

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
Programa de Pós-graduação em Genética e Evolução

**“ANÁLISE DA HERANÇA DA RESISTÊNCIA DA CANA-DE-
AÇÚCAR À FERRUGEM (*Puccinia melanocephala* H. & P. Syd)”.**

Guilherme Lacava de Moura

São Carlos

2004

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
Programa de Pós-graduação em Genética e Evolução

**“ANÁLISE DA HERANÇA DA RESISTÊNCIA À FERRUGEM DA
CANA-DE-AÇÚCAR *P. melanocephala* H. & P. Syd”.**

Guilherme Lacava de Moura

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Genética e Evolução do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências, área de concentração: Genética e Evolução.

São Carlos

2004

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

M929ah

Moura, Guilherme Lacava de.

Análise de herança da resistência à ferrugem da cana-de-açúcar *P. melanocephala* H. & P. Syd. / Guilherme Lacava de Moura. -- São Carlos : UFSCar, 2004.
46 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2004.

1. Fungos. 2. Ferrugem. 3. Herança da resistência. 4. Cana-de-açúcar. I. Título.

CDD: 589.2 (20^a)

Orientador
Prof. Dr. Eder Antônio Giglioti

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus queridos pais João Elísio de Moura e Sandra Lacava de Moura e aos meus irmãos Thaís L. de Moura e Alexandre L. de Moura (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Éder Antônio Giglioti, por desde a época de graduação ter me acolhido como orientado, pelos valiosos ensinamentos, pelo incentivo e compreensão nos momentos difíceis.

Aos meus pais, João Elísio e Sandra, e à minha irmã, Thaís, pelo carinho e incentivo.

À minha namorada Laura pela amizade e carinho.

Aos pesquisadores da CanaVialis SA Prof. Dr. Sizuo Matsuoka, Prof. Dr. Hideto Arizono e Prof. Dr. Yodiro Masuda pelos valiosos ensinamento que contribuíram tanto para a conclusão deste trabalho quanto para minha formação profissional.

Ao pesquisador da Alellyx Applied Genomics Carlos Vildoso pelos valiosos conselhos e pela amizade.

Aos companheiros de laboratório da CanaVialis SA Patrícia Benites Ros, Guilherme Lagazzi e Rafaela Degaspari.

Aos colegas de trabalho, o biólogo Rogério do Nascimento e o engenheiro agrônomo Wellington Q. Tanno pela ajuda na avaliação dos experimentos em campo.

Aos técnicos do PMGCA-UFSCar, José Ciofi e Cláudio José Mendes pela ajuda na instalação dos experimentos.

Aos colegas de república Marcelo e Wellington pela amizade.

Aos membros titulares da banca examinadora pela disponibilidade e participação.

Aos colegas do programa de pós-graduação em Genética e Evolução pela amizade e troca de idéias.

A equipe do extinto Laboratório de Fitopatologia Molecular e Engenharia Genética do CCA/ UFSCar - Araras.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

Mudam-se os tempos, mudam-se as vontades

Mudam-se os tempos, mudam-se as vontades,
Muda-se o ser, muda-se a confiança;
Todo o mundo é composto de mudança,
Tomando sempre novas qualidades.

Continuamente vemos novidades,
Diferentes em tudo da esperança;
Do mal ficam as mágoas na lembrança,
E do bem, se algum houve, as saudades.

O tempo cobre o chão de verde manto,
Que já coberto foi de neve fria,
E em mim converte em choro o doce canto.

E, afora este mudar-se cada dia,
Outra mudança faz de mor espanto:
Que não se muda já como soía.

Luís de Camões

SUMÁRIO

	Pg.
LISTA DE FIGURAS.	
LISTA DE TABELAS.	
RESUMO	
ABSTRACT.	
1. INTRODUÇÃO.	1
2. OBJETIVOS.	3
3. REVISÃO DE LITERATURA.	4
3.1. A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR.	4
3.1.1. CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA, ORIGEM E EVOLUÇÃO.	4
3.1.2. A CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL E NO MUNDO.	6
3.1.3. EVOLUÇÃO DA BASE GENÉTICA E MELHORAMENTO.	7
3.2. FERRUGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR.	11
3.2.1. HISTÓRIA E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.	11
3.2.2. SINTOMATOLOGIA E ETIOLOGIA.	13
3.2.3. DISSEMINAÇÃO E CONDIÇÕES PARA OCORRÊNCIA DA DOENÇA.	14
3.2.4. AVALIAÇÃO DA DOENÇA.	15
3.2.5. HERANÇA DA RESISTÊNCIA.	16
4. MATERIAL E MÉTODOS.	18
4.1. PROGENITORES.	18
4.2. HIBRIDAÇÃO E OBTENÇÃO DAS POPULAÇÕES SEGREGANTES.	21
4.3. ESTABELECIDAMENTO DO PRIMEIRO EXPERIMENTO EM CAMPO.	22

4.4. FENOTIPAGEM DAS POPULAÇÕES SEGREGANTES DO PRIMEIRO EXPERIMENTO EM CAMPO.	22
4.5. ESTABELECIMENTO DO SEGUNDO EXPERIMENTO EM CAMPO.	23
4.6. FENOTIPAGEM DAS POPULAÇÕES SEGREGANTES DO SEGUNDO EXPERIMENTO EM CAMPO.	23
4.7. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.	24
5. RESULTADOS.	25
5.1. AVALIAÇÃO DO PRIMEIRO EXPERIMENTO EM CAMPO.	25
5.2. AVALIAÇÃO DO SEGUNDO EXPERIMENTO EM CAMPO.	28
6. DISCUSSÃO.	31
7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	34
8. ANEXOS	

LISTA DE FIGURAS

	Pg.
Figura 1. Distribuição de frequência das progênies avaliadas no primeiro experimento.	28
Figura 2. Distribuição de frequência das progênies avaliadas no segundo experimento.	30

LISTA DE TABELAS

	Pg.
Tabela 1. Modelo de análise de variância aplicados aos resultados da segunda avaliação em campo para análise da resistência à ferrugem da cana-de-açúcar.	25
Tabela 2. Análise do qui-quadrado das progênies avaliadas na primeira avaliação em campo.	26
Tabela 3. Análise do qui-quadrado das progênies avaliadas na segunda avaliação em campo.	29
Tabela 4. Variâncias estimadas para os progenitores avaliados	31
Tabela5. Resultados da análise de variância das progênies avaliadas na segunda avaliação em campo.	31

ABSTRACT

Sugarcane rust (*Puccinia melanocephala*) is a major disease distributed throughout the world, causing yield losses of 50% in conducive environments. Resistance is an essential trait to control rust in commercial cultivars requiring routine tests along the selection time in breeding programs. In order to better understand the complexity and to determine the inheritance of rust resistance in Brazilian sugarcane cultivars, this work analyzed eight F1 segregating populations involving 10 genotypes as parents. The resistance was polygenic where the segregation of several minor genes in each progeny was responsible for their classification in the different resistance levels from 2 to 9. Besides polygenic resistance, the presence of major genes segregating 1:1 and 3:1 deviated the individuals to the grade 1, corresponding to complete resistance. It was observed transgressive segregation, generating resistance genotypes from susceptible-susceptible crosses. Therefore, to achieve resistant cultivars it is not necessary to choose resistant parent if effective tests are used to screen susceptible genotypes during selection. It was also observed maternal effects in segregation, deviating individuals to rust resistance.

RESUMO

A herança da resistência à ferrugem da cana-de-açúcar (*Puccinia melanocephala*) foi estudada em 8 progênies F1 com 230, 226, 148, 129, 298, 125, 156, e 238 indivíduos, obtidos dos cruzamentos RB72454 x RB855595 (RxR), RB855595 x RB72454 (RxR), RB72454 x RB835486 (RxS), RB855536 x NA5679 (RxS) RB72454 x SP716163 (RxS), RB855113 x SP701143 (RxS), SP70-1143 x RB825055 (SxS) e RB835867 x SP701143(SxS). Os cruzamentos biparentais foram realizados na Estação de Floração de Serra do Ouro, Murici-AL. Dez meses após o transplante, as progênies foram fenotipadas estimando-se a porcentagem de área atacada na folha +3, com auxílio de uma escala diagramática e após treinamento no software WinCOMBRO. A fim de testar a hipótese de um gene de efeito maior, cada progênie foi dividida em apenas duas classes: resistentes (nota 1) e suscetíveis (notas 2-9), baseadas na ausência e presença de sintomas e submetidas ao teste do qui quadrado. Dentre as oito progênies F1 analisadas, três apresentaram comportamento condizente com a hipótese, RB72454 x RB855595 ($\chi^2=0,284$; P=59,41%), RB72454 x RB835486 ($\chi^2=0,11$; P=74,23%) e RB855113 x SP70-1143 ($\chi^2=0,97$; P=35,52%). As progênies dos cruzamentos RB855536 x NA56-79 (R x S) e RB72454 x SP71-6163 (R x S) apresentaram razões inesperadas entre indivíduos resistentes e suscetíveis. Os cruzamentos SP70-1143 x RB825055 e RB835867 x SP701143 envolvendo apenas variedades suscetíveis apresentaram segregação transgressiva, sendo observados 7 e 14 indivíduos resistentes. Para esses cruzamentos, foi testada como hipótese, a ocorrência de segregação de dois genes recessivos e os resultados do teste do qui quadrado ($\chi^2=0,109$, P=74,11%; $\chi^2=0,004$, P=95%) não se desviaram da hipótese testada. A segunda avaliação foi realizada nos meses de fevereiro e março de 2003, onde o

principal objetivo foi comprovar o comportamento da variedade RB72454 como progenitora. Nesse ensaio, foram avaliadas quatro populações segregantes (RB72454 x RB855595, RB855595 x RB72454, RB72454 x RB835486 e SP70-1143 x RB825055) com duas repetições, envolvendo os principais perfis de cruzamento, e totalizando 759 indivíduos. As quatro famílias analisadas tiveram comportamento similar ao observado no primeiro experimento. A variância estimada para os parentais variou de zero (nas variedades resistentes) à 0,25 (variedades suscetíveis) e a herdabilidade no sentido amplo para a resistência à ferrugem foi de 0,69. A presença de um gene de efeito maior pode ter sido detectada na variedade RB72454 a qual se comportou como heterozigota para o locus avaliado, evidenciado pelos resultados nos cruzamentos com as variedades RB855595 (R) e RB835486 (S). Esses cruzamentos serão utilizados para o mapeamento deste possível gene de efeito maior.

1. INTRODUÇÃO.

O melhoramento genético da cana-de-açúcar passou a se desenvolver no final do século 19, principalmente em razão da preocupação em obter materiais resistentes a sérias doenças da época, como a escaldadura-das-folhas. Posteriormente, epidemias severas de Mosaico, Carvão, Ferrugem e outras doenças induziram o aparecimento de vários programas de melhoramento genético no mundo. Hoje uma cultura de tamanha dimensão, sendo ainda semiperene, não teria condições de sobrevivência se não contasse com híbridos resistentes à grande maioria dessas doenças.

