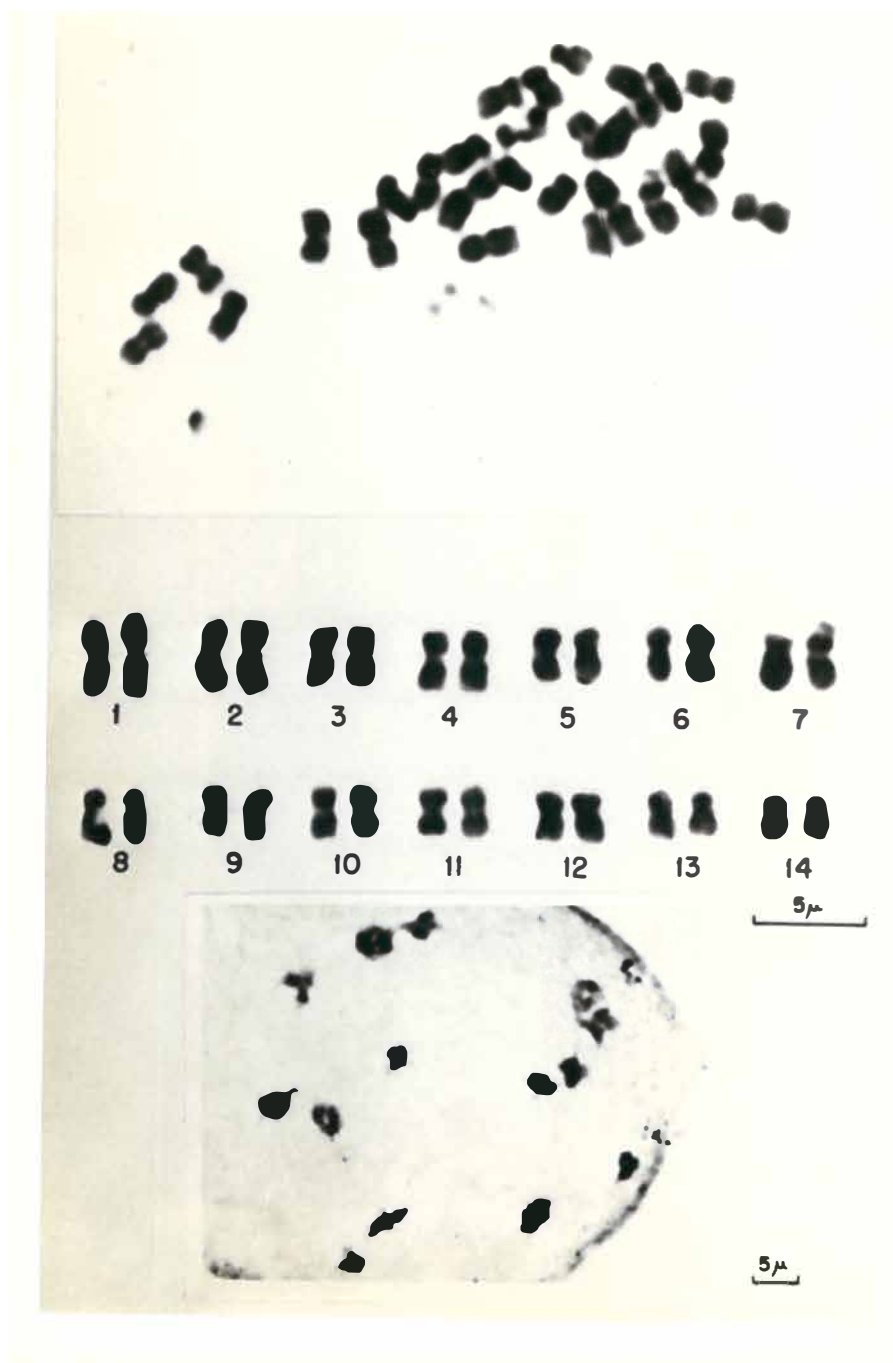


Figura 2 - Variedade Comum: metáfase mitótica, cariótipo e metáfase I com 14 bivalentes.

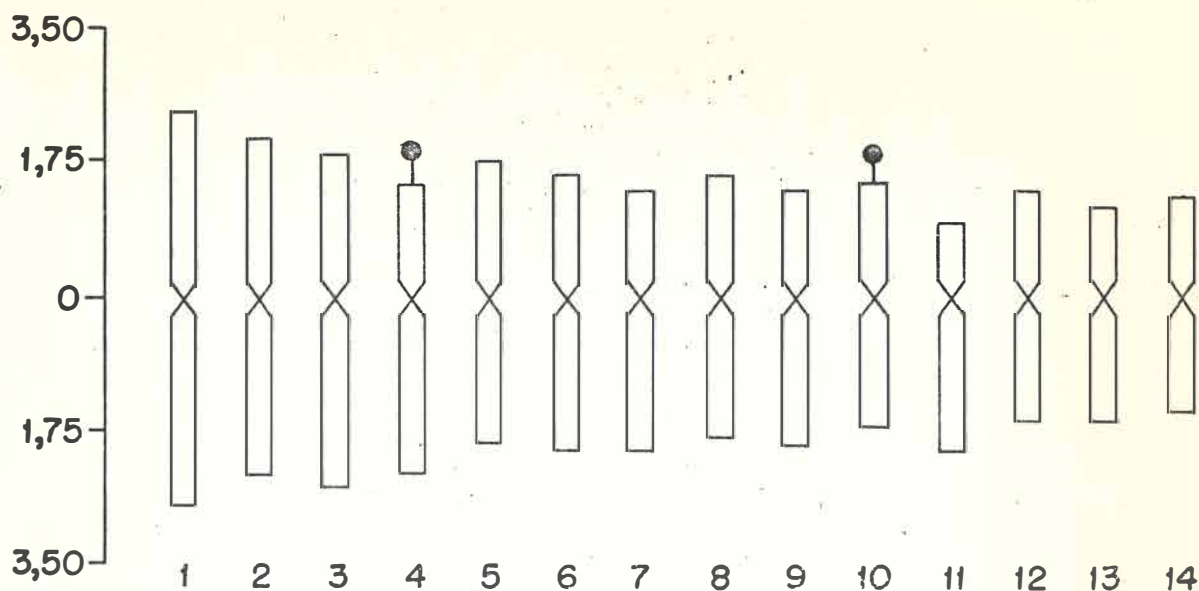


Figura 3 - Idiograma dos cromossomos mitóticos da variedade Cameroun. A ordenada indica o comprimento relativo de um cromossomo (Escala 2:1).

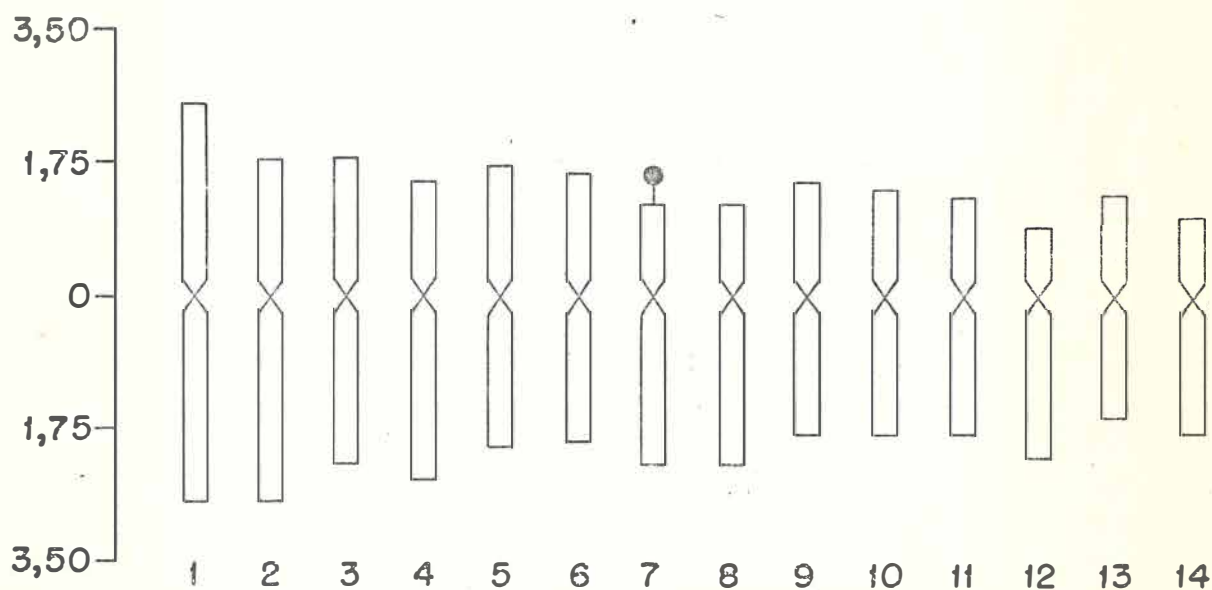


Figura 4 - Idiograma dos cromossomos mitóticos da variedade Comam. A ordenada indica o comprimento relativo de um cromossomo (Escala 2:1).



