

**GHEYSA COELHO SILVA**

**SELEÇÃO DE CLONES RB DE CANA-DE-AÇÚCAR NO LITORAL SUL DA ZONA  
DA MATA DE PERNAMBUCO UTILIZANDO TÉCNICAS MULTIVARIADAS**

**RECIFE  
2008**

**GHEYSA COELHO SILVA**

**SELEÇÃO DE CLONES RB DE CANA-DE-AÇÚCAR NO LITORAL SUL DA ZONA  
DA MATA DE PERNAMBUCO UTILIZANDO TÉCNICAS MULTIVARIADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Melhoramento Genético de Plantas, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Melhoramento Genético de Plantas.

**COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:**

Professor Dr. Francisco José de Oliveira – Orientador – UFRPE

Professor Dr. Gerson Quirino Bastos – Co-orientador – UFRPE

RECIFE – PE, BRASIL

JULHO, 2008

**SELEÇÃO DE CLONES RB DE CANA-DE-AÇÚCAR NO LITORAL SUL DA ZONA  
DA MATA DE PERNAMBUCO UTILIZANDO TÉCNICAS MULTIVARIADAS**

**GHEYSA COELHO SILVA**

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora em: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_.

**ORIENTADOR:**

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Francisco José de Oliveira – UFRPE

**EXAMINADORES:**

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Clodoaldo José da anunciação Filho – UFRPE

---

Dr. Djalma Euzébio Simões Neto – EECAC/UFRPE

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Gerson Quirino Bastos – UFRPE

RECIFE – PE, BRASIL  
JULHO, 2008

Aos meus pais, Luís José da Silva e Josefa Berenildes Coelho Silva, pelo carinho, confiança, força para enfrentar os desafios e principalmente pelo amor insubstancial.

Amo vocês.

*In memória* a minha avó Emiliana Gomes, pelo carinho e estímulo deixado.

A meu irmão Gustavo Luís e meus amados sobrinhos, Sara Emiliana e Gustavo Willian por todos os momentos de intensa felicidade.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora pelo maravilhoso Dom da Vida, por estarem sempre comigo abençoando-me com amor, saúde e discernimento para respeitar, ajudar, compreender, amar e perdoar meus irmãos;

A Josefa Berenildes Coelho Silva, minha mãe e a Luís José da Silva meu pai, que com luta, mas principalmente com muito amor e dedicação me deram a educação sem a qual eu não poderia ter chegado até aqui.

As minhas tias Elmy e Maria José, pelo carinho e ajuda para minha formação de Eng<sup>a</sup>. Agrônoma.

Ao Prof<sup>o</sup>. Francisco José de Oliveira, pela orientação e principalmente pela paciência e dedicação durante o desenvolvimento deste trabalho e pelos anos de orientação durante o curso de graduação;

Aos Professores Clodoaldo José da Anunciação Filho e Gerson Quirino Bastos, pelo estímulo oferecido para iniciar o Doutorado antecipadamente;

As minhas amigas, Denise Santana, Solange França, Mabel de Souza, Jacineide Gabriel, Anailza Cristina, Gleiciane Oliveira, Janaína Vanessa e Márcia Ferreira, pela amizade, companheirismo e por todos os momentos inesquecíveis de descontração;

A meu amigo Bruno Toríbio, por todos os momentos de conquistas, realizações, quedas e ascensões que passamos durante todos esses anos que convivemos juntos principalmente no âmbito da Universidade Federal Rural de Pernambuco;

Aos colegas Cláudio Dias, Adônis, Filipe Reis, José Machado, Clausio, Fábio Ribeiro, Flávio Ricardo, Francisco, Winstom e César Marcolino (*In memória*), pelos momentos de estudos, reflexões, apoio mútuo, compreensão e agradável convívio;

Ao MSc. Luiz José Oliveira Tavares de Melo e ao técnico Gilberto Eduardo Ferreira da Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC/UFRPE), pelo indispensável apoio durante o desenvolvimento da pesquisa;

Aos estagiários Pedro Henrique e Wagner Dias, pela indispensável colaboração na obtenção e tabulação dos dados.