O continuado sucesso da manipulação genética na obtenção de materiais resistentes a dezenas de doenças muito danosas, além de boa adaptação e estabilidade às mais variadas condições de cultivo da cana-de-açúcar no mundo tem sido obtido à custa de um trabalho bem organizado e conduzido por equipe multidisciplinar em todos aqueles programas mencionados. Também, sem persistência e continuidade não se teria chegado a tais resultados, especialmente devido à complexidade genética dessa cultura.

A resistência genética da cana-de-açúcar às mais variadas doenças é, em sua maioria, do tipo horizontal, ou seja, contínua e não discreta. Se isto constitui uma grande vantagem prática de um lado devido à sua durabilidade, de outro traz dificuldades para o melhorista na incorporação de tal resistência nos novos materiais, em razão de sua característica poligênica (ou pelo menos se supõe para a maioria dos casos), como também e principalmente em formas para sua avaliação. Como existe muito efeito ambiental, uma avaliação precisa é difícil e muitas vezes demorada.

A ferrugem da cana-de-açúcar (*Puccinia melanocephala* H. & P. Syd), é uma doença economicamente importante em muitos países produtores, causando perdas em genótipos suscetíveis e chegando a extinguir o plantio de algumas delas.

A literatura referente ao estudo da herança da resistência à ferrugem da cana-de-açúcar em genótipos brasileiros é escassa. Muitos trabalhos dedicaram-se a descrever a doença, sua importância econômica, medidas de controle e reações de cultivares.

Este trabalho tem como pretensão, fazer um estudo mais aprofundado do mecanismo genético que rege este caráter em genótipos brasileiros, através do estudo de populações segregantes geradas por um programa de melhoramento nacional.

2. OBJETIVOS.

O presente trabalho teve como objetivos analisar o padrão da herança da resistência à ferrugem da Cana-de-açúcar através do estudo de populações segregantes e identificar indivíduos a serem utilizados no desenvolvimento de um marcador molecular ligado à resistência.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

3.1. A cana-de-açúcar.

3.1.1 Classificação botânica, origem e evolução.

A cana-de-açúcar pertence à divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida, sub-classe Commelinidae, ordem Cyperales, família Poaceae, tribo Andropogonae e sub tribo Saccharininae (Lucchesi, 2001).

A classificação botânica das espécies mais aceita é a de Jeswiet, desde 1925 (Lucchesi, 2001). As espécies de cana de açúcar são classificadas da seguinte maneira (Lucchesi, 2001 ; Matsuoka et al, 1999) :

***Saccharum officinarum* L: 2n=80:** Esta espécie é um complexo poliplóide, cujo centro de diversidade é a Nova Guiné; seu centro de origem é desconhecido. Admite-se que ela tenha surgido naquela mesma região, a partir de hibridações entre *S. spontaneum*, *Miscanthus*, *Erianthus arundinaceus*, e *S. robustum*. Constitui-se a espécie-base dos programas de melhoramento, para a qual faz-se a recorrência (nobilização), objetivando-se características especiais, como colmos suculentos, bom teor de sacarose, boa pureza do caldo, teor de fibra adequado para moagem. São exigentes em clima e solo e muito sensíveis à doenças, como o mosaico. Até 1925, no Brasil, principalmente no estado de São Paulo, eram plantados os genótipos conhecidos como: Riscada, Roxa, Cristalina, Manteiga, Caiana, Preta e outras, todas pertencentes a essa espécie.

***Saccharum. spontaneum* L: 2n=40-128:** É uma espécie altamente polimórfica, que cresce no trópico e no subtropico. É provavelmente produto da introgressão entre membros do complexo *Saccharum*. É a espécie que, moderadamente, tem dado maior contribuição ao

melhoramento, com suas características de vigor, dureza, perfilhamento, capacidade de rebrota de soqueira, especialmente devido ao vigoroso rizoma e á resistência a estresses, doenças e pragas. São plantas de porte menor, colmos curtos e finos, fibrosos e praticamente sem açúcar, com sistema radicular bem desenvolvido e perfilhamento abundante. São menos exigentes, vegetando bem em condições adversas, são resistentes ao mosaico. Fazem parte desta espécie os cultivares Kans, da Índia e Glagah, de Java.

***Saccharum robustum* Jesw.: 2n=60-205:** Supõe-se que esta espécie originou-se da introgressão de *S. spontaneum* com outros gêneros na região de Nova Guiné. Admite-se que, a partir desta espécie que *S. officinarum* evoluiu, por meio de seleções humanas para tipos mais macios e ricos em caldo açucarado. Tem pouca participação nos híbridos atuais, exceto nos havaianos. As plantas apresentam porte alto, são muito fibrosas e muito pobres em sacarose. São tolerantes ao encharcamento e suscetíveis ao mosaico.

***S. sinense* Roxb.: 2n=111-120 e *S. barberi* Jesw.: 2n=81-124:** Eram cultivadas pelos nativos da China e do Norte da Índia, desde épocas pré-históricas, não havendo definição segura sobre a origem destas espécies. *S. sinense* provavelmente surgiu da introgressão de *S. officinarum* com *Miscanthus*, ou com *S. spontaneum*, na China, após a introdução da primeira em épocas pré-históricas. Já *S. barberi* pode ter surgido de forma independente no noroeste da Índia, ou da introgressão de *S. officinarum* com *Erianthus* sect. *ripidium*. As plantas de *S. sinense* apresentam colmos finos, fibrosos e regularmente ricos em sacarose. Sistema radicular desenvolvido e menos exigentes em solos, suportando os secos e pobres. Alguns cultivares são resistentes ao mosaico, outros não. Dentre os cultivares dessa espécie destacam-se os conhecidos como cana de Ubá e Kavangire. *S. barberi* apresenta plantas de porte médio a baixo, colmos finos, fibrosos e pobres em sacarose. São rústicas e pouco exigentes em solo, susceptíveis ao mosaico e tolerantes ao frio. Encontram-se dentro desta espécie as conhecidas como “Canas indianas”, destacando-se o Chunnee.

S. edule : $2n=60-80$ é considerado atualmente um produto da introgressão de *S. officinarum* ou *S. robustum* com outro gênero, sendo uma série poliplóide, com formas aneuplóides. Alguns cultivares restritos a nova Guiné e ilhas vizinhas. Caracterizam-se pela produção de inflorescência entumescida com flores abortivas e que são utilizadas na alimentação humana.

3.1.2. A cana-de-açúcar no Brasil e no mundo.

No mundo, a cana-de-açúcar é cultivada predominantemente em áreas subtropicais entre 15° e 30° de latitude, podendo se estender até 35° de latitude tanto norte quanto sul, sendo produzida comercialmente em mais de 70 países e territórios, sendo os maiores produtores o Brasil, Cuba, Índia, México, China, Filipinas, Austrália, África do Sul, Estados Unidos da América, República Dominicana e Formosa. O Brasil é atualmente o maior produtor mundial, destacando-se os estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas e Paraíba (Lucchesi, 2001).

A trajetória da cana-de-açúcar para o Brasil iniciou-se na metade do século XVI, através de Martin Afonso de Souza, que a trouxe para a Capitania de São Vicente (Lucchesi, 2001). Os primeiros três séculos do cultivo de cana-de-açúcar no Brasil ficaram conhecidos como “ciclo da Creola”, devido ao predomínio deste genótipo, sendo substituída mais tarde pela Caiana, mais rica e produtiva (Junqueira & Dantas, 1964; Miocque & Machado Jr, 1977).

Com o passar do tempo novos genótipos foram sendo introduzidos como a Roxa, Salangor, Lousier e Kavangire, que tiveram seu cultivo encerrado devido à uma epidemia de mosaico na década de 20. Este fato abriu espaço para a entrada de genótipos japoneses (POJ) destacando-se POJ 36, POJ 213, POJ 2878 e POJ 2714 e mais tarde para genótipos importados de Coimbatore (Índia), Co281, Co290, Co331, Co413, Co419 e Co421. Mais uma vez, a ocorrência de

uma doença, desta vez o carvão, prejudicou as lavouras de cana-de-açúcar, e novos genótipos eram necessários (Matsuoka et al, 1999).

A partir de 1950, os genótipos CB desenvolvidos na Estação Experimental de Campos (RJ), passaram a ser amplamente cultivados nos canaviais brasileiros, destacando-se a CB41-76 até o começo de 1980, principalmente em São Paulo e CB45-3, na mesma época, na região oeste de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo e em todo Norte-Nordeste. Esta última perdura até hoje naqueles locais, sendo no Brasil, junto com a Co331, o genótipo de maior durabilidade do século passado (Matsuoka et al, 1999).

Em meados da década de 70 a agroindústria canavieira sofreu uma revolução com a chegada da variedade NA56-79, importada por Azzi e Paranhos. Na década de 80 já ocupava mais de 50% da área cultivada com cana na época, superando a CB41-76, até então a mais cultivada, principalmente devido à sua produção, riqueza, precocidade e uma excelente brotação de soqueiras. Mais uma vez a ocorrência de uma doença, desta vez o carvão, associado aos danos causados pela ferrugem e o raquitismo da soqueira, causaram a condenação deste genótipo (Matsuoka, 1991; Matsuoka, 1999).

Após este período, os primeiros genótipos obtidos pelos Programas de Melhoramento da Copersucar (variedades SP) e do IAA/Planalsucar (variedades RB), começavam a ser cultivados, principalmente SP70-1143, SP71-1406 e RB72454 (Matsuoka et al, 1999).

3.1.3. Evolução da base genética e melhoramento.

A cana-de-açúcar pertence ao gênero *Saccharum*, um gênero complexo caracterizado por um alto grau de poliploidia e frequente aneuploidia. Duas principais espécies, contribuíram para a origem dos atuais cultivares, *S. officinarum* e *S. spontaneum*. *S. officinarum*, também conhecida como cana nobre possui $2n=80$ e um número cromossômico básico de $x=10$. (Bremer 1961; D'Hont et al. 1995). *S. spontaneum*, é uma espécie selvagem que exibe grande variabilidade, e ampla

variação no número de cromossomos ($2n=40-128$) cujo número básico é $x=8$. Para estas duas espécies suspeita-se de uma origem autopoliplóide, embora bivalentes sejam observados na meiose e nenhum parentesco com diplóides é conhecido (Sreenivasan, 1987).

S. officinarum forneceu a maioria dos cultivares até o final do século 19, junto com *S. sinense* ($2n=81-124$) e *S. barberi* ($2n=111-120$), dois grupos taxonômicos provavelmente derivados de hibridação natural entre *S. officinarum* e *S. spontaneum* que também contribuíram para o pool genético das atuais variedades de cana-de-açúcar. Deve-se relatar também a contribuição de *S. robustum*, provável ancestral selvagem da *S. officinarum*, utilizada em algumas estações de melhoramento. (D'Hont et al,1995).