Figura 5 - Variedade Mineiro; metáfase mitótica, cariótipo e metáfase I com 14 bivalentes.

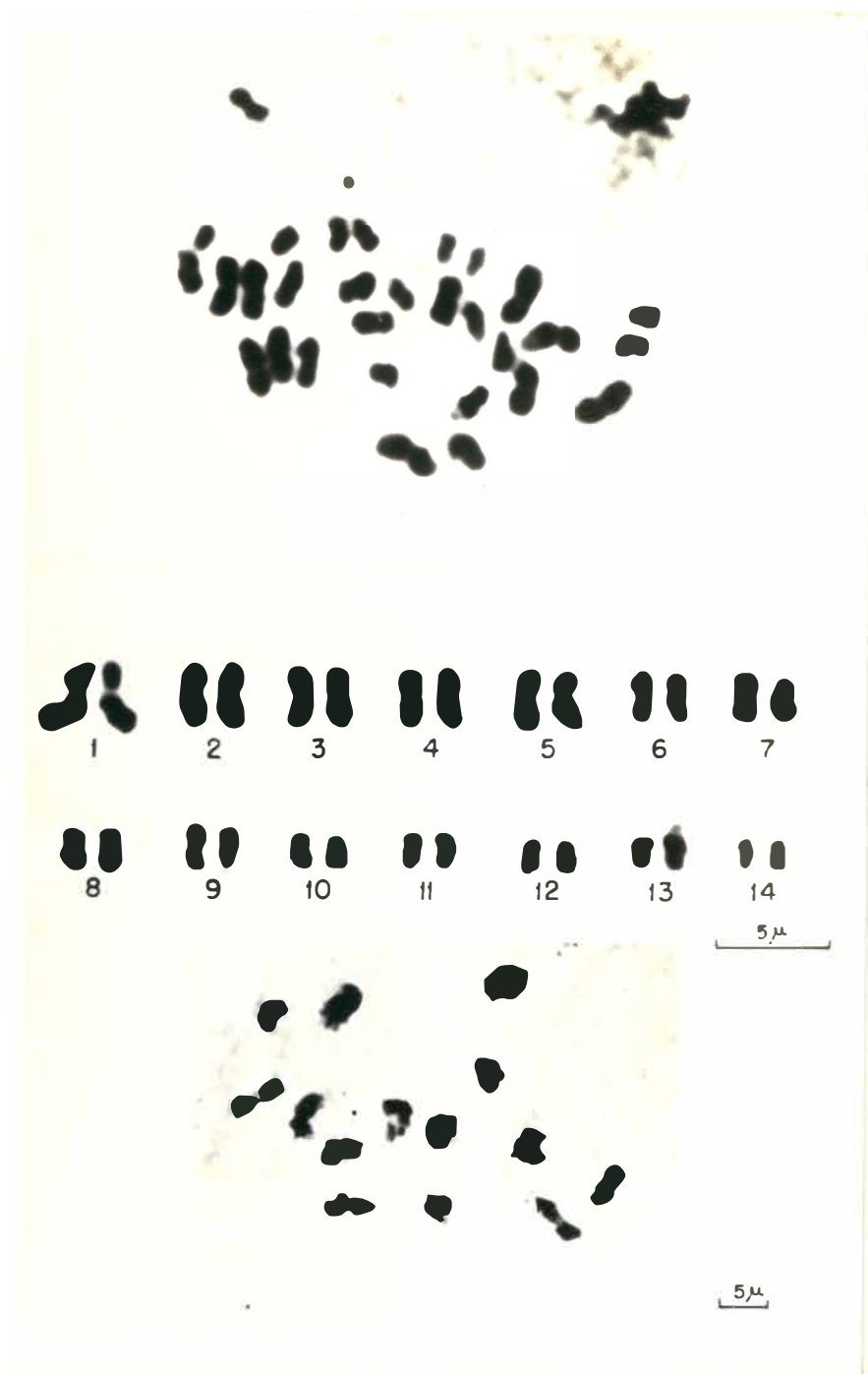


Figura 6 - Variedade Pôrto Rico: metáfase mitótica, cariótipo e metáfase I com 14 bivalentes.

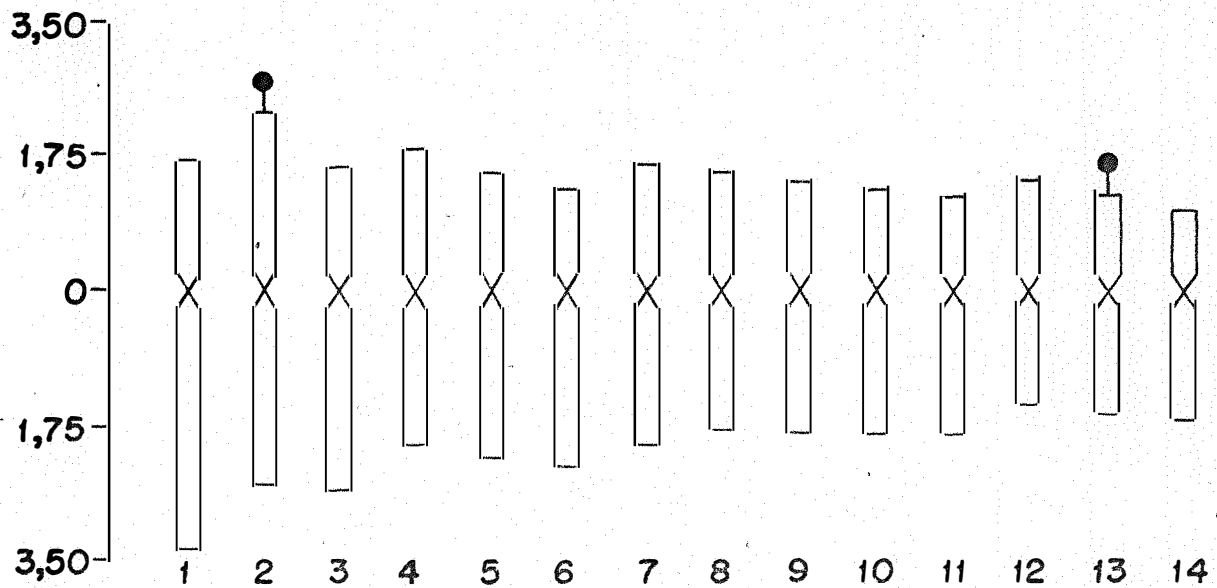


Figura 7 - Idiograma dos cromossomos mitóticos da variedade Mineiro. A ordenada indica o comprimento relativo de um cromossomo (Escala 2:1).

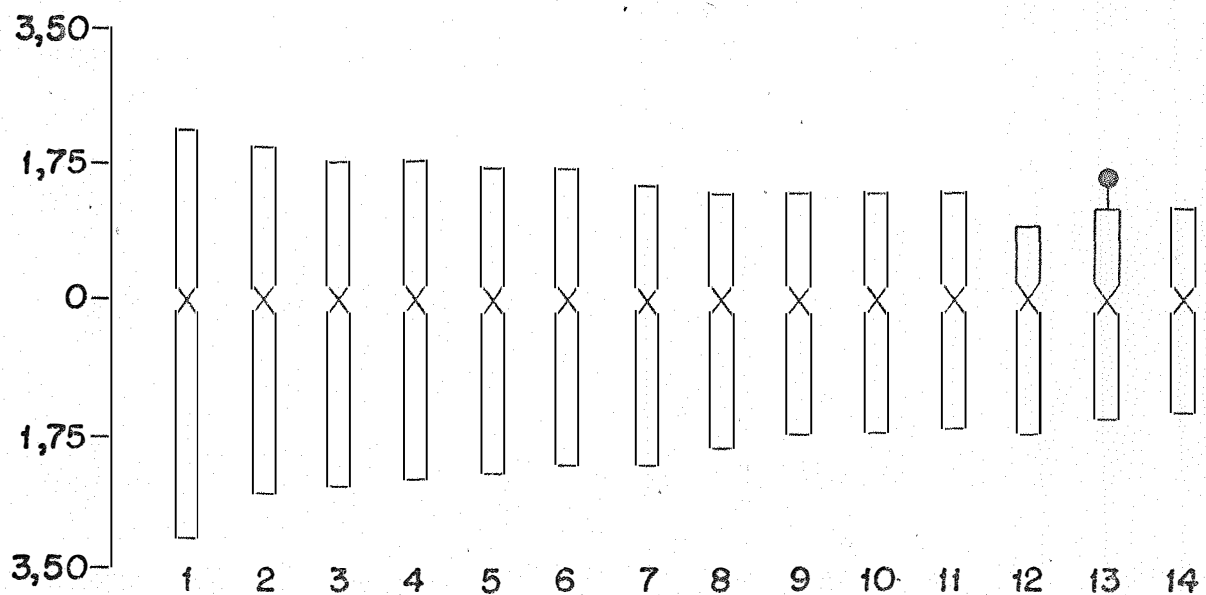


Figura 8 - Idiograma dos cromossomos mitóticos da variedade Pôrto Rico. A ordenada indica o comprimento relativo de um cromossomo (Escala 2:1).