A Bernadete Lemos, secretária do Curso de Pós-Graduação em Agronomia “Melhoramento genético de Plantas” e a Cristiane Pinto, do corpo de funcionários do Departamento de Agronomia, pela atenção e rapidez no atendimento.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade de realização dos cursos de Graduação e Pós-Graduação;

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo auxílio financeiro recebido através do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Sustentável a Zona da Mata de Pernambuco (PROMATA), possibilitando a realização deste trabalho;

Ao Programa de Melhoramento da Cana-de-açúcar de Carpina (PMCCA/UFRPE/RIDESA), pela concessão dos genótipos e pelo apoio recebido;

A Usina Trapiche (PE), pelo indispensável apoio à realização da experimentação em campo;

Ao CNPq (Conselho Nacional de Apoio a Pesquisa), pela concessão de auxílio financeiro.

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO II - DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR UTILIZANDO TÉCNICAS MULTIVARIADAS

Páginas

<b>Tabela 1.</b> Identificação dos 18 genótipos de cana-de-açúcar quanto aos genitores e procedência. ....	53
<b>Tabela 2.</b> Médias dos caracteres número de colmos (NC), diâmetro de colmos (DC), altura de colmos (AC), peso médio de colmos (PMC) avaliados aos 12 meses, e tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de açúcar provável por hectare (TPH), pol % cana (PC), brix % cana (BC), fibra % cana (FIB) e pureza % caldo da cana (PUR), avaliados aos 14 meses de idade da cana-planta, teste F (tratamentos) e coeficiente de variação experimental (CVE%). PE, 2008. ....	65
<b>Tabela 3.</b> Estimativas das distâncias entre os 18 genótipos de cana-de-açúcar quantificadas pelo método das distâncias generalizadas de Mahalanobis ( $D^2$ ). PE, 2008. ....	66
<b>Tabela 4.</b> Importância relativa de dez caracteres agroindustriais para estudo da diversidade genética em 18 genótipos de cana-de-açúcar e parâmetros associados a esses caracteres. PE, 2008. ....	67
<b>Tabela 5.</b> Formação dos grupos de dissimilaridade pelo método de Tocher a partir das distâncias de Mahalanobis estimadas para sete variedades e onze clones RB de cana-de-açúcar, avaliados para dez caracteres agroindustriais. PE, 2008. ....	67

### CAPÍTULO III - CORRELAÇÕES E ANÁLISE DE TRILHA DE CARACTERES AGRONÔMICOS E TECNOLÓGICOS EM GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR

<b>Tabela 1.</b> Resumo da análise de variância e estimativas das médias (M), herdabilidade média ( $h^2_m$ ) e dos coeficientes de variação experimental (CVE) para os caracteres número de colmos (NC), diâmetro de colmos (DC), altura de colmos (AC), peso médio de colmos (PMC), tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de açúcar provável por hectare (TPH), pol % cana (PC), brix % cana (BC), fibra % cana (FIB) e pureza % caldo da cana (PUR), avaliados em cana-planta para 18 genótipos de cana-de-açúcar. Recife (PE), 2008. ....	88
--	----

<b>Tabela 2.</b> Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica ( $r_F$ ), genotípica ( $r_G$ ) e ambiental ( $r_E$ ) entre as variáveis número de colmos (NC), diâmetro de colmos (DC), altura de colmos (AC), peso médio de colmos (PMC) e tonelada de cana por hectare (TCH), avaliados em cana-planta em 18 genótipos de cana-de-açúcar. Recife (PE), 2008 .....	89
<b>Tabela 3.</b> Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica ( $r_F$ ), genotípica ( $r_G$ ) e ambiental ( $r_E$ ) entre as variáveis tonelada de açúcar por hectare (TPH), pol % cana (PC), brix % cana (BC), fibra % cana (FIB) e pureza % caldo da cana (PUR) avaliados em cana-planta para 18 genótipos de cana-de-açúcar. Recife (PE), 2008 .....	89
<b>Tabela 4.</b> Estimativas fenotípicas e genotípicas dos efeitos direto e indireto, que envolvem a variável principal dependente estimativa da tonelada de cana por hectare (TCH) e as independentes explicativas número de colmos (NC), altura de colmos (AC) e diâmetro de colmos (DC). Recife (PE), 2008.....	90
<b>Tabela 5.</b> Análise de trilha fenotípica e genotípica dos componentes de produção altura de colmos (AC) e diâmetro de colmos (DC) sobre peso médio de colmos (PMC). Recife (PE), 2008 .....	91
<b>Tabela 6.</b> Análise de trilha fenotípica e genotípica dos componentes tecnológicos brix % cana (BC), teor de fibra % cana (FIB) e pureza do caldo (PUR) sobre percentual de sacarose aparente (PC). Recife (PE), 2008.....	91
<b>Tabela 7.</b> Análise de trilha fenotípica e genotípica dos componentes toneladas de cana por hectare (TCH) e percentual de sacarose aparente (PC) sobre a produtividade em açúcar (TPH). Recife (PE), 2008.....	92