Estimulado por epidemias, os primeiros híbridos interespecíficos artificiais foram produzidos em Java e na Índia, envolvendo essencialmente *S. officinarum*, *S. spontaneum* e *S. barberi*. A restauração de clones com alto teor de açúcar foram obtidos através de sucessivos retrocruzamentos utilizando *S. officinarum* como fêmea recorrente. Este procedimento, conhecido como nobilização, foi facilitado pela transmissão de cromossomos $2n$ em F_1 e RC_1 pela *S. officinarum* (Bremer, 1961). Esta peculiar transmissão de cromossomos pode ser explicada através da endoduplicação ou fusão de dois núcleos após a segunda divisão da meiose Bhat & Gil, (1985). Devido à transmissão do número cromossômico pela *S. officinarum* na primeira geração híbrida, as variedades modernas quase sempre apresentam números cromossômicos acima de 100, com mais de 80 transmitidos por tais espécies e o restante fornecido por *S. spontaneum* (Bremer, 1961).

Utilizando a técnica de hibridização *in situ* de DNA, D'Hont et al. (1995) demonstraram que é possível distinguir os cromossomos de *S. officinarum* e *S. spontaneum* em uma população F_1 interespecífica. Este estudo revelou também que dentre os cromossomos da variedade comercial R570 ($2n=107-115$), apenas 10% foram transmitidos por *S. spontaneum* e outros 10% são recombinações entre os cromossomos de *S. officinarum* e *S. spontaneum*.

Análises conduzidas com isoenzimas demonstraram uma forte diferenciação entre *S. officinarum* e *S. spontaneum* e que grande parte da diversidade entre variedades de cana-de-açúcar está relacionada à presença/ausência de genes de *S. spontaneum* (Glaszmann et al, 1989 Eksomtramage et al, 1992).

Jannoo et al. 1999, determinaram que os cultivares desenvolvidos pelos programas de melhoramento de Barbados e Mauritius são basicamente distinguidos pela presença de alelos de *S. spontaneum* nos cultivares de Mauricius. Isto ocorre devido à utilização regular de híbridos interespecíficos de primeira e/ou segunda geração no seu processo de hibridação para obtenção de novas variedades.

Em um estudo conduzido por Garcia et al. (1999), com os principais genótipos cultivados nos últimos cinquenta anos, conclui-se que esses genótipos foram originados a partir de 49 progenitores e que apenas 14 destes foram responsáveis por 90% do genoma destas variedades.

Lima et al. (2002), estudando a similaridade genética entre setenta e nove cultivares de cana-de-açúcar, concluíram que os acessos estudados apresentaram valores moderados de similaridade genética e que os maiores valores observados foram entre as variedades SP70-1284 e SP70-1423 (0,86), IAC82-2045 e SP79-61929 (0,86), RB855113 e RB845257 (0,87), CP51-22 e SP70-1088 (0,88). Concluíram também que os cultivares SP70, SP71, SP80 e RB85 tenderam a formar agrupamentos, provavelmente devido ao fato de muitos genótipos serem meio-irmãos ou irmãos germanos. Se analisarmos veremos que os cultivares da série SP70 são em sua maioria filhos dos cruzamentos IAC48/65 X ? e CB41-76 X ?, os da série SP71 de NA56-79 X ?, os da série SP80 de SP71-1088 X H57-5028 e os da série RB85 de RB72454 X SP70-1143 ou TUC71-7.

Com relação ao melhoramento da cana-de-açúcar, este se baseia na seleção e clonagem de genótipos superiores de populações segregantes obtidas através de cruzamentos sexuais entre indivíduos diferentes. Para maximizar a eficiência deste processo, são realizadas

diversas etapas, envolvendo a escolha adequada dos progenitores e a quantificação dos efeitos ambientais na expressão de cada caráter sob seleção (Matsuoka et al. 1999).

Anualmente são geradas populações formadas de milhares de plântulas, as quais são submetidas à seleção. Este número muda de acordo com o programa considerado, variando de forma geral, 20.000 a 540.000. As taxas de seleção empregadas nas etapas iniciais variam de acordo com a população considerada e com a forma que a seleção é praticada. Porém, nestas etapas ainda não é possível avaliar os genótipos em experimentos com várias repetições e locais, devendo-se selecionar com alta intensidade apenas os caracteres de alta herdabilidade, minimizando a possibilidade de descartar genótipos superiores (Matsuoka et al. 1999).

Grande parte dos programas de melhoramento de cana-de-açúcar do mundo tem aplicado intensidades por volta de 10 a 30%, porém tais valores não podem ser generalizados, pois variam de acordo com a função de cada população segregante considerada e com o caráter selecionado. À medida que as etapas do programa avançam, torna-se possível intensificar a seleção de caracteres mais sujeitos a influência ambiental, como produção de colmos e açúcar por hectare. Obviamente, o tempo gasto varia de acordo com o programa, mas usualmente é cerca de doze anos (Matsuoka et al. 1999).

Atualmente, o setor conta com quatro programas de melhoramento genético atuantes: Copersucar, IAC, Ridesa (rede formada principalmente pelas universidades federais que absorveram parte do patrimônio do extinto IAA/Planalsucar) e CanaVialis. Atualmente diversos genótipos estão disponíveis, principalmente adaptados às condições da região sudeste, dentre eles podemos citar: RB72454, RB835486, RB835089, RB835054, RB845210, RB845257, RB855035, RB855113, RB855156, RB855453, RB855536, RB867515, SP79-1011, SP80-1842, SP80-1816, SP80-1836, SP80-3280, SP81-3250, SP83-2847, SP89-1115, SP91-1049, IAC86-2210, etc.

3.2. Ferrugem da Cana-de-açúcar.

3.2.1. História e Importância Econômica.

A ferrugem da cana-de-açúcar, causada pelo fungo, *Puccinia melanocephala* H. & P. Syd foi identificado pela primeira vez na Índia em 1907 ocorrendo em *Erianthus ravennae* (L.) P. Beauv. (Cummins, 1953; Sathe,1971). Em 1944 foi redescoberto atacando desta vez *Erianthus rupifilus* (Stend.) Griseb (= *Erianthus fulvus*) e sendo classificado como *P. kuehnii* por Padwick & Khan (1944). O primeiro relato de sua ocorrência em cana-de-açúcar na literatura, foi feito por Patel et al (1950), na Índia, porém foi classificado como *P. sacchari*. Sua identificação foi finalmente aceita na Índia, após um trabalho conduzido por Kandasami & Vijayalakshmi (1959). Mais tarde pesquisas concluíram que todos estes surtos foram causados pelo mesmo fungo, *Puccinia melanocephala*.

O primeiro surto de ferrugem que pode ser confirmado, ocorreu na África do Sul em 1941 (Bailey, 1979). Durante os anos setenta, surtos de ferrugem ocorreram no Japão e Taiwan (Ohtsu, 1975). Na Austrália a primeira epidemia foi constatada em 1978 (Egan & Ryan,1978), espalhando-se rapidamente pelos canaviais.

Nas Américas, o primeiro registro de ferrugem em cana-de-açúcar ocorreu em meados de 1978, no Caribe, sendo encontrado inicialmente na República Dominicana ocorrendo na variedade B4362 (Bernard, 1978). Em três meses a ferrugem foi identificada na Jamaica, Porto Rico (Koike et al, 1979) e Cuba (Sandoval, 1979). No período de um ano, grande parte dos canaviais do Caribe, Américas Central e do Norte e o norte da América do Sul foram infectados (Purdy et al, 1983; Purdy et al, 1985).

No Brasil, a doença foi constatada pela primeira vez no dia 26 de novembro de 1986, no município de Capivari-SP, pelo técnico agrícola José Deodato Perereira de Campos, da Coordenadoria de Fitopatologia do Centro de Tecnologia Copersucar, quando realizava inspeção fitossanitária de rotina em ensaios de competição de clones do Programa de Melhoramento Copersucar. A partir da região sudeste, disseminou-se rapidamente por toda a região meridional do país, onde encontrou condições favoráveis ao seu desenvolvimento e causando sérias preocupações aos produtores. Assume-se que o fungo *P. melanocephala* chegou ao Brasil através de correntes aéreas vindas da África (Sordi et al., 1988).

P. melanocephala, pode causar danos diretos e indiretos à cultura da cana-de-açúcar, diretos causados aos produtores e indiretos aos programas de melhoramento.

Como a ferrugem afeta o tecido foliar, tanto diminuindo a área verde como debilitando a folha, que acaba secando prematuramente, o seu efeito acaba se refletindo em colmos com “encarretelamento” do entrenós e bastante finos quando incidindo em colmos já formados, ou causando até a morte de perfilhos, quando afetando plantas novas.

Em genótipos suscetíveis pode ter um efeito bastante destrutivo podendo causar perdas de até 50% (Esquiavel, 1980). Moura *et al.* (1999) estimaram os danos e as perdas potenciais causadas pela doença nos canaviais paulistas entre os anos de 1987 e 1997 e concluíram que o pico da doença deu-se no ano de 1992, onde o potencial de danos estimado chegou a 8,74% e a as perdas a 107 milhões de dólares devido ao cultivo predominante de genótipos que não apresentavam níveis satisfatórios de resistência como a SP70-1143, SP71-6163, SP71-1406 e NA56-79. Se não houvesse ocorrido a substituição destes genótipos por outros com níveis satisfatórios de resistência, o prejuízo teria sido superior a US\$ 200 milhões/ano somente no estado de São Paulo (PMGCA, 1999).

Como danos indiretos temos o descarte de milhares de clones de cana-de-açúcar em fase de seleção, que por serem muito suscetíveis não conseguem resultados expressivos. Temos também a limitação na locação de genótipos em áreas de cultivo comercial, onde devemos evitar o

plântio de variedades que embora tenham ótimas qualidades agroindustriais são suscetíveis ou de reação intermediária, e que se localizadas em áreas de maior predisposição ao desenvolvimento da ferrugem, como baixadas, por exemplo, terão seu desenvolvimento suprimido acarretando em prejuízos.

O uso de variedades resistentes é a maneira mais racional e econômica para o controle da doença (Esquiavel, 1980; Ryan & Egan, 1989; Comstock et al., 1992; Raid & Comstock, 2000), embora existam outras maneiras para amenizar seus efeitos em plantas suscetíveis como o manejo da época de plantio e colheita (Giglioti & Matsuoka., 1999).