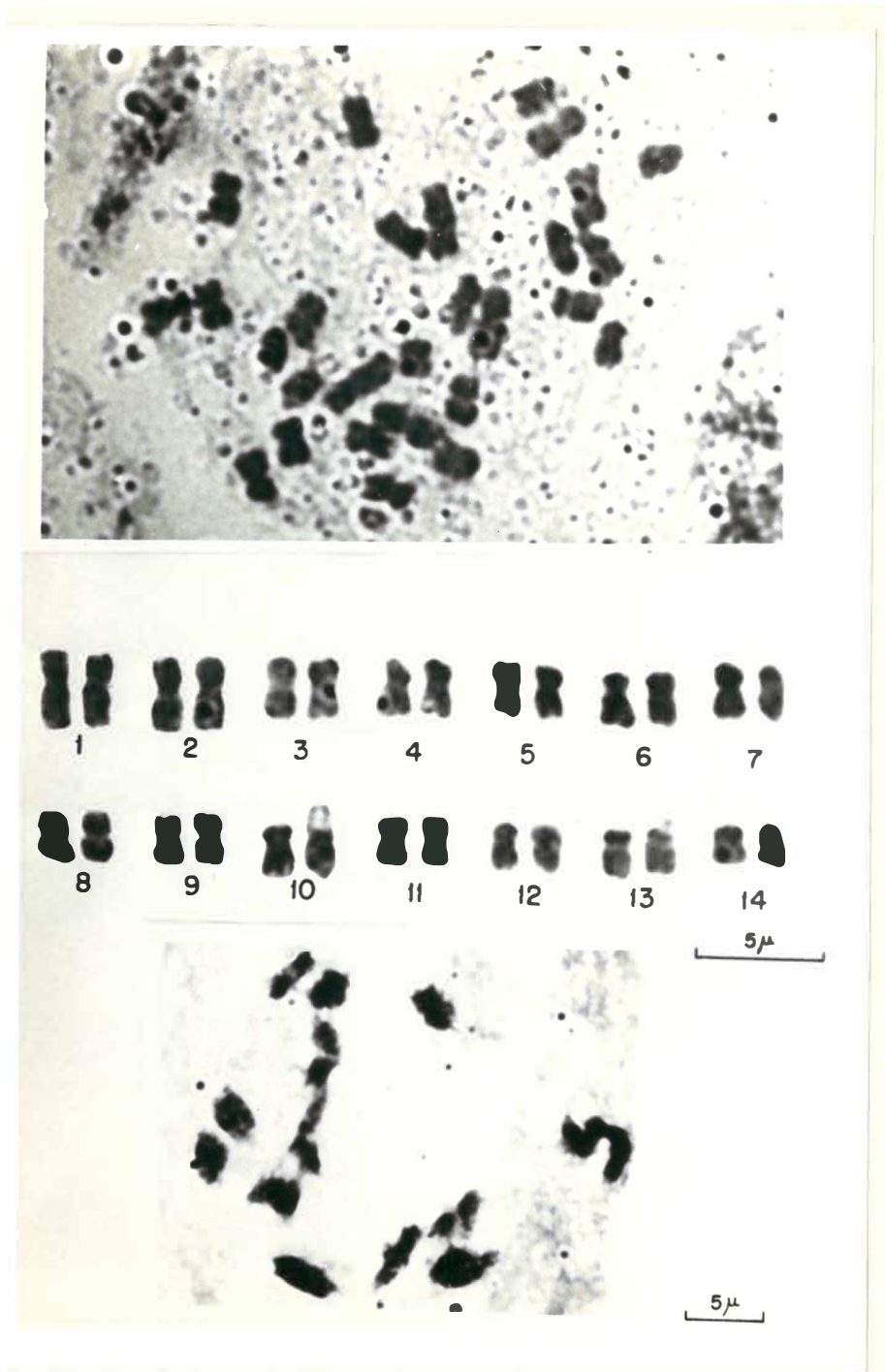


Figura 9 - Variedade Taiwan A-144: metáfase mitótica, cariótipo e metáfase I com 14 bivalentes.

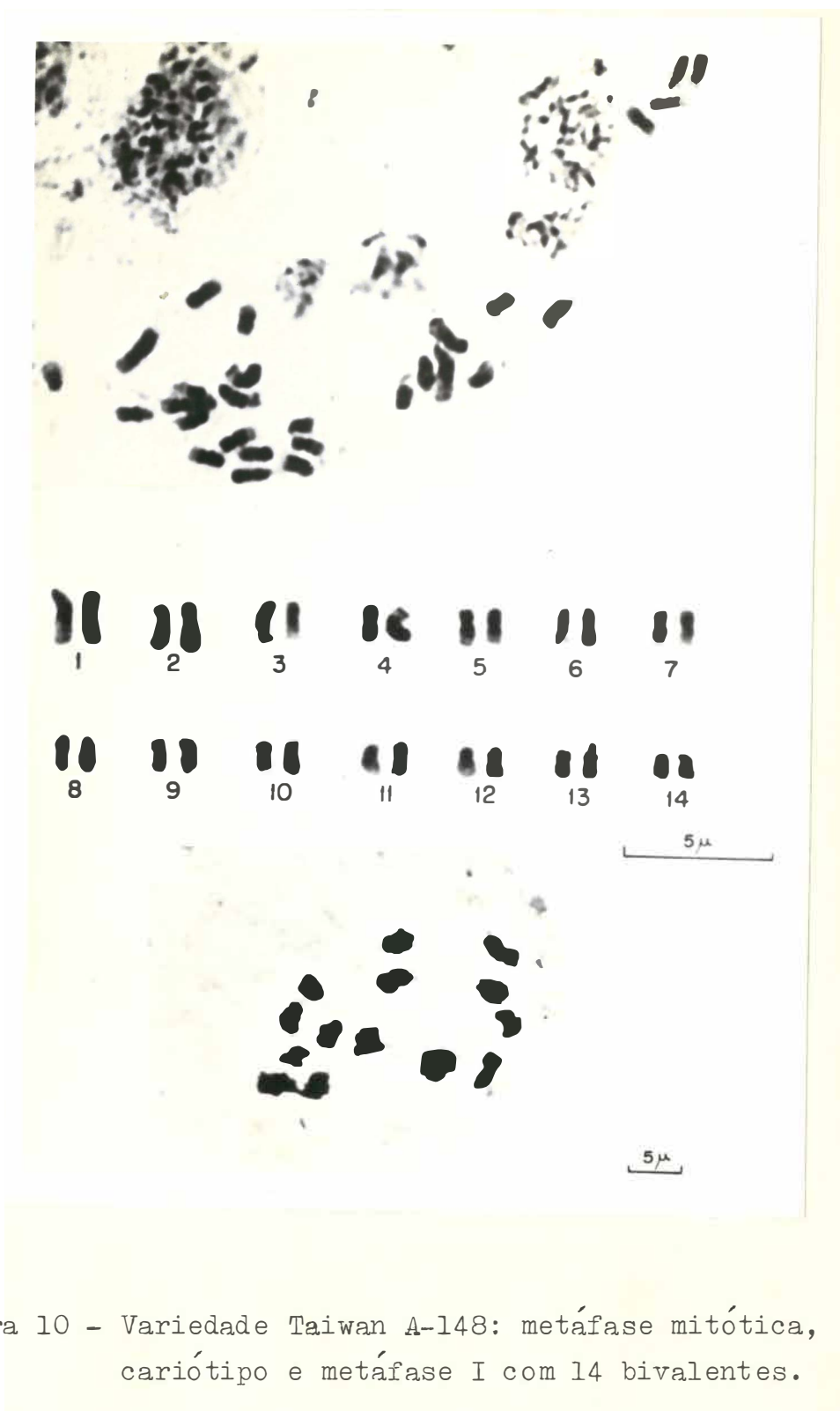


Figura 10 - Variedade Taiwan A-148: metáfase mitótica, cariótipo e metáfase I com 14 bivalentes.