## LISTA DE FIGURAS

### **CAPÍTULO II - DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR UTILIZANDO TÉCNICAS MULTIVARIADAS**

Páginas

**Figura 1.** Dendograma ilustrativo do padrão de dissimilaridade, estabelecido pelo método das ligações médias (UPGMA), com base na distância de Mahalanobis (D2), para as sete variedades-padrões e 11 clones RB de cana-de-açúcar. PE, 2008. .... 68

### **CAPÍTULO III - CORRELAÇÕES E ANÁLISE DE TRILHA DE CARACTERES AGRONÔMICOS E TECNOLÓGICOS EM GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR**

**Figura 1.** Diagrama causal ilustrativo dos efeitos diretos e indiretos dos componentes de produção (Fig. 1a) altura do colmo (AC), diâmetro do colmo (DC) e número de colmos (NC) sobre toneladas de colmos por hectare (TCH); (Fig. 1b) AC e DC sobre peso médio de colmos (PMC); (Fig. 1c) componentes tecnológicos brix % cana (BC), fibra % cana (FIB) e pureza % caldo da cana (PUR) sobre o teor de açúcar (PC); (Fig. 1d) TCH e PC sobre a produtividade de açúcar (TPH). A seta unidirecional indica efeito direto de cada variável explicativa sobre a principal; a seta bidirecional representa a interdependência de duas variáveis explicativas, cuja magnitude é quantificada pela correlação genotípica ou fenotípica entre elas; e  $\mu$  para cada figura corresponde ao efeito residual. .... 87

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

RIDESA – Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do setor Sucroalcooleiro;  
IAC – Instituto Agrônomo de Campinas;  
CTC – Centro de Tecnologia canavieira;  
UFPR – Universidade Federal do Paraná;  
UFScar – Universidade Federal São Carlos;  
UFV – Universidade Federal de Viçosa;  
UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro;  
UFSE – Universidade Federal de Sergipe;  
UFAL – Universidade Federal de Alagoas;  
UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco;  
UFG – Universidade Federal de Goiás;  
UFMT – Universidade Federal do mato Grosso;  
PCC – pol na cana corrigido;  
NC - número de colmos;  
DC - diâmetro de colmos;  
PMC - peso médio de colmos;  
AC - altura de colmos;  
TCH - tonelada de cana por hectare;  
TPH - tonelada de pol por hectare;  
CV - coeficiente de variação experimental;  
PC - porcentagem aparente de sacarose;  
BC - brix % no caldo da cana;  
FIB - fibra % na cana;  
PUR - pureza % no caldo da cana;  
 $h_m^2$  – herdabilidade média;  
 $CV_G$  – coeficiente de variação genético;  
 $CV_E$  – coeficiente de variação ambiental;  
 $CV_G/CV_E$  – razão do coeficiente de variação genético pelo coeficiente de variação experimental;  
 $D^2$  - distâncias generalizadas de Mahalanobis;  
G – genótipo;

$S_j$ : contribuição da variável  $x$  para o valor da distância de Mahalanobis entre os genótipos  $i$  e  $i'$ ;

$r_F$  – correlação fenotípica;

$r_G$  – correlação genética;

$r_E$  – correlação ambiental;

$R^2$  – Coeficiente de determinação

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	VII
LISTA DE FIGURAS .....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS .....	X
CAPÍTULO I .....	I
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	16
1.1. CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS .....	16
1.2. IMPORTÂNCIA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO CENÁRIO NACIONAL .....	16
1.3. MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR .....	17
1.3.1. SELEÇÃO DE GENÓTIPOS NO PROCESSO DE MELHORAMENTO .....	21
1.4. VARIÂNCIAS E PARÂMETROS GENÉTICOS CONSIDERADOS EM PROCESSOS DE SELEÇÃO .....	21
1.4.1. HERDABILIDADE ( $h^2$ ) .....	23
1.5. CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES DE SELEÇÃO .....	24
1.6. ANÁLISE DE TRILHA .....	27
1.7. DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM CANA-DE-AÇÚCAR .....	29
1.7.1. ANÁLISE DE AGRUPAMENTO .....	32
2. REFERÊNCIAS .....	33
CAPÍTULO II .....	47
DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR UTILIZANDO TÉCNICAS MULTIVARIADAS .....	48
RESUMO .....	48
ABSTRACT .....	49
INTRODUÇÃO .....	49
MATERIAL E MÉTODOS .....	51
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	54
CONCLUSÕES .....	59
AGRADECIMENTOS .....	59
REFERÊNCIAS .....	60
CAPÍTULO III .....	69
CORRELAÇÕES E ANÁLISE DE TRILHA DE CARACTERES AGRONÔMICOS E TECNOLÓGICOS EM GENÓTIPOS DE CANA-DE- AÇÚCAR .....	71
RESUMO .....	71
ABSTRACT .....	72
1. INTRODUÇÃO .....	72