3.2.2. Sintomatologia e etiologia.

Sintomas: Pústulas na página inferior das folhas são amareladas a marrom-escuro, medem de 2 a 7mm de comprimento por 1mm de largura e mostram a formação de esporos subepidérmicos com ruptura da epiderme para sua liberação. Os esporos podem ser produzidos por um período considerável, dependendo das condições ambientais, principalmente da umidade relativa alta. Em variedades muito suscetíveis, as pústulas agrupam-se, formando placas de tecido necrosado o que pode resultar na morte prematura das folhas. Somente nas variedades suscetíveis é que as folhas mais novas são atacadas, em quanto que nas resistentes as manchas são poucas e pequenas, não evoluindo em seu tamanho. Muitas variedades apresentam reação de hipersensibilidade mostrando numerosos e pequenos pontos cloróticos no limbo foliar. Plantas muito atacadas têm crescimento retardado, com folhas queimadas e sem brilho (Sanguino & Toledo, 1983; Tokeshi, 1997).

Etiologia: *Puccinia melanocephala* produz uredósporos marrom-escuros, ovóides e elipsóides, densamente equinulados, com 4 a 5 poros germinativos equatoriais. Os teliosporos podem ser formar isoladamente ou em pústulas urediniais. São clavados, com célula distal dilatada, com parede espessa e ligeiramente constricta no septo. São lisos, marrom-escuros, com célula basal

mais clara, pedicelada. Os teliósporos são capazes de germinar, mas não infectam folhas de cana-de-açúcar, indicando que *P. melanocephala* não é autoécio e deve ter hospedeiro alternativo (Tokeshi, 1997).

3.2.3. Disseminação e condições para a ocorrência da doença.

A disseminação da ferrugem da cana-de-açúcar se dá principalmente pela ação dos ventos, respingos de água das chuvas e também através de materiais vegetais transportados pelo homem.

Os fatores que afetam a intensidade de infecção da cana-de-açúcar por *P. melanocephala* são a temperatura, a umidade, o estágio do desenvolvimento da planta, a luz, a resistência do hospedeiro, raças patogênicas, disponibilidade de inóculo, características do solo e nutrição da planta (Anderson et al., 1986; Pêros, 1993).

As condições de alta umidade relativa e temperatura entre 16°C e 30°C, sendo o ideal 21°C, favorecem a germinação, penetração e colonização do hospedeiro, sendo que altas temperaturas ou baixa umidade fazem com que os esporos percam viabilidade rapidamente. Em condições ideais as pústulas nas folhas aparecem entre 10 a 14 dias (Sanguino & Toledo, 1983).

Aparentemente as plantas com idade entre 3 e 5 meses são mais sensíveis ao ataque da doença que plantas com 6 a 8 meses, embora diversos autores considerem que sua maior sensibilidade ocorra na primeira metade de seu ciclo vegetativo, ou seja, dos 2 aos 8 meses de idade. Em cana planta as plantas apresentam maior sensibilidade do que em cana-soca (Sanguino & Toledo, 1983).

Em plantios em terras fracas e mal adubadas, os prejuízos são mais acentuados que em terras férteis ou com adubações equilibradas (Sanguino & Toledo, 1983).

3.2.4. Avaliação da doença.

O aspecto geral do canavial atacado apresenta uma coloração amarelada, aparentando problemas devido à nutrição mineral e falta de água (Anexo2.)(Sanguino & Toledo, 1983).

A cana-de-açúcar tem sido avaliada, nos diversos países onde ocorre, através da severidade da doença expressa em % de área foliar atacada (Purdy & Dean, 1981; Esquivel, 1982). Para tanto, diversas escalas de avaliação visual foram propostas, as quais utilizam critérios para a caracterização da resistência varietal. Frente à variabilidade de metodologias na literatura para a avaliação desta doença, foi desenvolvida na Coordenadoria de Fitopatologia do Centro de Tecnologia Copersucar, uma escala diagramática, baseada na reação apresentada por diversas variedades cultivadas no Estado de São Paulo (Amorim et al, 1987). A escala diagramática é composta por nove notas: 1) ausência de sintomas; 2) 0,5% área foliar atacada; 3) 1% área foliar atacada; 4) 5% área foliar atacada; 5) 10% área foliar atacada; 6) 25% of área foliar atacada; 7) 35% área foliar atacada; 8) 50% área foliar atacada; 9) mais que 50%, área foliar atacada (Anexo1.). A avaliação da severidade da doença é determinada no campo sendo feita na folha +3, ou seja na terceira folha de cima para baixo, onde é possível enxergar uma marca na base da folha da cana denominada “dewlap”.

No intuito de aumentar a precisão nas medições, foi desenvolvido o software COMBRO, que permite o treinamento de avaliadores e busca eliminar o efeito da subjetividade entre diferentes leituras. Além do treinamento, o software permite selecionar os avaliadores que demonstraram maior aptidão para esta tarefa (Canteri & Glioglioti, 1998)

3.2.5. Herança da Resistência.

Os genótipos modernos de cana-de-açúcar cultivados são complexos híbridos interespecíficos com número de cromossomos variando $2n= 100-130$, e possivelmente receberam a predisposição à doença de alguns clones de *S. officinarum*, a qual contribui com 90% do genoma das atuais variedades comerciais (Ramdoyal et al., 2000).

Resultados obtidos no estudo da herança da resistência a ferrugem não são conclusivos. Tai et al. (1981) sugerem que a resistência é parcialmente dominante e influenciada por vários genes de efeito maior (“major genes”), atuando em conjunto em uma via quantitativa. Afirmaram também que o componente materno é muito maior que o componente paterno, indicando que grande parte da variação é devido ao efeito não aditivo e ao ambiente.

Segundo Gonzalez et al. (1987), a herança da resistência a *P. melanocephala* é extremamente complexa, de nível intermediário e com forte efeito materno sobre a distribuição da população segregante.

Sordi et al. (1988) concluíram que nos programas brasileiros de cruzamentos, deve-se levar em consideração a reação dos progenitores, pois a característica de resistência à ferrugem é um fator de alta herdabilidade. Concluíram também que alguns progenitores resistentes, como a L60-14, Nco310 e a RB72454, conseguem transmitir esta característica com extrema eficácia, gerando progênes predominantemente resistentes, principalmente se tais variedades atuarem como mães nos cruzamentos.

Hogarth et al. (1993) afirmaram que a resistência à ferrugem é um caráter de alta herdabilidade, que 90% da variação genética é aditiva e que em um cruzamento onde os pais são resistentes, espera-se que a progênie seja preferencialmente resistente.

Daugrois et al. (1996), através do estudo de um mapa de restrição da variedade R570, sugeriram a presença de um possível, e talvez único, gene de efeito maior, localizado a 10cM do marcador CDSR29-H5, conferindo resistência à variedade acima citada. Além disso, devido ao grande número de classes observadas dentro da população suscetível e a grande associação do marcador em todas as medidas sugeriu-se a presença de um QRL (locos de resistência quantitativa).

Ramdoyal et al., (1996) reafirmaram que o estudo da herança da resistência à ferrugem não é simples e que poucos genes de efeito maior e alguns outros de efeito menor podem estar envolvidos neste caso.

Ramdoyal et al. (2000), mais recentemente, confirmaram a presença de um forte componente genético atuando na resistência à ferrugem, de caráter dominante e com forte efeito materno. Quando as progênies por eles estudadas foram separadas em duas classes (resistente e suscetível) uma proporção 3:1 foi observada sugerindo uma via monogênica, reforçando a idéia proposta anteriormente por Daugrois et al., 1995.

Asnaghi et al. (2000) em estudo desenvolvido com diversos isolados de *P. melanocephala* provenientes do Brasil, Colômbia, Flórida, Guadalupe e Zimbábue, constataram que a variedade R570 apresentou resistência para ambos os isolados sugerindo que um único gene ou uma única região cromossômica, poderia estar envolvida na resistência contra todos os isolados testados.

4. MATERIAL E MÉTODOS.

4.1. Progenitores.

Os genótipos utilizados para obtenção das populações segregantes analisadas neste trabalho foram:

Variedades resistentes

RB72454 (*CP53-76 x ?*):

Características Agroindustriais: Apresenta alta produção em cana-planta e soca, pouco exigente em solos, brotação de soqueira e perfilhamento médios, pouco florescimento e chochamento, alto teor de sacarose, baixo teor de fibra e maturação tardia. Apresenta resistência à escaldadura-das-folhas e reação intermediárias ao carvão, mosaico e estrias vermelhas.

RB855595 (*SP70-1143 x TUC71-7*):

Características Agroindustriais: Apresenta alto teor de sacarose, alto perfilhamento e boa brotação de soqueira. É de maturação precoce e nas condições de São Paulo apresenta florescimento. Possui colmos finos o que acarreta em um baixo TCH. É suscetível à seca e a Falsa estria vermelha e apresenta resistência ao carvão e ao mosaico.

RB855536 (*SP70-1143 x RB72454*):

Características Agroindustriais: Apresenta alta produção em cana-planta e soca, pouco exigente em solos, ótima brotação de soqueira, perfilhamento alto, não apresenta florescimento e

chochamento, alto teor de sacarose, baixo teor de fibra e maturação média. Apresenta resistência ao carvão, escaldadura–das-folhas e reação intermediária ao mosaico e estrias vermelhas.

RB855113 (*SP70-1143 x RB72454*):

Características Agroindustriais: Apresenta alta produção em cana-planta e soca, pouco exigente em solos, ótima brotação de soqueira, perfilhamento alto, não apresenta florescimento e chochamento, alto teor de sacarose, baixo teor de fibra e maturação média. Apresenta resistência ao carvão, escaldadura–das-folhas e estrias vermelhas e reação intermediária ao mosaico.

Variedades suscetíveis:

RB835486 (*L60-14 x ?*):

Características Agroindustriais: Apresenta alta produção em cana-planta e soca, média exigência em solos, ótima brotação de soqueira, perfilhamento médio, florescimento médio e pouco chochamento, altíssimo teor de sacarose, médio teor de fibra e maturação precoce. Apresenta resistência ao mosaico e escaldadura–das-folhas, reação intermediária ao carvão e estrias vermelhas.

RB825055 (*L60-14 x NCo310*):

Características Agroindustriais: Baixo vigor, boa produtividade em cana planta e soca, apresenta alto teor de sacarose, maturação precoce, diâmetro de colmo médio e porte ereto. Apresenta resistência ao mosaico.

SP70-1143 (*IAC48-65 x ?*):

Características Agroindustriais: Alta produtividade em cana-planta, alto vigor de crescimento, pouco exigente em solos, maturação tardia, médio teor de sacarose, florescimento médio e pouco chochamento. Apresenta resistência ao mosaico e ao carvão.

RB835867 (*RB72454 x NA56-79*):

Características Agroindustriais: Apresenta maturação média, pouco florescimento, alto teor de sacarose, porte ereto, bom diâmetro de colmo, muito exigente em solos, produtividade regular a fraca em cana soca e conseqüentemente baixo TCH.

NA56-79 (*Co419*):

Características Agroindustriais: Apresenta boa produtividade em cana planta e soca, alto teor de sacarose, boa brotação de soqueiras e maturação precoce. Apresenta suscetibilidade ao raquitismo-das-soqueiras e ao carvão e resistência ao mosaico.