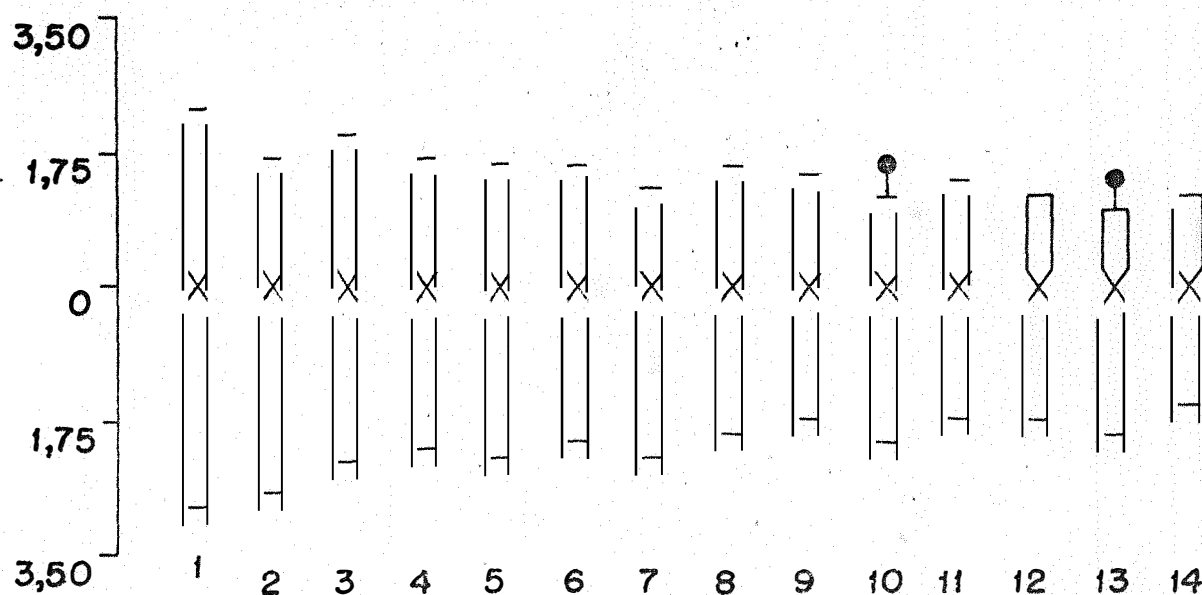


Figura 11 - Idiograma dos cromossomos mitóticos da variedade Taiwan A-144. A ordenada indica o comprimento relativo de um cromossomo (Escala 2:1).

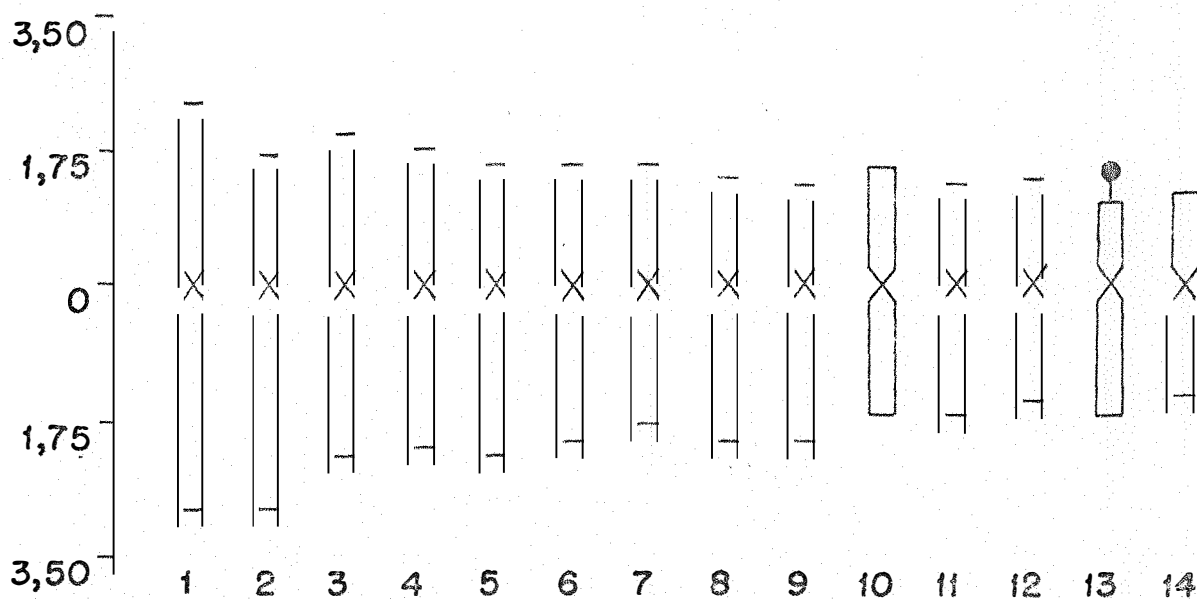


Figura 12 - Idiograma dos cromossomos mitóticos da variedade Taiwan A-148. A ordenada indica o comprimento relativo de um cromossomo (Escala 2:1).



Figura 13 - Variedade Taiwan A-241: metáfase mitótica, cariótipo e metáfase I com 14 bivalentes.



Figura 14 - Variedade Vrukwna: metáfase mitótica, cariótipo e metáfase I com 14 bivalentes.

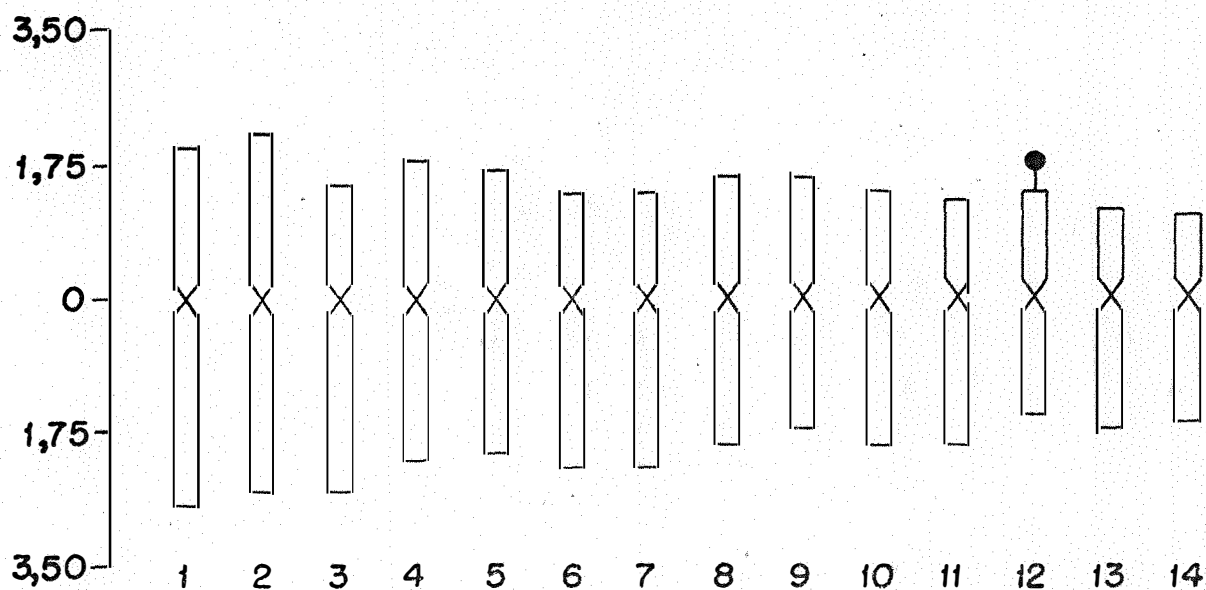


Figura 15 - Idiograma dos cromossomos mitóticos da variedade Taiwan A-241. A ordenada indica o comprimento relativo de um cromossomo (Escala 2:1).