<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>73</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>76</b>
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>82</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>82</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>82</b>
<b>CONSIDERAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>94</b>
<b>INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE TRABALHOS NA REVISTA PAB .....</b>	<b>95</b>
<b>NORMAS DA REVISTA BRAGANTIA.....</b>	<b>105</b>

## RESUMO

Objetivou-se com este trabalho: (1) quantificar a divergência genética entre sete variedades-padrões e onze clones RB de cana-de-açúcar, por meio de técnicas uni e multivariadas, com base em dez caracteres agroindustriais. (2) avaliar as relações entre os caracteres agrônômicos e tecnológicos sobre a produtividade em cana e açúcar e identificar seus efeitos diretos e indiretos para auxiliar o processo de seleção de clones RB de cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido na área agrícola da Usina Trapiche - Sirinhaém/PE, durante o ano agrícola 2005/2006. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições e dezoito genótipos. Foram avaliados em cana-planta para a produção agrícola os caracteres NC, DC, AC, PMC e TCH. Para determinação das características tecnológicas foram mensuradas BC, PC, FIB, PUR e TPH. A distância generalizada de Mahalanobis foi utilizada como medida de dissimilaridade. Foram aplicados o método hierárquico de ligações médias (UPGMA) e o método de otimização de Tocher. Estimaram-se as correlações e fizeram-se as análises de trilha. Os resultados evidenciaram que a metodologia permite identificar genótipos de maior divergência genética para utilização em programas de melhoramento da cana-de-açúcar, permitindo sugerir possíveis cruzamentos entre os clones mais divergentes e produtivos RB992542 e RB992558 com a variedade SP79-1911 e do clone RB992558 com a variedade RB92579. Os caracteres PC, TCH, BC e AC foram os principais determinantes na quantificação da divergência genética. Os caracteres PMC, AC e DC devem ser considerados na seleção de clones RB visando melhoria na produtividade de cana-de-açúcar, assim como TCH e PC podem ser selecionados visando aumento da produtividade de açúcar. Indiretamente, a seleção via altura e diâmetro de colmos possibilita resposta eficiente para melhoria da produtividade de cana-de-açúcar.

**Palavras-chave:** *Saccharum* spp., análise multivariada, agrupamento, seleção de clones, caracteres da planta, pré-seleção.

## ABSTRACT

The work had as aimed (1): to quantify the genetic divergence between seven varieties patterns and eleven clones sugar-cane RB through techniques united and multivariate with base in ten characters agroindustrial.; (2) to evaluate the relationships among the agronomic and technological characters about the productivity in cane and sugar, and to identify your direct and indirect effects, to aid the process of selection of clones RB of sugar-cane. The experiment was developed in the agricultural area in sugar mill Trapiche - Sirinhaém-PE, during the agricultural year 2005/2006. The experimental design was randomized blocks with four repetitions and eighteen genotypes constituted by seven varieties patterns. Were appraised in cane-plant for the agricultural production the characters NC, DC, AC, PMC and TCH. To determinate of the technological characteristics BC, PC, FIB, PUR and TPH were measured. The widespread distance of Mahalanobis was used as dissimilarity measure. Were considered the correlations, and they were made the trail analyses. Were applied the hierarchical method of medium connections (UPGMA) and the method of optimization of Tocher. The results evidenced that the methodology allows to identify genotypes of larger genetic divergence for use in programs of improvement of the sugarcane, allowing to suggest possible crossings between the most divergent clones and productive RB992542 and RB992558 with the variety SP79-1911 and of the clone RB992558 with the variety RB92579. The characters PC, TCH, BC and AC were the main ones decisive in the quantification of the genetic divergence. The characters PMC, AC and DC should be considered in the selection of clones RB seeking improvement in the sugarcane productivity, as well as TCH and PC they can be selected seeking increase of the productivity of sugar. Indirectly, the selection through height and diameter of stems makes possible efficient answer for improvement of the sugarcane productivity.