SP71-6163 (*NA56-79 x ?*):

Características Agroindustriais: Apresenta boa produtividade em cana planta e soca, média exigência em solos, maturação média, pouco florescimento, alto teor de sacarose. Suscetível ao amarelinho e intermediária ao carvão.

4.2. Hibridação e Obtenção das Populações Segregantes.

Os cruzamentos biparentais foram realizados na Estação de Florescimento e Cruzamento da Serra do Ouro (EFCSO), pertencente à Universidade Federal de Alagoas situada no município de Murici, Alagoas (9° latitude). Essa estação tem como peculiaridade o fato de ser um dos únicos locais do Brasil onde ocorre o florescimento satisfatório e regular da maioria das espécies e híbridos da cana-de-açúcar além de boas condições de fecundidade (PMGCA, 1997). Os cruzamentos foram realizados entre os meses de abril e maio de 1998, 2000 e 2001.

Para realização dos cruzamentos é necessária a realização de uma operação conhecida como censo de panículas, onde é feito um levantamento da quantidade de flores aptas a entrar no processo de hibridação, por variedade. As panículas que apresentavam deiscência ou cujo estigma estava exposto eram desconsideradas.

Para cada cruzamento, foram coletados em um balde de vinte litros, contendo uma solução nutritiva de manutenção (150 ppm SO_2 , 75 ppm H_3PO_4 , 37,5 ppm H_2SO_4 e HNO_3), quatro colmos por variedade que foram imediatamente etiquetados e tiveram suas folhas podadas. As panículas foram transportadas para um galpão onde foram reagrupadas por cruzamento e em seguida foram colocadas em campânulas de hibridação para evitar fecundações não desejadas, onde permaneceram por vinte dias.

Após esse período, as sementes foram coletadas, sofreram deslintamento e dessecação e foram armazenadas a -10°C . A semeadura foi realizada em caixas plásticas (45x30x10cm), e quando atingiram o tamanho ideal, as plântulas foram individualmente transplantadas para copos plásticos de 180ml. O substrato utilizado era composto de solo, areia e matéria orgânica na proporção de 1:1:1. As plântulas foram mantidas no pátio até pleno enraizamento sofrendo um regime de podas constantes das folhas a fim de evitar o estiolamento.

Oito populações segregantes F1 com 230, 226, 148, 129, 298, 125, 156, e 238 indivíduos foram obtidas dos cruzamentos RB72454 x RB855595 (RxR), RB855595 x RB72454 (RxR), RB72454 x RB835486 (RxS), RB855536 x NA5679 (RxS) RB72454 x SP716163 (RxS), RB855113 x SP701143 (RxS), SP70-1143 x RB825055 (SxS) e RB835867 x SP701143(SxS), respectivamente. Considerando a resistência dos progenitores à ferrugem, foram avaliados dois cruzamentos entre genótipos resistentes, quatro cruzamentos entre genótipos resistentes e suscetíveis e dois cruzamentos entre genótipos suscetíveis. Dois genótipos foram envolvidos em cruzamentos recíprocos para avaliar o efeito materno.

4.3. Estabelecimento do primeiro experimento em campo.

As oito populações segregantes, totalizando 1,550 indivíduos foram transplantadas para o campo em 22/10/2001. As plântulas de cada população segregante foram transplantadas para com espaçamento de 0,5 metro entre plantas, em sulcos convencionais distanciados entre si em 1,40 metros (Matsuoka et al., 1999). Em cada sulco de cada população segregante foram plantados ao acaso os respectivos progenitores. Como bordadura do experimento foram utilizados quatro sulcos da variedade suscetível SP79-1011.

4.4. Fenotipagem das populações segregantes do primeiro experimento em campo.

A avaliação foi realizada em 22/08/2002 quando as plantas estavam com dez meses de idade. A porcentagem de área atacada pela ferrugem foi estimada utilizando a escala padrão desenvolvida por Amorim et al. (1987). Com a intenção de minimizar o efeito da subjetividade durante a avaliação da doença, os avaliadores foram submetidos a um treinamento no software COMBRO. A estimativa de severidade da doença foi feita na folha +3 em três colmos de cada touceira e a nota do genótipo avaliado foi a média das três leituras.

4.5. Estabelecimento do segundo experimento .

Para a instalação deste segundo experimento foram utilizadas quatro populações segregantes avaliadas no primeiro experimento, totalizando 759 indivíduos. As populações avaliadas foram: RB72454(R) X RB855595(R) (230 indivíduos), RB855595(R) x RB72454(R) (226 indivíduos), RB72454(R) X RB835486(S) (148 indivíduos) e SP70-1143(S) x RB825055(S) (155 indivíduos). O experimento foi instalado em uma área pertencente ao CCA–UFSCar contando com duas repetições. As plantas foram cultivadas em parcelas de um metro e meio de comprimento, onde foram divididas por cruzamento. A cada quatro parcelas foram plantadas linhas infectoras das variedades RB725828 e RB735275, altamente suscetíveis à ferrugem, para intensificar a infecção natural das plantas e uniformizar a quantidade de inóculo disponível para cada genótipo a ser avaliado. Ao final de cada família foram plantadas 5 parcelas de cada progenitor. Como bordadura do experimento foi utilizada a variedade SP70-1011.

4.6. Fenotipagem das populações segregantes do segundo experimento.

Seis meses após o plantio, quando as plantas estavam na idade de maior predisposição à doença e quando as condições ambientais favoreciam o desenvolvimento de *P. melanocephala*, o segundo experimento foi avaliado. Três folhas +3 foram avaliadas em três diferentes touceiras que compunham a parcela de cada genótipo. A média das nove folhas avaliadas, representava a severidade do ataque em cada parcela ou genótipo.

4.7. Análises Estatísticas.

As notas obtidas para cada genótipo avaliado, em cada experimento, foram utilizadas na construção de histogramas que representam a distribuição de frequência dos indivíduos nas classes fenotípicas observadas.

A hipótese de segregação mendeliana para um gene dominante foi testada no programa Gene (Cruz, 2001), através do procedimento teste do qui quadrado. Neste caso assumiu-se que os indivíduos que não apresentassem a doença (nota 1) formariam a classe dos indivíduos resistentes enquanto que todos os demais indivíduos que apresentassem a doença (notas 2-9) formariam a classe dos indivíduos suscetíveis.

Na segunda avaliação, um modelo simples de análise de variância foi utilizado para estudar as famílias (Tabela 1). A variância fenotípica (σ^2_P) é a soma dos componentes genéticos e ambiental ($\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_E$), onde a variância genética foi determinada através da subtração da variância ambiental dividido pelo número repetições, do quadrado médio das famílias $\sigma^2_G = MS_f - \sigma^2_E/Rn$ e σ^2_E foi derivada da soma dos quadrados do resíduo. O valor de F foi calculado dividindo-se o quadrado médio, tanto para famílias quanto para repetições, pelo quadrado médio do resíduo. Foram calculadas também a variância das notas recebidas pelos progenitores utilizados.

Tabela 1. Modelo de análise de variância aplicado aos resultados da segunda avaliação em campo para análise da resistência à ferrugem da cana-de-açúcar.

Fatores Variação	gl	SQ	QM	F
Famílias	(F-1)	SQF	SQF/(F-1)	SQF/(F-1)/ SQE
Repetições	(R-1)	SQR	SQR/(R-1)	SQR/(R-1)/ SQE
Resíduo	[(T-F)-R]+1)	SQE	SQE	
Total	F+R+E	SQT		

5. Resultados.

5.1. Avaliação do primeiro experimento em campo.

Nesse primeiro experimento foram avaliados 1550 indivíduos pertencentes a oito populações segregantes. A distribuição dos indivíduos nas classes fenotípicas de resistência e susceptibilidade está representada em histogramas de frequência (Figura 1), onde nota-se que em cruzamentos onde o progenitor feminino era resistente, independente da reação do progenitor masculino, a progênie era composta por uma maioria de indivíduos resistentes.

A fim de testar a hipótese proposta por Daugrois et al. (1996), cada progênie foi dividida em apenas duas classes: resistentes (nota 1) e suscetíveis (notas 2-9), baseadas na ausência e presença de sintomas e submetida ao teste do qui quadrado. Dentre as oito progênies F1 analisadas, três apresentaram comportamento condizente com a hipótese levantada por Daugrois et al (1996) (Tabela2).

Tabela.2 Análise do qui-quadrado das progênies avaliadas na primeira avaliação em campo.

Famílias	Tipo	Progênie avaliada	Razão esperada	Razão observada	χ^2	Probabilidade (%)
RB72454xRB855595	RxR	230	3:1	2,77:1	0,284	59,4
RB855595x RB72454	RxR	226	3:1	1,89:1	11,9469	0,1
RB72454 x RB835486	RxS	148	1:1	1:1,05	0,1081	74,2
RB8355536 x NA5679	RxS	129	1:1	5,78:1	7,2583	0
RB72454 x SP716163	RxS	298	1:1	4,62:1	8,2729	0
RB855113 x SP701143	RxS	125	1:1	1,19:1	0,968	35,5
SP70-1143 x RB825055	SxS	156	1:15	1:21,2	0,109	74,1
RB835867 x SP70-1143	SxS	238	1:15	1:16	0,004	95

^aQui-quadrado(χ^2)= 3,84 ao nível de 5% de significância.

O resultado do teste do qui quadrado ($\chi^2=0,284$; $P=59,41\%$) da progênie do cruzamento RB72454 x RB855595 não se desviou da hipótese de um padrão de segregação 3:1 entre indivíduos resistentes e suscetíveis, o que não foi observado no cruzamento recíproco RB855595 x RB72454 ($\chi^2=11,95$; $P=0,05\%$), mesmo a progênie apresentando um desvio na frequência de indivíduos para a resistência.

Os cruzamentos envolvendo as variedades RB72454 e RB855595 apresentaram resultados que sugerem a ocorrência de um efeito materno por parte da variedade RB72454. Quando a RB72454 atuou como mãe nesse cruzamento observou-se uma proporção de 2,77:1 (R:S) e quando forneceu pólen apenas 1,89:1 (R:S).

As progênies dos cruzamentos RB72454 x RB835486 e RB855113 x SP70-1143 não apresentaram desvio de um padrão de segregação 1:1, $\chi^2=0,11$; $P=74,23\%$, $\chi^2=0,97$; $P=35,52\%$, respectivamente.

As progênies dos cruzamentos RB855536 x NA56-79 (R x S) e RB72454 x SP71-6163 (R x S) apresentaram razões inesperadas entre indivíduos resistentes e suscetíveis. Esperava-se encontrar uma razão de 1:1, porém para o cruzamento RB855536 x NA56-79 a razão observada foi de 5,78:1 e para o cruzamento RB72454 x SP71-6163 de 4,62:1.