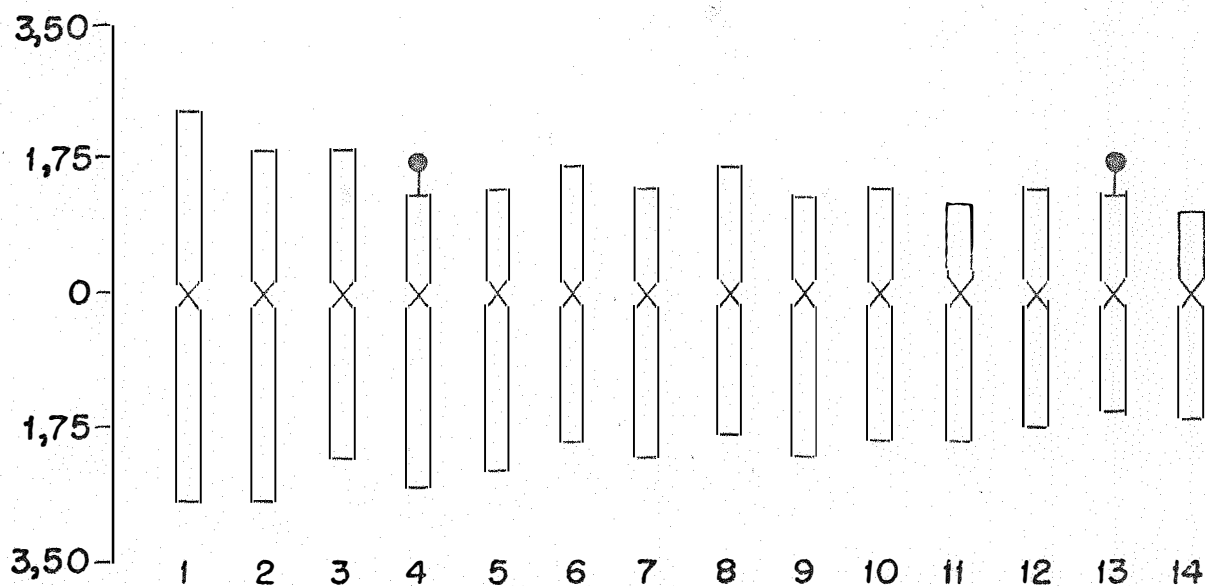


Figura 16 - Idiograma dos cromossomos mitóticos da variedade Vrukwna. A ordenada indica o comprimento relativo de um cromossomo (Escala 2:1).

5 - DISCUSSÃO

O número cromossômico somático determinado nas 8 variedades de P. purpureum foi o mesmo, não se podendo neste caso relacionar as diferenças morfológicas, referidas na descrição do material, com variação no número cromossômico. Essas diferenças no caso são sem dúvida em parte devidas a mutações gênicas que ocorreram e foram selecionadas de modo a originar as variedades com suas características peculiares. Por outro lado, as variações encontradas no estudo do cariótipo destas variedades, com respeito ao tamanho e morfologia dos cromossomos, também explicariam em parte estas diferenças. A discussão sobre este aspecto será efetuada na parte referente ao estudo do cariótipo.

O número cromossômico determinado nas variedades estudadas é o mesmo constatado pela primeira vez por BURTON(1942) e confirmado por KRISHSWAMY (1951), NUÑEZ (1952), SIMMONDS (1954), CHANDOLA (1959) e GILDENHUYS & BRIJ (1964), já referidos na descrição da espécie.

A análise do cariótipo, em metáfases mitóticas, revelou que a espécie possui cromossomos de modo geral semelhante nas diferentes variedades.

É bem conhecido que em certos gêneros e espécies a evolução envolve variados tipos de trocas cariotípicas e a predisposição a estas condições é geralmente acompanhada por muitos fatores. Investigações realizadas em P. typhoides, por RAU (1929) e CHANDOLA (1959), indicaram que existe nesta espécie tendências para variação no cariótipo, as quais se expressam em diferentes regiões geográficas.

Embora o comprimento total do lote diploide seja uma medida grosseira devido ao grau de contração dos cromossomos, com relação a este aspecto uma das variedades, Taiwan A-144 destacou-se das demais.

A massa total de cromossomos em um núcleo é estreitamente correlacionada com seu conteúdo de DNA. Esta correlação foi estabelecida com base em medidas paralelas de volume dos cromossomos e conteúdo de DNA em cerca de 200 espécies (BAETCKE et al, 1967). Com base nesta correlação, STEBBINS (1971) salienta que é possível fazer razoáveis inferências sobre o conteúdo de DNA de um organismo e portanto a quantidade de material genético que ele possui, examinando seus cromossomos. Estas comparações, entretanto, precisam ser feitas em estágios comparáveis de desenvolvimento e sob semelhantes condições ambientais.

Uma vez que os estudos aqui realizados são compatíveis com os requisitos acima, é razoável supor-se que de fato a variedade Taiwan A-144, possua maior quantidade de material genético que as demais.

Em relação ao comprimento relativo dos cromossomos a simples observação mostra que o maior par de cromossomos compreende aproximadamente 10% do comprimento do lote diplóide, não chegando na maioria das vezes a ser o dobro do último par (ao redor de 5% do lote diplóide). Segundo STEBBINS 1971, a classificação dos cariótipos quanto a assimetria pode ser feita pelo reconhecimento de 3 graus de diferenças entre o maior e o menor cromossomo do complemento e de 4 graus de diferença com respeito a proporção de cromossomos que são acro ou telocêntricos. No presente caso cromossomos acrocêntricos não foram observados, mas quanto a primeira característica poderíamos incluir as 8 variedades no cariótipo de tipo 1A (baseado na proporção de cromossomos com relação de braços menor que 2:1 e relação entre o maior e o menor cromossomos também menor que 2:1), no qual o autor refere encontrarem-se muitos gêneros de gramíneas, os quais são notáveis pela constância do cariótipo.

LEVITZKY (1931b), e LEVAN (1935), mostraram que tipos primitivos possuem cromossomos com centrômero mediano ou sub-mediano enquanto que com o avanço da evolução, tornam-se

sub-terminais indicando uma evolução de simetria para assimetria.

O fato de apenas uma variedade possuir somente cromossomos metacêntricos, ainda que nas demais, este tipo de cromossomo seja predominante, sugere a ocorrência de uma possível redução no comprimento dos braços de certos cromossomos, alterando a forma dos mesmos de V para J, como um tipo de especialização, com tendência a tornar o cariótipo assimétrico.

Um segundo tipo de especialização poderia também estar ocorrendo nestas variedades, a qual consistiria na redução do tamanho de alguns cromossomos em relação a outros do mesmo complemento, de modo que os cariótipos mais especializados conteriam cromossomos mais variados em tamanho.

STEBBINS (1957), cita dois tipos de especialização na tribo Helleboreae, as quais mostram similaridade com as hipóteses descritas acima para as variedades estudadas. Nesta tribo o gênero mais primitivo em estrutura floral, Helleborus, segundo LEVITZKY (1931b), possui um cariótipo no qual os cromossomos diferem pouco uns dos outros em tamanho e a maioria deles são em forma de V, com centrômero mediano ou sub-mediano.

As evidências disponíveis permitem admitir que ambos os tipos de especializações cariotípicas poderão estar ocorrendo em todas as variedades, embora algumas se encontrem, com relação a este aspecto, em estágios mais evoluídos do que outras.

De acordo com STEBBINS (1957), espécies ou variedades que possuem maior número de cromossomos sub-metacêntricos são consideradas como mais evoluídas do que aquelas nas quais seu número é menor. Considerando-se este aspecto, a variedade Pôrto Rico seria a menos evoluída e a variedade Comum a mais evoluída. Entretanto, deve-se chamar atenção para o fato da grande maioria dos cromossomos classificados como sub-metacêntricos encontrarem-se no limite da classificação, podendo portanto ter ocorrido a possibilidade de pequenos erros durante as

medições. De qualquer modo, a variedade Comum poderia ser classificada como a mais evoluída por mostrar maior tendência a assimetria dos cromossomos.

A presença de satélite, observada em apenas um dos cromossomos de alguns pares de homólogos, nas diferentes variedades concorda em parte com os resultados obtidos por NUÑEZ (1952). No entanto, o referido autor, observou apenas um cromossomo acrocêntrico com pequeníssimo satélite, e no presente estudo foram encontrados de 1 a 2 cromossomos com satélite, por variedade, sendo os mesmos metacêntricos ou submetacêntricos.

AVDULOV (apud NUÑEZ 1952), encontrou também um único cromossomo de um par de homólogos apresentando satélite em P. espicatum, espécie esta pertencente a mesma Seção e com as mesmas características morfológicas diferenciais de P. purpureum quanto ao número básico, tamanho e morfologia dos cromossomos, ainda que diplóide.