**Key words:** *Saccharum* spp., multivariate analysis, grouping, selection of clones, characters of the plant, pre-selection.

## **CAPÍTULO I**

---

### **INTRODUÇÃO GERAL**



## 1. Introdução Geral

### 1.1. Características Botânicas

A cana-de-açúcar é uma planta semi-perene da família *Poaceae* e do gênero *Saccharum*. É uma planta de reprodução sexuada, preferencialmente por alogamia e quando cultivada comercialmente é propagada assexuadamente por meio de propagação vegetativa (MATSUOKA et al., 2005). Apresenta alta capacidade fotossintética e elevado desenvolvimento em regiões com temperaturas elevadas, justamente por possuir o metabolismo de carbono C4 (MACHADO et al., 1982; LARCHER, 2000).

É classificada como sendo um híbrido interespecífico poliplóide de *Saccharum* spp, sendo que o número de cromossomos freqüentemente excede a 100 ( $2n=>100$ ) (GLAZ et al., 2002). Diante disso, D'hont et al. (1996) relatam que a cana-de-açúcar possui um dos genomas mais complexos e que as cultivares utilizadas possui um genoma considerado amplo (~3000 Mbp) quando comparado com plantas modelos como o arroz (~430 Mbp).

As variedades de cana-de-açúcar atualmente plantadas são todas híbridas, geralmente de 6º a 10º geração, em cujas constituições genéticas predominam a contribuição de *Saccharum officinarum*, com participação de *S. spontaneum*, *S. sinensis* e *S. barberi*, e, em alguns, de *S. robustum* (MATSUOKA et al., 2005).

### 1.2. Importância da cana-de-açúcar no cenário nacional

Desde que foi introduzida no Brasil, a cultura da cana-de-açúcar tornou-se uma das principais atividades sócio-econômicas do país. No final do Século XX, o Brasil assumiu a posição de maior produtor mundial de cana-de-açúcar, de açúcar e de álcool (BALSADI et al., 1996). O Programa Nacional do Álcool, criado em 1979, foi um dos principais fatores que concorreram para que tal fato ocorresse, visto que, após a implantação do Pró-álcool, houve um aumento significativo na área de produção em todo o país (ANDRADE, 1985).

Atualmente, o setor sucroalcooleiro passa por um acelerado processo de crescimento, alavancado pela escassez das reservas de petróleo e pela preocupação da sociedade com a iminência de mudanças climáticas (BRASIL, 2007). A ocorrência desses fatores gera uma enorme pressão sobre o uso de combustíveis fósseis, considerados os principais responsáveis pelo aquecimento global. Com isso, aumenta a cada safra a demanda pelo álcool no Brasil e no exterior. A cana-de-açúcar é uma das melhores opções dentre as fontes de energia alternativa (CESNIK e MIOCQUE, 2004); apesar de não ser a única matéria-prima para produção do etanol, é a que estabelece a melhor relação custo-benefício (ANUÁRIO BRASILEIRO DA CANA-DE-AÇÚCAR, 2007).

Estima-se que a área ocupada com a cultura, atualmente no Brasil, na safra 2007/08 chegou a aproximadamente sete milhões de hectares, com uma produção superior a 547 milhões de toneladas, superando as safras anteriores (CONAB, 2007).

Nesse cenário, a região Nordeste ocupa a segunda posição no ranque da produção nacional com mais de 59,5 milhões de toneladas. Pernambuco se destaca com uma produção superior a 17,5 milhões de toneladas de cana destinada a indústria sucroalcooleira, cuja produção atual o classifica como segundo maior produtor do Nordeste. Portanto é indiscutível a importância da cana-de-açúcar para economia da Região Nordeste, particularmente para o Estado de Pernambuco (CONAB, 2007; ANUÁRIO DA CANA-DE-AÇÚCAR, 2007). A Zona da Mata Pernambucana, onde se localiza a principal região canavieira, apresenta grande diversificação de clima, solo e relevo, justificando a necessidade de intensa experimentação varietal, objetivando a seleção de clones que expressem características superiores, independentemente das condições ambientais (SIMÕES NETO et al., 1996).