Os cruzamentos SP70-1143 x RB825055 e RB835867 x SP701143 envolvendo apenas variedades suscetíveis não apresentaram desvio de frequência para a resistência e observou-se a ocorrência de segregação transgressiva, sendo observados 7 e 14 indivíduos, respectivamente, com reações à *P. melanocephala* diferentes de seus pais.

Para esses cruzamentos, foi testada como hipótese à ocorrência de segregação de dois genes recessivos, com razão esperada 1:15 entre indivíduos resistentes e suscetíveis. Os cruzamentos SP70-1143 x RB825055 e RB835867 x SP701143 apresentaram uma razão observada

de 1:21,2 e 1:16, respectivamente, e os resultados do teste do qui quadrado ($\chi^2=0,109$, $P=74,11\%$; $\chi^2=0,004$, $P=95\%$) condizem com a hipótese.

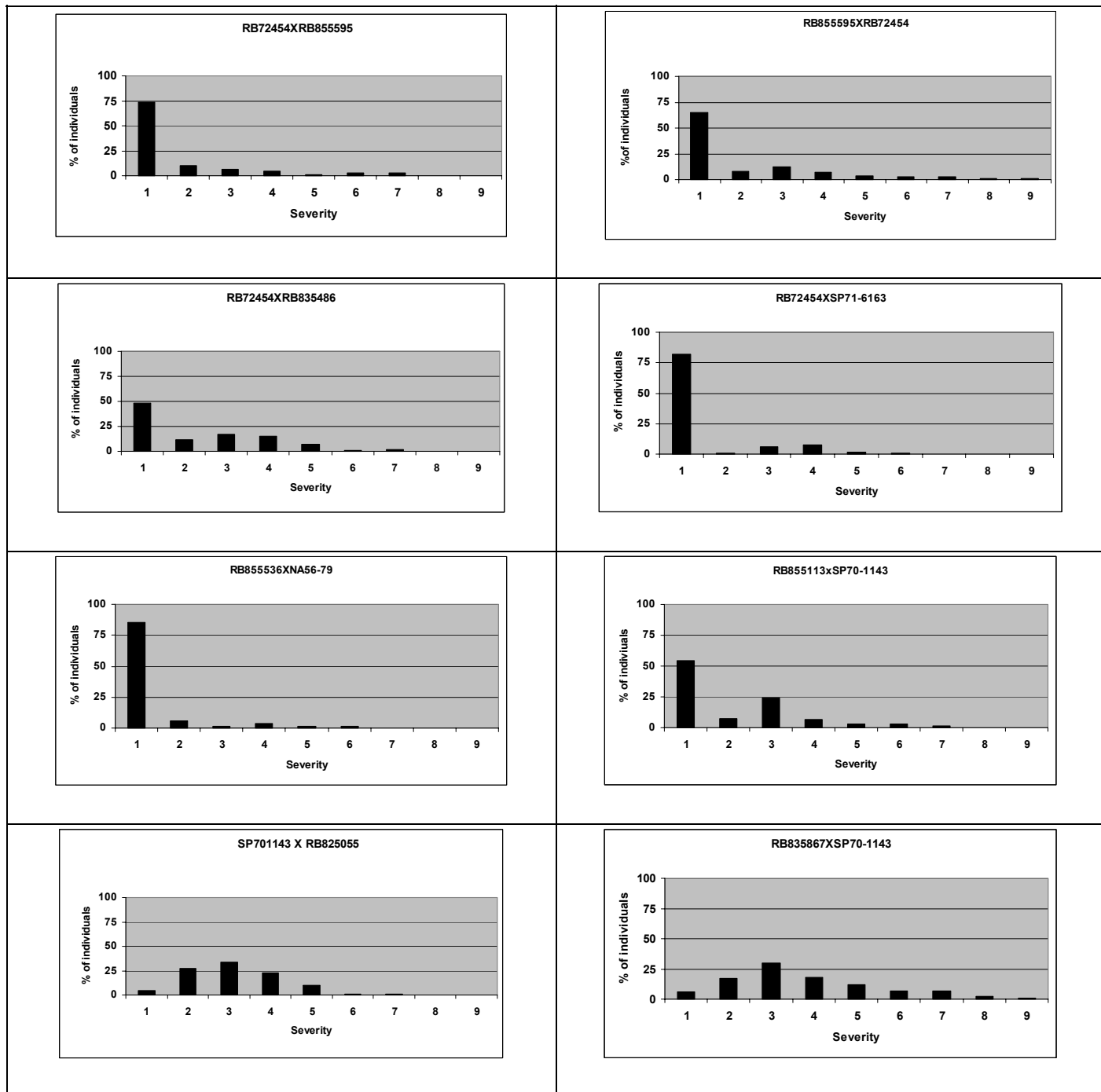


Figura 1. Distribuição de frequência dos genótipos avaliados nas oito populações segregantes de cana-de-açúcar, no primeiro experimento, nas classes de resistência e suscetibilidade a *P. melanocephala*.

5.2. Avaliação do segundo experimento em campo.

Essa segunda avaliação foi realizada nos meses de fevereiro e março de 2003, período onde o patógeno encontrou condições ideais de temperatura e umidade para o seu desenvolvimento, favorecendo assim a identificação dos fenótipos no campo.

Nesse segundo experimento, o principal objetivo foi comprovar o comportamento da variedade RB72454 como progenitora. Nesse ensaio, foram avaliadas quatro populações segregantes, com duas repetições, envolvendo os principais perfis de cruzamento, e totalizando 759 indivíduos. As notas novamente variaram de 1 a 9 (Figura 2).

As quatro famílias analisadas tiveram comportamento similar ao observado no primeiro experimento. Foram observadas pequenas diferenças na reação de alguns genótipos das classes suscetíveis quando se comparam os histogramas de frequência das populações que foram reavaliadas (Tabela 3).

Tabela 3. Análise do qui-quadrado das progênies avaliadas na segunda avaliação em campo.

Famílias	Tipo	Progênie avaliada	Razão esperada	Razão observada	χ^2	Probabilidade (%)
RB72454 x RB855595	RxR	230	3:1	2,77:1	0,284	59,41
RB855595 x RB72454	RxR	226	3:1	1,89:1	11,9469	0,05
RB72454 x RB835486	RxS	148	1:1	1:1,05	0,1081	74,23
SP70-1143 x RB825055	SxS	155	1:15	1:21,2	0,109	74,11

^aQui-quadrado(χ^2)= 3,84 ao nível de 5% de significância.

A variância estimada para os parentais variou de zero (nas variedades resistentes) à 0,25 (variedades suscetíveis). Quando se comparam os dados obtidos nas duas repetições pode-se notar que houve uma maior variação das notas atribuídas aos parentais no campo B (Tabela 4).

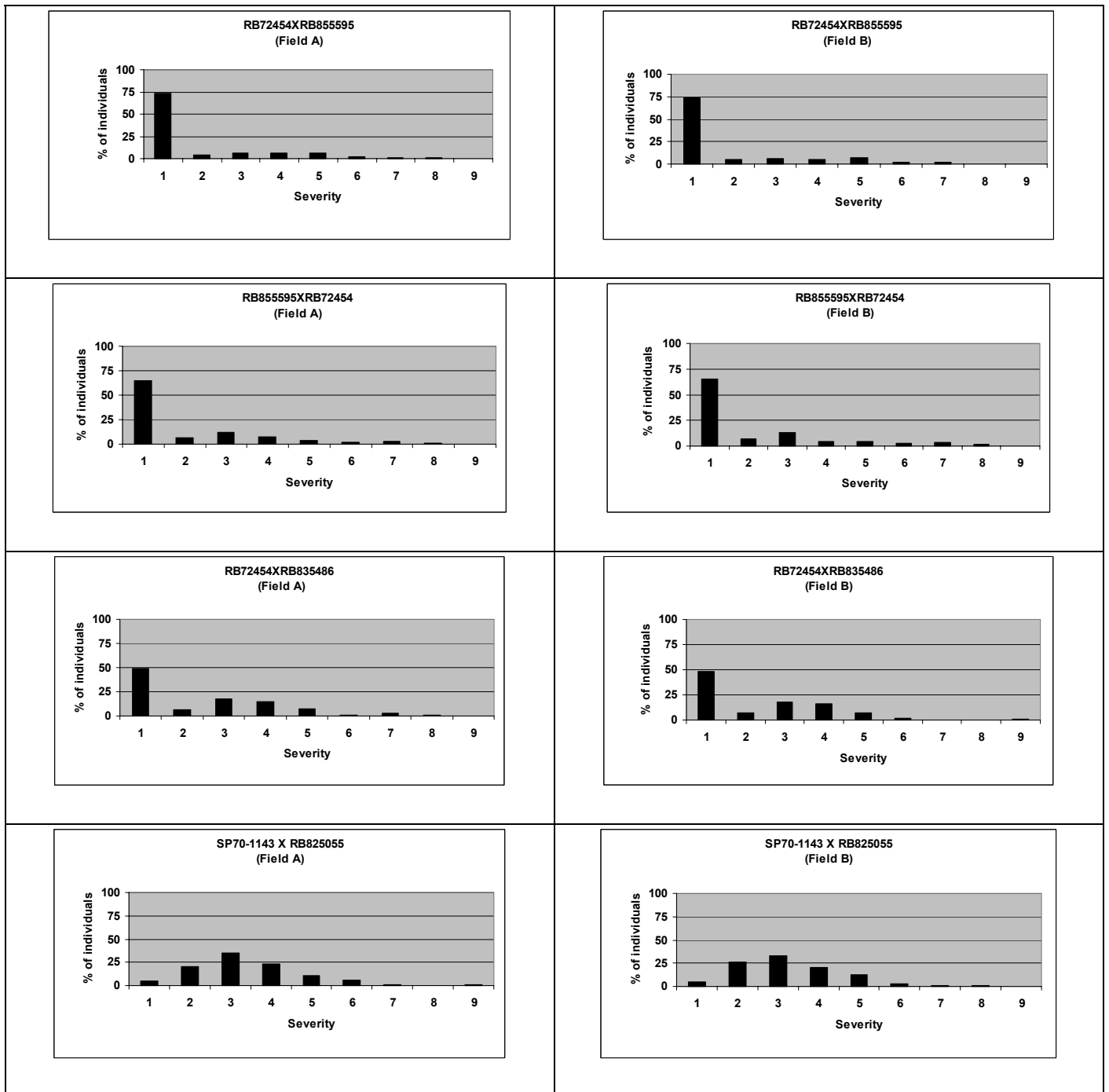


Figura 2. Distribuição de freqüência dos genótipos avaliados nas oito populações segregantes de cana-de-açúcar, no segundo experimento, nas classes de resistência e suscetibilidade a *P. melanocephala*.

Tabela 4. Variâncias estimadas para os progenitores avaliados no primeiro e no segundo experimento .