PANTULU & VENKATESWARLU (1968), estudando a morfologia dos cromossomos de P. purpureum, no paquíteno, observaram que o 1º e 14º pares de homólogos do complemento apresentavam satélite terminal, sendo êstes cromossomos respectivamente sub-metacêntrico e sub-telocêntrico. A ocorrência de dois cromossomos com satélite concorda com as presentes observações em alguns casos, embora não haja coincidência nos pares e, sua presença fosse constatada em um só cromossomo do par de homólogos.

A não coincidência dos pares de cromossomos apresentando satélite, poderia ser explicada, em parte, por translocação de segmento contendo o satélite, o que não é muito provável pelo menos nas variedades que normalmente florescem, uma vez que o comportamento meiótico não revelou tais alterações estruturais. Outra possível explicação seria erros na classificação dos pares de cromossomos extremos, devido algumas vezes a suas diferenças mínimas em relação ao par subsequente. Estes erros podem muitas vezes, ter ocorrido em consequência da maior ou menor contração dos cromossomos.

Os cromossomos de tamanho intermediário com presença de satélite, poderiam ser explicados por perda ou ganho de pequena quantidade de material genético no braço oposto ao satélite, durante os processos evolutivos do cariótipo, fazendo com que cromossomos metacêntricos passassem a sub-metacêntrico ou vice-versa e portanto causando mudanças na sua posição, na escala de tamanho. Esta última dedução é razoável levando-se em conta o fato de que nos complementos onde ocorre cromossomos intermediários com satélites, a ausência destes é observada em um ou ambos os extremos.

Por outro lado, a presença de satélite em apenas um dos cromossomos do par de homólogos poderia ser explicada pela simples perda de um segmento desta vez no braço possuidor do satélite.

NAVASHIN (1934), encontrou certas combinações híbridas interespecíficas em Crepis, nas quais havia o desaparecimento do satélite em um dos cromossomos-satélite de uma das espécies paternas. O caso foi considerado como resposta específica a condições peculiares na célula híbrida.

Tal fenômeno é possível que tenha ocorrido em P. purpureum uma vez que já é bem conhecida sua origem aloploidice.

Em literatura sobre nucléolo e satélite, GATES (1942) e NAVASHIN (1934), estabeleceram o fato de que satélites, os quais em muitas espécies ocorrem nas extremidades de um ou poucos pares de cromossomos, estão diretamente relacionados aquelas porções dos cromossomos que formam o nucléolo.

Nos estudos de meiose realizados, em diacinese geralmente foi observada a presença de 2 cromossomos associados ao nucléolo, o que poderia ser interpretado como sendo aqueles cromossomos possuidores de satélite e portanto contendo regiões organizadoras do nucléolo.

Pouco é conhecido sobre trocas evolutivas em satéli-

tes e nucléolos. Porém, a ampla distribuição destas estruturas no Reino Vegetal, mostra que elas são partes valiosas, senão essenciais, no complemento cromossômico. Além disso, a distribuição e o relacionamento das espécies tendo diferentes números e tamanho de nucléolos e satélites sugere que um organizador nucleolar com seu satélite pode ser perdido ou ganho durante a evolução e que seu tamanho pode também aumentar ou diminuir (STEBBINS 1957).

Além dos aspectos discutidos acima, foi constatado nas variedades Cameroun, Taiwan A-148 e Vrukwna, coloração diferencial dos cromossomos sugerindo presença de regiões heterocromáticas, as quais necessitam de maiores estudos para sua confirmação e esclarecimentos.

Em vista dos fatores discutidos acima, e tomando-se em consideração a presença de muitas semelhanças entre os cromossomos de todas as variedades, seria razoável considerar que esta espécie mostra uma linha evolutiva simples. Os cariótipos dos diferentes membros representam fundamentalmente um processo evolutivo no qual muitos tipos desenvolveram-se, todos relacionados a um ancestral comum. Apesar das variedades de P. purpureum possuírem grosseira similaridade na morfologia geral dos cromossomos, pequenas diferenças em seus detalhes são aquelas que podem ser tomados como características de cada variedade. Finalmente pode-se sugerir que dentro desta espécie a evolução do cariótipo, com exceção da variedade Taiwan A-144, se processou sem grandes ganhos ou perdas de material genético e que as diferenças entre variedades devem-se principalmente a ocorrência de mutações gênicas.

O pareamento e segregação dos cromossomos na meiose das variedades estudadas foi completamente normal, o que vem concordar com os resultados obtidos no estudo citológico por KRISHNASWAMY (1951). Este resultado porém discorda daquele observado por CHANDOLA (1959).

O pareamento em bivalentes na meiose era de se esperar, pois a espécie é considerada como um aloploidio, na qual o pareamento ocorre entre os genomas provenientes de um mesmo pai.

O número básico e o tipo de aloploidia referido por KRISHNASWAMY (1951) e SREE RANGASAMY (1972) foram aqui confirmados, e o último parece recair na classificação de STEBBINS (1947) dentro dos aloploidios verdadeiros. GOODSPREED & BRADLEY (apud STEBBINS, 1947) enfatizam que os mais representativos deste tipo de poliploide são altamente constantes, porque o pareamento ocorre entre cromossomos semelhantes derivados da mesma espécie. Este tipo de pareamento foi chamado autosindético por DOBZHANSKY (1941).

WADDINGTON (1939), introduziu os termos homogenético e heterogenético para substituir auto e alosindese. Os novos termos possuem definida conotação filogenética e não podem ser usados a menos que se saiba a origem do poliploide em questão.

Já os termos mais antigos têm sentido puramente genético sem qualquer conotação filogenética.

Em novos aloploidios, de progenitores muito diferentes, uma pequena quantidade de associações heterogenéticas pode ocorrer regularmente, como numa linhagem de Raphanobrassica (HOWARD, 1938) e em Gossypium thurberi-arboreum (BEASLEY, 1942).

Uma vez que, mesmo uma pequena quantidade deste tipo de pareamento usualmente leva a alguma esterilidade, bem como a inconstância, sua ausência ou raridade em espécies antigas estabeleceu que aloploidia é provavelmente devida a seleção de mutações no passado e outras trocas nesta direção (STEBBINS, 1947).

Baseado nas referências acima pode-se sugerir que a presença de quadrivalentes e univalentes encontradas por CHANDOLA (1959), se deva ao fato do material por ele examinado ter

sido de origem recente, e portanto apresentar pareamento heterogênico.

Apesar da presença de pareamento heterogênico em alopoliploides usualmente causar alguma esterilidade, sua ausência não assegura fertilidade. A esterilidade devida a interação de fatores genéticos nos processos complexos de desenvolvimento necessários para a produção de sementes, ou esterilidade gênica (DOBZHANSKY 1941), pode se impor sobre a esterilidade cromossômica em híbridos entre espécies distantemente relacionadas e somente a última é removida por dobramento do número cromossômico.

Nas variedades aqui estudadas o comportamento cromossômico normal na meiose sugere alta fertilidade da semente. No entanto, informações obtidas junto a diversos técnicos são contraditórias. Se por um lado, a esterilidade da maior parte das sementes de capim elefante é referida freqüentemente, já, em outros casos, a presença de muitas plantinhas próximas à campos de cultivo sugerem boa fertilidade.

Levando-se em conta os resultados obtidos no estudo do comportamento meiótico, pode-se sugerir no caso de esterilidade da semente, que esta seja devida a fatores genéticos.

Deve ser salientado que a variabilidade morfológica, existente não é acompanhada por variação citológica, pois o exame das diferentes variedades com características morfológicas diferentes mostrou $2n=28$ cromossomos e 14 bivalentes na meiose. Esta grande variabilidade encontrada seria explicada pelo modo de reprodução da espécie, altamente alógama segundo KRISHNASWAMY (1951).

Entretanto, BROWN & EMERY (1957, 1958), CARNAHAN & HILL (1961), HUTTON (1964) e BOGDAN (1966), referem-se a ocorrência de apomixia na espécie P. purpureum. Neste caso, a variabilidade morfológica seria explicada por um dos seguintes processos citados por STEBBINS (1957) os quais causam polimorfismo em complexos agâmicos. a) hibridação e alopoliploidia entre os an-

cestrais originais; b) hibridação entre apomíticos facultativos resultando segregantes ou hibridação entre espécies apomíticas e sexuais; c) trocas cromossômicas ou gênicas dentro dos clones apomíticos.