### **1.3. Melhoramento Genético da cana-de-açúcar**

A cana-de-açúcar é um dos principais produtos no cenário econômico e social brasileiro, e o seu sucesso está ligado ao melhoramento genético com seleção de novas variedades (ROSSE et al., 2002). Segundo Barbosa et al. (2000), o melhoramento genético foi fundamental para o desenvolvimento do setor canavieiro

nacional, propiciando ganhos elevados tanto em produtividade quanto em qualidade, principalmente nas últimas três décadas. Nesse período, a média de produtividade da cana-de-açúcar teve mais de 30% de aumento (FERREIRA et al., 2005a).

As variedades de cana-de-açúcar são alvo com o tempo de uma degenerescência que atinge a capacidade produtiva das variedades comerciais. Por este e outros motivos, há necessidade de pesquisar constantemente novas variedades selecionadas para o local de exploração, que possibilitem a manutenção do processo produtivo com aumento de produtividade agrícola e industrial e segurança de crescimento da produção. Na realidade, o tempo de permanência das variedades no elenco comercial é reduzido, pois algumas chegam a ter um ciclo muito curto (4 a 5 cortes), sendo substituídas imediatamente devido a problemas agrônômicos ou porque outras novas variedades colocadas à disposição dos produtores são superiores considerando alguns parâmetros agroindustriais de qualidade (STUPIELLO, 2002).

Atualmente, este problema ainda persiste, pois a vida útil média de algumas variedades comerciais tem sido cada vez menor. Assim sendo, somente através do melhoramento genético, com a seleção de novas variedades e execução de seu manejo varietal, será possível elevar o rendimento agroindustrial de forma competitiva. O manejo varietal da cana-de-açúcar é fundamental na busca de um incremento na produção de colmos e açúcar, sem alterar o custo. Alguns autores, como Matsuoka et al. (1998) e Mamede et al. (2002) afirmaram que a sustentação da agroindústria sucroalcooleira é a variedade de cana-de-açúcar, num processo contínuo de substituição.

O cultivo da cana-de-açúcar merece destaque, por apresenta-se em expansão, devido principalmente ao aumento do consumo de álcool anidro, como forma de combustível, em substituição a gasolina, sendo possível acrescentar a este fato a maior preocupação com o meio ambiente e a redução das reservas mundiais de petróleo. A necessidade de suprir essa demanda crescente do mercado torna necessária a busca por melhores variedades de cana-de-açúcar, com maior produtividade e outras características tecnológicas.

Para suprir as necessidades do setor sucroalcooleiro, existem atualmente no Brasil quatro Programas de Melhoramento Genético de Cana-de-açúcar, o da RIDESA – Rede Interuniversitária de Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro, composto por um grupo de dez universidades federais, com variedades RB; o do Instituto Agronômico de Campinas, com variedades IAC; o do Centro de Tecnologia Canavieira, antigas variedades SP e atuais CTC e o CANAVIALIS, criado recentemente pelo Grupo Votorantin, com variedades CV (MELO, 2005; SANTOS, et al. 2007).

Entre os programas criados ao longo dos anos, um dos principais é o Programa de Melhoramento Genético da RIDESA, que iniciou em 1990 com uma parceria entre o Ministério da Educação e do Desporto, mais sete Universidades (UFPR, UFSCar, UFV, UFRRJ, UFSE, UFAL e UFRPE), com a finalidade de incorporar as atividades do extinto Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar (PLANALSUCAR). Atualmente, com a agregação de mais duas Universidade ao programa (UFG e UFMT), ele possui 31 estações experimentais para o desenvolvimento da pesquisa, além dos *campus* das nove Universidades Federais, tendo liberado 67 novas variedades (RIDESA, 2007).

De acordo com o Censo Varietal realizado pelo CTC, em 2002, dos 3,9 milhões de hectares pesquisados no País 54% são cultivados com apenas seis variedades, sendo que essas são provenientes dos programas da RIDESA e do CTC (UNICA, 2007).

Para tal sucesso, todos os anos, clones promissores são cruzados, produzindo sementes que são utilizadas para a produção de uma população de seedlings ou plântulas. Estas plântulas são levadas a campo e após o desenvolvimento, entram nas etapas de seleção. A seleção é um longo e caro processo que consiste em um número determinado de etapas (fases iniciais, intermediárias e finais de seleção), ficando a critério, de cada programa, avançar nas fases iniciais (CALIJA et al., 2001; RATTEY et al., 2004). Em cada etapa são realizadas avaliações que permitem a identificação dos clones promissores, que passarão para a fase seguinte, sendo que apenas uma pequena porcentagem chega até as etapas finais (LANDELL et al., 1999; CALIJA et al., 2001; KIMBENG e COX, 2003).