Progenitores	Primeira avaliação	Segunda avaliação (Campo A)	Segunda Avaliação (Campo B)	Média
RB855595	0	0	0	0
RB72454	0	0	0	0
SP70-1143	0,14	0,16	0,24	0,18
RB825055	0,12	0,16	0,24	0,17
RB835486	0,20	0,25	0,22	0,22

Tabela5. Resultados da análise de variância das progênes avaliadas no segundo experimento.

Fatores Variação	gl	SQ	QM	F
Famílias	3	67,8	22,61	2,81
Repetições	1	16,1	16,139	2,01^{ns}
Resíduo	1513	12170,03	8,038329	
Total	1517	12253,93		

A herdabilidade no sentido amplo (h^2_a) para a resistência à ferrugem foi de 0,69, estando de acordo com dados obtidos na literatura e indicando a presença de forte componente genético atuando neste caráter.

6. Discussão.

Os resultados obtidos pelo presente estudo sugerem que a herança da resistência à ferrugem observada em cultivares brasileiros é tão complexa quanto a herança de qualquer outro caráter em cana-de-açúcar e não difere muito dos padrões observados por diversos pesquisadores (Hogarth et al, 1993; Tai et al, 1981; Gonzalez et al, 1987, Ramdoyal et al, 2000).

A resistência a *P. melanocephala* é um caráter quantitativo onde genes de efeito menor são responsáveis pela distribuição de indivíduos nas classes de suscetibilidade (2-9) e um provável gene de efeito maior de caráter dominante responsável pela resistência completa (nota1).

A presença de um gene de efeito maior pode ter sido detectada na variedade RB72454 a qual se comportou como heterozigota para o locus avaliado, evidenciado pelos resultados nos cruzamentos com as variedades RB855595 (R) e RB835486 (S). Resultados similares foram obtidos por Daugrois et al (1996) e Ramdoyal et al (2000) que sugeriram a presença de genes de efeito maior nas variedades R570, M2077/778 e M937/77, procedentes dos programas de melhoramento das Ilhas Reunião e Maurícius, respectivamente.

A variedade RB855113 também apresentou resultado semelhante, comportando-se como heterozigota no cruzamento com a variedade SP70-1143. Recorrendo-se à sua genealogia, observa-se que esta variedade é filha de RB72454, assim como a RB855536 que apresentou uma razão observada muito superior à esperada.

Por outro lado, a variedade RB835486 que é filha de L60-14, variedade já citada anteriormente como excelente transmissora dessa característica (Sordi et al, 1988), não herdou a resistência completa de sua progenitora, recebendo notas entre 4 e 6 nas avaliações de campo. Observações de campo mostram que o ataque de *P. melanocephala* à variedade RB835486, principalmente na idade de maior predisposição à doença, acarreta uma redução no seu

desenvolvimento sendo necessário um manejo adequado de plantio e colheita, buscando evitar que a planta esteja com idade inferior a sete meses nas épocas mais favoráveis ao desenvolvimento do fungo, além de uma locação em áreas mais favoráveis, como baixadas.

A variância estimada para os parentais (Tabela 4) mostra que as variedades de cana-de-açúcar podem ser consistentemente classificadas como resistentes ou suscetíveis e pequenas mudanças nas notas estão confinadas aos genótipos suscetíveis devido à interação genótipo x ambiente.

A herdabilidade no sentido amplo calculada, ($h^2 = 0,69$), indica a presença de um forte componente genético atuando, e que a reação dos progenitores deve ser levada em conta na escolha de cruzamentos. Em cruzamentos envolvendo apenas progenitores resistentes, espera-se que a progênie seja predominantemente resistente.

A ocorrência de um efeito materno nos cruzamentos envolvendo as variedades RB72454 e RB855595, evidenciada pela razão observada entre indivíduos resistentes e suscetíveis, já foi documentada por outros pesquisadores em diversos cruzamentos como CP48103 x CP3479, CP3479 x CP5268, Co313 x CP3479, Co313 x NCo293 (Gonzales et al, 1987) e R570 x M1030/71 (Ramdoyal et al, 2000), sendo mais um aspecto da complexidade da herança da resistência à ferrugem da cana-de-açúcar. As progênies dos cruzamentos SP70-1143 x RB825055 e RB835867 x SP70-1143, ambos envolvendo apenas progenitores suscetíveis, apresentaram alguns genótipos resistentes indicando a ocorrência de segregação transgressiva. Vega & Frey (1980) relatam a ocorrência de segregação transgressiva em progênies derivadas de cruzamentos intra-específicos bem como em cruzamentos inter-específicos. Considerando que os híbridos modernos de cana-de-açúcar são derivados de combinações entre *Saccharum officinarum* e *S. spontaneum*, a ocorrência de segregação transgressiva pode ser explicada por mutação em decorrência da hibridação, ação complementar de genes presentes nas espécies ancestrais e ação de genes que, nas espécies selvagens mantinham-se heterozigotos (Rick & Smith 1953).

A ocorrência de mutação devido à ativação de elementos transponíveis do genoma já foi demonstrada em *Drosophila* (Engles, 1983). Evidências, que reforçam as duas outras hipóteses podem ser encontradas em diversos experimentos envolvendo diversas espécies vegetais (Rick & Smith, 1953; Vega & Frey, 1980; De Vicente & Tanksley, 1993). Em cana-de-açúcar a ocorrência de segregação transgressiva já foi observada por Tai et al. (1981) e Gonzalez et al (1987).

Nos casos observados no presente trabalho, a explicação que melhor se encaixa é a terceira. A hipótese levantada para a ocorrência de indivíduos transgressivos foi à segregação de quatro genes recessivos, e as razões observadas nas duas progênies em questão não se desviaram da razão esperada de 1:15.

Como atividades futuras, propõe-se a realização de novos cruzamentos, envolvendo principalmente a variedade RB72454, com o objetivo principal de proceder o mapeamento deste possível gene de efeito maior com marcadores moleculares microsátélites.

7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Amorim, L.; Bergamim Filho, A.; Sanguino, A.; Cardoso, C.O.M.; Moraes, V.A.; e Fernandes, C.R. (1987) Metodologia de avaliação da ferrugem da cana-de-açúcar *Puccinia melanocephala*. Boletim Técnico Copersucar 39:13-16.

Anderson, D. L. and Dean, J.L. (1986) Relationship of rust severity and plant nutrients in sugarcane. *Phytopathology* 76 (6):581-585.

Asnaghi, C.; D'Hont, A.; Glaszmann, J.C. and Rott, P. (2001) Resistance of sugarcane cultivar R570 to *Puccinia melanocephala* isolates from different geographic locations pathogenicity. *Plant Disease* 85: 282-286.

Bailey, R.A. (1979). Sugarcane rust in South Africa. *Sugarcane Pathol. Newsl.* 22: 42-43.

Benda, G.T.A. (1987). Breeding for disease resistance. In: Heinz DJ (ed) *Sugarcane improvement through breeding*. Elsevier, Amsterdam, pp 160-179.

Bernard, F.A. (1978). Roya de la cana de azucar. *El Canero* 7(8-9): 1-7.

Bernard, F.A. and Liu L.J. (1980). Rust reactions of sugarcane in Dominican Republic. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol* 17: 1393-1396.

Bremer, G. (1961). Problems in breeding and cytology of sugarcane. *Euphytica* 10: pp.59-78.

Boletim Técnico Copersucar (1986) Ferrugem da cana de açúcar e sua constatação no município de Capivari. Edição especial, 8pp.

Canteri M.G. and Giglioti E.A. (1998) COMBRO: um software para seleção treinamento de avaliadores da ferrugem e do complexo broca-podridões em cana-de-açúcar. *Summa Phytopathologica*, 24:190-192.

Comstock J.C.; Shine Jr. J.M and Raid R.N. (1992). Effect of early rust infection on subsequent sugarcane growth. *Sugarcane* 4:7-19.

Comstock J.C.; Wu, K.K. and Schnell R.J. (1992) Heritability of resistance to sugarcane rust. *Sugarcane* 6:7-10.

Cruz, C.D. (2001) Teste de qui quadrado. In: Cruz C.D. (ed) Programa Genes: Aplicativo Computacional em Genética e Estatística. Editora UFV, Viçosa, pp 571-579.

Cummins, G.B. (1953). The species of *Puccinia* parasitic on the Andropogoneae . *Uredineana*. *Encycl. Mycol.* 4: 5-89.

Daugrois, J.H.; Grivet, L.; Roques, D.; Hoarau, J.Y.; Lombard, H.; Glazmann, J.C. and D'Hont, A. (1996). A putative major gene for rust resistance linked with a RFLP marker in sugarcane cultivar 'R570'. *Theoretical and Applied Genetics* 92: 1059-1064.

De Vicente, M.C. and S.D. Tanksley (1993). QTL analysis of transgressive segregation in an interspecific tomato cross. *Genetics* 134:585–596.

D'Hont, A.; Rao, P.; Feldmann, P.; Grivet, L.; Islan-Faridi, N.; Berding, N.; Glaszmann, J.C. (1995). Identification and characterization of intergeneric hybrids, *Saccharum officinarum* x *Erianthus arundinaceus*, with molecular markers and in situ hybridization. *Theor. Appl. Genet.* 91: 320-326.

Dinardo-Miranda, L.L.; Silva M.A.; Landell, M.G.A. and Campana (1998). Reação de clones IAC à ferrugem. *Summa Phytopatológica* 24: 34-36

Eksomtramage, T.; Paulet, F.; Noyer, J.L.; Feldmann, P.; Glaszmann, J.C. (1992) Utility of isoenzymes in sugarcane breeding. *Sugar Cane.* 3: 14-21.

Esquiavel, R. E (1980) La roya de La Caña de Azúcar *Puccinia* spp. Aspectos Basicos Y Revision de La Situaction Actual. *Geplacea*, México, 41p.

Esquiavel, R. E. (1982) A ferrugem da cana-de-açúcar *Puccinia* spp. e sua importancia nos países produtores da cana do continente Americano. I Seminário de Tecnologia Agrônômica, Copersucar Piracicaba.p. 103-104.

Garcia, A.F.G.; Matsuoka, S.; Souza Jr., C.L.; Souza, A.P.; Lima, M.L.A. (1999) Diversidade e base genética das variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* L. spp.) brasileiras. In: Anais do 45 Congresso Brasileiro de Genética, Gramado, 22: p.686.

Giglioti E.A and Matsuoka S. (1999) Management of sugarcane rust: horizontal resistance and environmental factors. In: Resumos Fitopatologia Brasileira 24 (supl): 279. XXXII Congr. Bras. de Fitopatologia, Curitiba, Brasil.

Glaszmann, J.C.; Noyer, J.L.; Fautret, A.; Feldmann, P. ; Lanaud, C. (1989) Biochemical genetic markers in sugarcane. Theor. and Appl. Genet. 78: 537-543.

Gonzalez, V.; Manzana, A.; Ordosgoitti, A. and Salazar P. (1987) Genética de la reaccion de la caña de azucar (*Saccharum spp*) a *Puccinia melanocephala*, causante de la roya. Agronomia Tropical 37: 99-116.