O primeiro processo é bastante provável pois, sabe-se que a espécie é um alopóliploide, o terceiro também deve ser considerado uma vez que mutações gênicas e cromossômicas são conhecidas serem causas de variabilidade em muitas espécies. Quanto ao segundo processo, não dispomos de argumentos para aceitá-lo ou negá-lo.

A variedade Pôrto Rico, referida como suposto híbrido entre P. purpureum ($2n=28$) X P. typhoides ($2n=14$) (EMRICH & FRANCO, 1965), mostrou número cromossômico $2n=28$, igual as demais variedades e comportamento meiótico completamente normal. Deduziu-se daí, que ou o material examinado não é o mesmo Pôrto Rico referido pelos autores, ou que esta variedade não se originou do cruzamento acima. No caso da variedade ter se originado do referido cruzamento, seu número cromossômico deveria ser $2n=21$ com anormalidades na meiose ou $2n=42$ pela ocorrência de poliploidia e comportamento meiótico possivelmente normal.

6. - RESUMO E CONCLUSÕES

1 - Foram estudadas 8 variedades de Pennisetum purpureum Schum. pertencentes a coleção de forrageiras do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo. O objetivo foi o de se obter informações sobre: a) Número e morfologia dos cromossomos e através da comparação dos dados, obter algumas informações sobre a evolução do cariótipo das variedades; b) Comportamento meiótico.

2 - O número cromossômico somático nas 8 variedades estudadas foi $2n=28$.

3 - Com relação ao comprimento total do lote diplóide, 7 das variedades mostraram-se semelhantes, sendo que a variedade Taiwan A-144 se destacou das demais sugerindo possuir maior quantidade de material genético.

4 - A variedade Pôrto Rico apresentou somente cromossomos metacêntricos, as demais mostraram possuir cromossomas metacêntricos e sub-metacêntricos.

5 - A variedade Pôrto Rico, por possuir somente cromossomos metacêntricos seria a menos evoluida e a variedade Comum por possuir o maior número de cromossomos sub-metacêntricos a mais evoluída, de acôrdo com critério estabelecido por STEBBINS (1957) para estudos de cariótipo.

6 - Presença de satélite foi constatada em somente um dos cromossomos de diferentes pares de homólogos em todas variedades, variando seu número de 1 a 2.

7 - A presença de satélite constatada em somente um dos cromossomos de diferentes pares de homólogos, parece ser resultado do desaparecimento desta estrutura no curso da evolução da espécie, através de perda do segmento contendo satélite ou por efeito da hibridação.

8 - Sugere-se que a evolução do cariótipo na espécie se processou sem grandes ganhos ou perdas de material genético e que as diferenças entre variedades, deva-se principalmente a ocorrência de mutações gênicas, com exceção da variedade Taiwan A-144 onde a aquisição de material genético deve ter jogado uma regra essencial.

9 - Classificando-se os cariótipos dentro dos tipos propostos por STEBBINS (1971), as 8 variedades estudadas enquadram-se no tipo 1A.

10 - Das 8 variedades estudadas, as 5 que normalmente florescem apresentaram comportamento meiótico normal tanto no pareamento dos cromossomos em diacinese e metáfase I como na segregação dos mesmos, em anáfase I.

11 - O número básico ($x = 7$) e a origem aloploidia da espécie foram confirmados.

12 - A hibridação e aloploidia entre os ancestrais originais, seguidas de subsequentes mutações gênicas, são sugeridas para explicar a variabilidade morfológica entre as variedades, no caso de propagação apomítica.

13 - A variedade Pôrto Rico não mostrou comportamento citológico de híbrido.

7. - SUMMARY AND CONCLUSIONS

1. It was studied eight Pennisetum purpureum Schum. varieties belonging to the forage grasses collection of "Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo". The aim of this paper was to get informations about: (a) Chromosome number and morphology, and by data comparison to get informations concerning the varieties karyotype evolution; (b) Meiotic behaviour.

2. The somatic chromosomic number for all eight varieties was $2n=28$.

3. Concerning the diploid total chromosome length, seven out eight varieties were alike, but the Taiwan A-144 variety was different suggesting larger amount of genetic material.

4. Pôrto Rico variety having an unique metacentric chromosome might be less evolved. Comum variety characterized by larger chromosome sub-metacentric number would be the most evolved according to the criteria stablished by STEBBINS (1957), for karyotype analysis.

6. The satellite occurrence was checked just in one single chromosome for different pairs of homologous in all varieties, which varies from one to two.

7. The satellite occurrence in one single chromosome for different pairs of homologous seems to result of this structure elimination along the evolution of this specie through the lost of satellite segment or by hybridization effect.

8. The species karyotype evolution possibly went through without gain or lost of genetic material. The difference among varieties is mainly due to genic mutation, but the Taiwan A-144 variety which the genetic material gain played essential role.

9. The eight studied varieties can be classified as type 1A, according to the karyotype classification among types proposed by STEBBINS (1971).

10. Five out of eight studied varieties, which were able to flower, had normal meiotic behaviour at the chromosome pairing in the diakinesis and metaphase I as well in the chromosome assortment in the anaphase I.

11. The basic chromosome number ($x = 7$) and allopolyploid nature of this specie were confirmed.

12. The hybridization and allopolyploidy among early ancestral plus further genic mutation were suggest to explain the morphological variability among varieties specially in the case of apomitic propagation.

13. Pôrto Rico variety did not show a cytological hybrid behaviour.

8. - LITERATURA CITADA

- ATWOOD, S. S. 1947. Cytogenetics and breeding of forage crops. Adv. Genet. 1:2-60.
- BAETCKE, K. P., SPARROW, A. H., NAUMAN, C. H. & SCHWEMMER, S. S. 1967. The relationship of DNA content to nuclear and chromosome volumes and to radiosensitivity (LD₅₀). Proc.Nat.Acad. Sci. 58(2):533-540.
- BEASLEY, J. O. 1942. Meiotic chromosome behavior in species, species hybrids, haploids and induced poliploids of Gossypium. Genetics 27:25-54.
- BOGDAN, A. V. 1966. "Plant introduction, selection, breeding and multiplication". (in): DAVIES, W. & SKIDMORE, C. L. Tropical Pastures. London, Faber and Faber Limited. pp. 75-88.
- BOOTH, W. E. 1964. "Cytology and evolution of grasses". (in): Agrostology. Michigan, Edwards Brothers Inc. pp. 130-151.
- BRASIL, MINISTERIO DA AGRICULTURA 1940. O capim elefante (Penisetum purpureum Schum.). 3ª ed. Rio de Janeiro, S. I. A. vol. 4, 22 p.
- BROWN, W. V. & EMERY, W. H. P. 1957. Some South African apomictic grasses. J. South African Botany 23:123-124.
- _____ 1958. Apomixis in the Gramineae: Panicoideae. Am. J. Botany 45:253-263.
- BURTON, G. W. 1942. A cytological study of some species in the Tribe Paniceae. Am. J. Botany 29:355-361.
- _____ 1944. Hybrids between Napier Grass and Cattail Millet. J. Hered. 35:227-332.
- CARNAHAN, H. L. & HILL, H. D. 1961. Cytology and genetics of forage grasses. Bot. Rev. 27(1): 1-131.

- CARVALHO, M. M., MOZZER, O. I., SILVA, J. B. & FERREIRA, J. G. 1972. Identificação de variedades e híbridos de capim elefante (Pennisetum purpureum Schum.). Anais da IXª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Viçosa, Minas Gerais. pp. 209-210.
- CELARIER, R. 1956. Tertiary butyl alcohol dehydration of chromosome smears. Stain Techn. 31:155-157.
- CHANDOLA, R. P. 1959. Cyto-genetics of Millets. Cytologia 24:115-137.
- CHURCH, G. L. 1940. Cytotaxonomic studies in the Gramineae - Spartina, Andropogon and Panicum. Am. J. Botany 27:263-271.
- CIAUSEN, J., KECK, D. D. & HIESEY, W. M. 1945. Experimental studies on the nature of species. II. Plant evolution through amphiploidy and autopoloidy, with examples from the Madiinae. Carnegie Inst. Wash. 564:174.
- CORSI, M. 1972. Estudo da produtividade e do valor nutritivo do capim elefante (Pennisetum purpureum Schum.), variedade napier submetido a diferentes frequências e alturas de corte. Tese de Doutorado, ESAIQ, U.S.P. 139 p.
- DARLINGTON, C. D. 1937. Recent advances in cytology. 2ª ed. London, J. & A. Churchill Ltd.. 671 p.
- _____ & LA COUR, L. F. 1960. The handling of chromosomes. New York, The Macmillan Company. 248 p.
- _____ & WYLIE, A. P. 1955. Chromosome Atlas of flowering plants. 2ª ed. London, George Allen & Unwin Ltd. 519 p.
- DOBZHANSKY, T. 1941. Genetics and the origin of species. New York, Columbia University Press. 446 p.
- EMRICH, E. S. & FRANCO, E. 1965. Mineiro descobriu um bom capim. Dirigente Rural (SP) 4(11):24-25.