Geralmente, o tempo gasto entre a realização do cruzamento e a liberação comercial das variedades varia de acordo com o programa, indo geralmente de 12 a 15 anos (LANDELL et al., 1999, CALIJA et al., 2001; KIMBENG e COX, 2003).

O principal objetivo de um programa de melhoramento da cana-de-açúcar é lançar novas variedades que sejam mais rentáveis aos produtores, aumentando a produtividade e/ou reduzindo as perdas econômicas, por um intervalo de tempo maior. Sendo assim, a característica de maior relevância é a elevação da produção de açúcar por unidade de área, mensurado em tonelada de pol por hectare (TPH). Para tal, os componentes envolvidos para a maximização desta característica são a tonelada de cana por hectare (TCH) e o teor de açúcar da cana (PCC – pol na cana corrigido). Ambos são considerados de igual importância, sendo que para se estimar a tonelada de cana, devem ser considerados os componentes de rendimento: número de colmos por hectare e massa de colmo, sendo este último composto por componentes secundários como diâmetro, estatura e densidade de colmos. Outras características também são importantes para um genótipo de cana-de-açúcar, como rápida brotação, vigor e soqueira prolongada, além de tolerância à seca e ao frio: apresentar hábito de crescimento ereto e ausência de florescimento e chochamento dos colmos. Ter estabilidade e adaptabilidades aos diferentes ambientes de cultivo e, apresentar resistência e/ou ser tolerante às principais doenças e pragas que incidem sobre a cultura (BRESSIANI, 2001; MATSUOKA, et al., 2005).

Para a indústria, alguns caracteres inferem sobre a qualidade da produtividade final, como tipo e teor de fibra, a quantidade e a qualidade industrial do açúcar produzido e o teor de pureza do caldo (FERNANDES, 2003).

Outra característica importante refere-se à produção de energia renovável a partir do bagaço da cana-de-açúcar. Atualmente, as usinas utilizam essa biomassa para co-geração de energia elétrica para consumo próprio, gerando ainda um excedente. Portanto a obtenção de energia a partir da biomassa da cana-de-açúcar é algo importante para manter-se sustentável a produção de álcool. Uma premissa é que novos cultivares com elevada produção de biomassa possam ser desenvolvidas pelos programas de melhoramento genética da cultura (BARBOSA et al., 2004).

### **1.3.1. Seleção de genótipos no processo de melhoramento**

No melhoramento de culturas alógamas e de propagação vegetativa, as cultivares ou clones utilizados como genitores são altamente heterozigóticos, fazendo com que uma ampla segregação ocorra logo na primeira geração após a hibridação. Propiciando, nesse caso, uma grande vantagem, pois uma vez identificado um genótipo superior na primeira geração, este pode ser fixado, permitindo que a seleção seja conduzida durante diferentes anos e ambientes, sem ocorrer descaracterização genômica. A possibilidade de propagação vegetativa da cana-de-açúcar simplifica alguns procedimentos de melhoramento, reduzindo o tempo gasto no desenvolvimento de uma nova cultivar, que segundo Barbosa et al. (2005), tem ocorrido em aproximadamente 13 a 15 anos de inúmeras avaliações agroindustriais dos clones.

Sendo assim, a seleção para essa cultura é realizada em etapas. As etapas iniciais são caracterizadas por avaliações pouco precisas, devido à escassez de material propagativo, enquanto que, nas etapas subseqüentes, a medida que se aumenta a quantidade do material propagativo, aumenta-se também a precisão experimental, possibilitando identificar com precisão genótipos superiores (SOUZA Jr., 1995).

A precisão experimental em cana-de-açúcar é de grande relevância, pois grande parte dos caracteres agrônômicos, industriais e de resistência a fatores bióticos é de natureza quantitativa, de forma que a seleção de indivíduos superiores é fortemente influenciada pelo ambiente. Além desses fatores, o comportamento em socas é bastante distinto daquele em cana-planta e, como a safra se estende por seis ou mais meses, os caracteres se alteram também durante o mesmo ciclo, cuja mudança é ainda distinta entre diferentes locais (MATSUOKA et al., 2005). Ferreira et al. (2005a), determinaram que o número de medições a serem realizadas para as características: tonelada de colmos por hectare (TCH), tonelada de sacarose no caldo da cana por hectare (TPH) e teor percentual de sacarose dos colmos (POL) são de no mínimo três avaliações, ou seja, três cortes, para que a seleção possa ser praticada com previsibilidade do valor real do genótipo superior a 80%.