Grivet, L. and Arruda P. (2002) Sugarcane genomics: depicting the complex genome of an important tropical crop. Current Opinion in Plant Biology 5: 122-127.

Hogarth D.M; Ryan, C.C. and Taylor P.W.J. (1993) Quantitative inheritance of rust resistance in sugarcane. Field Crops Research 34: 187-193.

Hsich, W.H.; Lee, C.S. and Chan, S.L. (1977). Rust disease in Taiwan: The causal organism *Puccinia melanocephala* Sydow. Taiwan Sugar. 2:416-419.

Jannoo, N; Grivet, L.; Seguin, M.; Paulet, F.; Domaingue, R.; Rao, P.S.; Dookum, A.; D'Hont, A. and Glaszmann, J.C. (1999). Molecular investigation of the genetics base sugarcane cultivars. Theor. and Appl. Genet. 99: 171-184.

Junqueira, A.A. e Dantas, B. (1964). A cana-de-açúcar no Brasil. In: Malavolta, E. et al.(eds) Cultura e adubação da cana-de-açúcar. São Paulo: Instituto de Brasileiro de Potassa, pp. 27-60.

Koike, H.; Pollack, F.B.; Lacy, S. and Dean, J.L. (1979). Rust of sugarcane in the Caribbean. Plant Dis. Rep 63:253-255.

Lima, M.L.A.; Garcia, A.A.F.; Oliveira, K.; Matsuoka, S.; Arizono, H.; Souza Jr, C.L and de Souza, A.P. (2002) Analysis of Genetic similarity detected by AFLP and coefficient of parentage among genotypes of sugarcane (*Saccharum spp*). Theoretical and Applied Genetics 104: 30-38.

Lucchesi, A.A. Cana-de-açúcar. In: Castro, P.R.C.; Kluge, R.A (Ed). Ecofisiologia de culturas extrativas: Cana-de-açúcar; Seringueira; Coqueiro; Dendezeiro e Oliveira. Editora Stoller do Brasil, Cosmópolis, pp 13-46, (2001).

Matsuoka, S. (1991) The contribution of man-made varieties to the sugar cane industry in São Paulo. Ciência e Cultura. 43: 282-289.

Matsuoka, S.; Bassinello A.I.; Martins, S. and Arizono, H. (1994a) A retrospective analysis of crop damage caused by sugarcane rust in Brazil. II. Losses in summer planted cane. Current trends in sugarcane pathology 1: 19-27.

Matsuoka, S.; Bassinello, A.I.; Martins, S. and Arizono, H. (1994b) A retrospective analysis of crop damage caused by sugarcane rust in Brazil. II. Losses in spring planted cane. Current trends in sugarcane pathology 1: 27-35

Matsuoka, S.; Garcia A.A.F.; Arizono, H. (1999) Melhoria da cana-de-açúcar. In: Borém, A. (ed.) Melhoria de espécies cultivadas. 2.ed. Editora UFV, Viçosa, pp.205-251.

Miocque, J.Y.J. and Machado Jr., G.R. (1977). Review of sugarcane varieties and breeding in Brazil. Sugarcane J., p.9-13.

Moura, G.L; Gheller, A.C.A.; Matsuoka, S. and Giglioti E.A. (1999). The Impact of Rust (*P.melanocephala*) on Sugarcane Production in the State of São Paulo. Resumos Fitopatologia Brasileira 24 (supl): 279. XXXII Congr. Bras. de Fitopatologia, Curitiba, Brasil.

Ohtsu, Y. (1975). Rust disease of sugarcane on Tanegashima Island. Annu. Rep. Foundation Sugarcane Seed Stn., Min. Agric. Kagoshima. Japan.

Patel, M.K.; Kamat, M.N. and Padhye Y.A. (1950). A new record of *Puccinia* on sugarcane in Bombay. Current Science 19:121-122.

Padwick, G.N. and Khan, A. (1944). Notes on Índia fungi II. Commonwealth Mycological Institute. Kew. Mycol. Papers. 10:10-11.

Patel, M.H.; Kamat, M.N. and Padhye, Y.A. (1950) A new record of *Puccinia* on sugarcane in Bombay. Curr. Scie. 19: 121-122.

Peros, J.P. (1993) Host and environmental influences on infection of sugarcane by *Puccinia melanocephala*. Sugar Cane 2: 13-17.

Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar. Relatório anual 1999. Araras, UFSCar/CCA/DBV, 2000.39p.

Purdy, L.H and Dean J.L. (1981). A system for recording data about the sugarcane rust/host interactions. Sugarcane Pathologists' Newsletter. 27: 35-40

Purdy, L.H.; Liu, L.J. and Dean J.L. (1983). Sugarcane rust a newly important disease. Plant disease 67: 1292-1296.

Purdy, L.H.; Liu, L.J. and Dean J.L. (1985). Introduction of sugarcane rust into the Americas and its spread to Florida. Plant Dis. 69:689-693.

Raid, R.N. and Comstock, J.C. (2000) Common rust. In: Rott P, Bailey RA, Comstock J.C.; Croft B.J. and Saumtally, A.S. (eds) A guide to sugarcane diseases. Cirad, Montpellier, pp 85-89.

Ramdoyal, K.; Sullivan, S.; Médan, H.; Badaloo, G.H.; Saumtally, S. and Domaingue, R. (1996) Trends in inheritance of rust (*Puccinia melanocephala*) in sugarcane. Sugarcane 3:19-23.

Ramdoyal, K.; Sullivan, S.; Lim Shin Chong, L. C. Y.; Badaloo, G. H.; Saumtally, S. and Domaingue, R. (2000) The genetics of rust resistance in sugarcane seedling populations. Theoretical and Applied Genetics 100: 557-563.

Rick, C.M. and P.G. Smith (1953). Novel variation in tomato species hybrids. Am. Nat. 88:359–373.

Ryan, C.C. and Egan, B.T. (1989). Rust. In: Ricaud, C., Egan B.T.; Gillaspie Jr, A.G. and Hughes, S.G. (eds) Diseases of sugarcane. Elsevier Amsterdam pp189-210.

Sandoval, I. (1979) *Puccinia erianthus* Padw & Khan, agent causal de la roya de la cana de azucar en Cuba : ATAC 42 nd Conf., pp. 152-163.

Sanguino, A. and de Toledo, A.C.D. (1983) Considerações sobre a ferrugem da cana-de-açúcar. Boletim Técnico Copersucar 22:25-28.

Sathe, A.V. (1971). Nomenclature revision of the common rust fungus affecting sugarcane. Curr. Scie. 40:42-43.

Sordi, R.A; Matsuoka, S.; Masuda, Y. and Aguilera, M.M. (1988) Sugarcane rust: a new problem in Brazil. Fitopatologia brasileira 13: 313-316.

Sordi, R.A.; Arizono, H. and Matsuoka, S. (1988) Indicadores de herdabilidade e avaliação da resistência de clones RB à ferrugem da cana-de-açúcar. Brasil açucareiro 106:18-23.

Sreenivasan, T.V.; Ahloowalia, B.S. and Heinz, D.J. (1987) Cytogenetics. In: Heinz DJ (ed) Sugarcane improvement through breeding. Elsevier, Amsterdam, pp211-253.

Tai, P.Y.P.; Miller, J.D. and Dean, J.L. (1981). Inheritance of resistance to rust in sugarcane. Field Crops Research 4: 261-268.

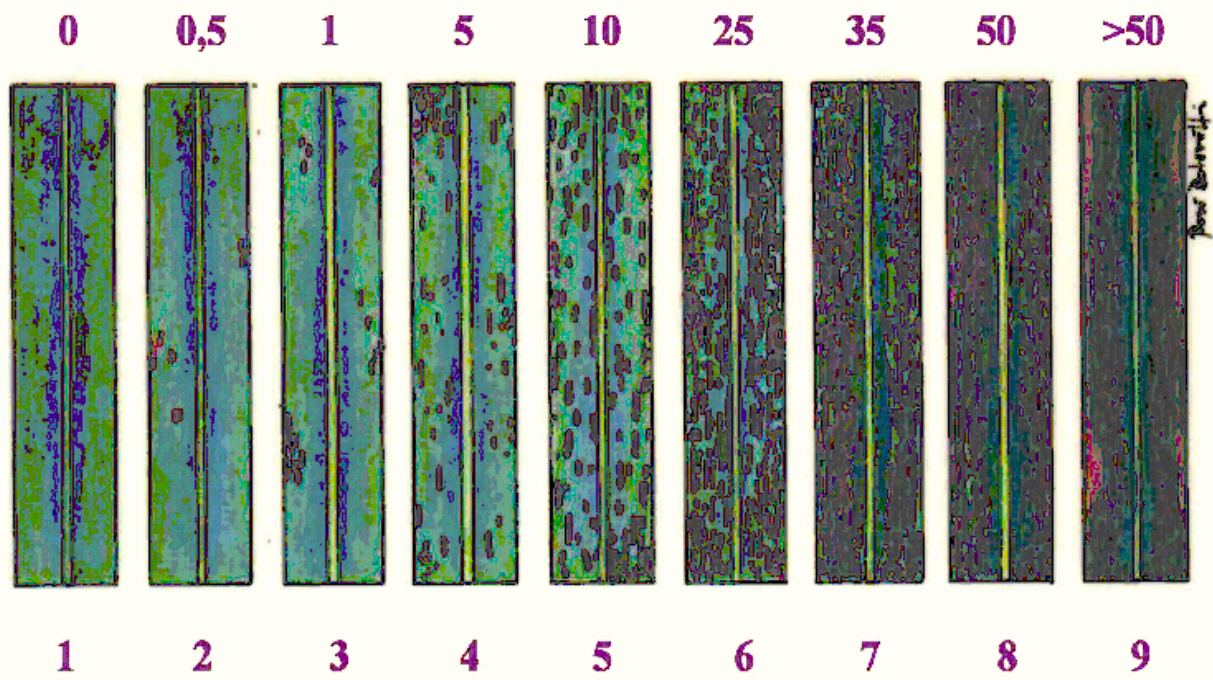
Tokeshi, H. Doenças da cana-de-açúcar. In: Kimati, H.; Amorim, L.; Bergamim Filho, A.; Camargo, L.E.A. and Rezende, J.A.M. (eds) Manual de Fitologia Volume 2 : Doenças das plantas cultivadas. 3ed. Ed. Ceres, 1997. pp. 207-232.

Vega, U. and Frey, K.J. (1980) Transgressive segregation in inter and intraspecific crosses of barley. *Euphytica* 29:585–594.

ANEXOS

Anexo1. Escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem da cana-de-açúcar

Área afetada (%)



Nota

DBV/CCA/UFSCar (Adaptado de AMORIM *et alii* (1987))

Anexo 2. Vista aérea de um canavial atacado por *P. melanocephala*.