- FLOVIK, K. 1938. Cytological studies of Artic Grasses. Hereditas 24:265-376.
- GARBER, E. 1944. A cytological study of the genus Sorghum: Sub-sections Para-sorghum and Eu-sorghum. Amer. Natur. 78: 89-94.
- GATES, R. R. 1942. Nucleoli and related nuclear structures. Bot. Rev. 8:337-409.
- GILDENHUYS, P. & BRIX, K. 1964. Genically controled variability of chromosome number in Pennisetum hybrids. Heredity 19(4):533-542.
- HEITZ, E. 1931. Die Ursache der gesetzmässigen Zahl, Lage, Form und Grösse pflanzlicher Nukleolen. Planta 12:775-844.
- HOWARD, H. W. 1938. The fertility of amphidiploids from the cross Raphanus sativus X Brassica oleracea. J. Genet. 36: 239-273.
- HUNTER, A. W. S. 1934. A karyosystematic investigation in the Gramineae. Canad. J. Res. 11:213-241.
- HUTTON, E. M. 1964. "Plant breeding and genetics". (in): Some concepts and methods in sub-tropical pastures research. England, Commonwealth Agricultural Bureaux. pp. 79-101.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA 1971. Pecuária: Efetivo e valor dos rebanhos, por Unidade da Federação, 1968-70. Anuário Estatístico do Brasil 32: 161.
- JAUHAR, P. 1968. Inter and intra-genomal chromosome pairing in an interspecific hybrid and its bearing on basic chromosome number in Pennisetum. Genetica 38:360-370.
- KRISHNASWAMY, N. 1951. Origin and distribution of cultivated plants of South Asia: Millets. Indian J. Genet. Plant Breed. 11(1):67-74.
- _____ & RAMAN, V. S. 1948. Polyploidy in Pennisetum purpureum Schum. - the dry napier. Curr. Sci. 17(5):153-154.

KRISHNASWAMY, N. & RAMAN, V. S. 1954a. A preliminary note on two chromosome deficient plants in Pennisetum purpureum Schum. and their genetic significance. Genetica 27:1-16.

_____ 1954b. Studies on the interspecific hybrid of Pennisetum typhoides Stapf & Hub. X P. purpureum Schum. - III. The cytogenetics of the colchicine induced amphidiploid. Genetica 27:253-272.

_____ 1957a. Cytogenetical studies in interspecific hybrid of P. typhoides Stapf & Hub. X P. purpureum Schum. Plant Breed. Abstr. 26:122.

_____ 1957b. Studies on the interspecific hybrid of Pennisetum typhoides X P. purpureum - IV. The cytogenetics of the allotetraploids. Genetica 28:345-360.

_____ & RANGASWAMI, G. N. A. 1941. An autotriploid in the pearl millet (Pennisetum typhoides S. et (H.)). Proc. Indian Acad. Sci. B 13:9-23.

LEVAN, A. 1935. Cytological studies in Allium. VI. The chromosome morphology of some diploid species of Allium. Hereditas 20:289-330.

_____, FREDGA, K. & SOUBERG, A. A. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. Hereditas 52:201-220.

LEVITZKY, G. A. 1931a. The morphology of chromosomes. Bull. Appl. Bot. Genet. Plant Breed. 27:19-174.

_____ 1931b. The karyotype in systematics. Bull. Appl. Bot. Genet. Plant Breed. 27:220-240.

LEWIS, K. R. & JOHN, B. 1963. Chromosome marker. London, J. & Churchill Ltd. 480 p.

MYERS, W. M. 1941. Meiotic behaviour of Phleum pratense, Phleum subulatum and their F₁ hybrid. J. Agric. Res. 63: 649-659.

- MYERS, W. M. 1944. Cytological studies of a triploid perennial rye grass and its progeny. J. Hered. 35:17-23.
- _____ 1947. Cytology and genetics of forage grasses. Bot. Rev. 13(6):319-367.
- NAVASHIN, M. 1934. Chromosome alterations caused by hybridization and their bearing upon certain general genetic problems. Cytologia 5:169-203.
- NIELSEN, E.L. 1939. Grass studies. III. Additional somatic chromosome complements. Am. J. Botany 26:366-372.
- _____ 1952. Cytology in relation to breeding behavior in grasses. Proc. 16th International Grassland Congress. Pennsylvania State College, P. A. vol. 1, pp. 233-239.
- NUÑEZ, O. 1952. Investigaciones cariosistematicas en las gramíneas argentinas de la tribus "Paniceae". Rev. Fac. Agron. 28(2):229-256.
- OTERO, J.R. 1961. Informações sobre algumas plantas forrageiras. 2ª ed. Rio de Janeiro, S. I. A. - Ministério da Agricultura. Série Didática nº 11 331 p.
- PANTULU, J. V. & VENKATESWARLU, J. 1968. Morphology of the pachytene chromosomes of Pennisetum purpureum Schum. Genetica 39:41-44.
- PAO, W. K. & LI, H. W. 1948. Desynapsis and other abnormalities induced by high temperature. J. Genet. 48:297-310.
- PARODI, L. R. 1946. Gramíneas bonariensis. Clave para la determinacion de los generos y enumeracion de las especies. 4ª ed. Buenos Aires, Tomas Palumbo. 142 p.
- PETO, F. H. 1930. Cytological studies in the genus Agropyron. Canad. J. Res. 3:428-448.
- POHELMAN, J. M. 1965. Mejoramiento genetico de las cosechas. trad. DURON, N. S. México, Editorial Limusa-Wiley, S.A. 453 p.

- RAMULU, K. S. 1968. Meiosis and fertility in derivatives of amphiploid Pennisetum. Caryologia 21(2):147-156.
- RAU, N. S. 1929. On the chromosome numbers of some cultivated plants of South India. J. Indian Bot. Soc. 8:126-128.
- RILEY, R. & LAW, C. N. 1965. Genetic variation in chromosome pairing. Adv. Genet. 13:57-107.
- ROTHFELS, K. H. & SIMINOVITCH, L. 1958. The chromosome complement of the Rhesus monkey (Macaca mulata) determined in kidney cells cultivated in vitro. Chromosoma 9:163-175.
- SIMMONDS, N.W. 1954. Chromosome behaviour in some tropical plants. Heredity 8(1):139-145.
- SREE RANGASAMY, S. R. 1972. Cytological studies on diploid and polyploid taxa of the genus Pennisetum Rich. Genetica 43: 257-273.
- _____, DEVASAHAYAM, P. & RAMAN, V. S. 1971. Cytogenetical evaluation of the progenies of a trispecific hybrid in Pennisetum. Caryologia 24(1):19-26.
- STEBBINS, G. L. Jr. 1947. Types of polyploids: their classification and significance. Adv. Genet. 1:403-429.
- _____ 1956. Cytogenetics and evolution in the grass family. Am. J. Botany 43:890-905.
- _____ 1957. Variation and evolution in plants. New York, Columbia University Press. 643 p.
- _____ 1971. Chromosomal evolution in higher plants. London, Addison-Wesley Publishing Company. 216 p.
- _____ & LOVE, R.M. 1941. A cytological study of California forage grasses. Am. J. Botany 28: 371-382.
- _____ & TOBGY, H. A. 1944. The cytogenetics of hybrids in Bromus. I. Hybrids within the section Ceratochloa. Am. J. Botany 31(1):1-11.

SWAMINATHAN, M. S. & NATH, J. 1956, Two new basic chromosome numbers in the genus Pennisetum. Nature (London) 178: 1241-1242.

VEYRET, Y. 1957. Les chromosomes somatiques chez quelques espèces de Pennisetum. Agron. Trop. 12(5):595-598.

WADDINGTON, E. H. 1939. An introduction to modern genetics. New York, Macmillan. 441 p.

WEISS, M. G., TAILOR, L. H. & JOHNSON, I. J. 1951. Correlations of breeding behavior with clonal performance of Orchardgrass plants. Agron. J. 43:594-602.

WHYTE, R. O., MOIR, T. R. G. & COOPER, J. P. 1962. Grasses in agriculture. 2^e ed. Roma, F. A. O. 417 p.