#### 1.4. Variâncias e Parâmetros Genéticos considerados em processos de seleção

Estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos têm fundamental importância no melhoramento genético, pois revela os efeitos envolvidos na obtenção de novas populações melhoradas. Através destes parâmetros é possível identificar a magnitude da variabilidade genética, os efeitos causados pelo ambiente, as herdabilidades dos caracteres estudados, ampla, restrita e média, a variância genética aditiva e de dominância e a variância genotípica, no caso de plantas propagadas assexuadamente (RESENDE, 2002).

Os parâmetros genéticos essenciais para o melhoramento de caracteres quantitativos, estão relacionados às herdabilidades ( $h^2$ ), a repetibilidade ( $\rho$ ) e as correlações ( $r$ ), sejam estas genéticas ( $r_G$ ) ou fenotípicas ( $r_F$ ) entre caracteres. Estes parâmetros indicam a possibilidade ou não de seleção para determinados caracteres. Sendo que, para os caracteres de baixa herdabilidade devem ser adotados métodos de seleção mais elaborados.

O sucesso da seleção em programas de melhoramento depende da variação genética na população, da qual o interesse principal está na determinação da variabilidade e da herdabilidade dos caracteres envolvidos, como mostram os trabalhos de estimativa de parâmetros genéticos realizados por CESNIK e VENCOVSKY (1974), SKINNER et al. (1987), WU e TEW (1989), MOURA (1990), COSTA et al. (2000) e SILVA et al. (2002).

Santana (2007), objetivando obter estimativas de parâmetros genéticos e correlações de caracteres agronômicos em clones RB de cana-de-açúcar na Zona da Mata de Pernambuco, verificou que as variâncias genéticas oscilaram numa ampla faixa de valores, tanto na Zona da Mata Norte quanto no Litoral Sul, sendo os valores mais expressivos apresentados por altura do colmo e área foliar para ambos locais, indicando a existência de alto grau de variabilidade genética entre os genótipos estudados, possibilitando sucesso na seleção nos locais em estudo.

### 1.4.1. Herdabilidade ( $h^2$ )

O conhecimento da magnitude do coeficiente de herdabilidade possibilita uma maior eficiência nos trabalhos de melhoramento, uma vez que este auxilia na definição das estratégias de seleção e prediz o ganho do caráter em estudo (FEHR, 1987). Contudo, a herdabilidade não apresenta um valor constante referente a um caráter, variando de acordo com a população em estudo e das circunstâncias do ambiente nas quais estas populações são avaliadas (DUDLEY e MOLL, 1969; FALCONER, 1987; FEHR, 1987). No tocante, ainda é o parâmetro mais considerado pelos melhoristas, com o intuito de investigar a natureza da variabilidade observada, devido ao fato desta levar em consideração todos os componentes de variância (FALCONER, 1987).

A herdabilidade, geralmente, é obtida a partir de uma análise de variância, sendo normal à existência de erros associados, tanto às estimativas de herdabilidade quando de outros componentes da variância genética. Deste modo, estas estimativas devem ser avaliadas com bastante cautela. Herdabilidade de magnitude igual a um (1,0) indica que 100% da variação de uma determinada característica é devido as causas genéticas, o que mostra condições adequadas ao melhoramento. As estimativas da herdabilidade apresentam uma grande faixa de variação para um mesmo caráter, esta variação pode ser devido a problemas de amostragem, às diferenças existentes entre populações e às diferenças de ambiente (VENCOVSKY, 1970; PESEK e BAKER, 1971; RAMALHO et al., 1993). Corroborando neste entendimento, Kang et al. (1983) relataram, ao estimar coeficiente de herdabilidade em cana-planta, soca e ressoça de clones selecionados de dois cruzamentos bi-parentais, que as estimativas baseadas na média de parcelas foram de 0,84 para altura do colmo, 0,94 para diâmetro do colmo, 0,82 para número de colmos, 0,93 para peso médio do colmo, 0,88 para Brix e 0,81 para tonelada de colmo por hectare.

Ao estudar 48 cultivares de cana-de-açúcar, Singh et al. (1981) encontraram coeficiente de  $h^2_a$  de 0,03 para peso médio do colmo, 0,66 para Brix e diâmetro do colmo e 0,74 para altura do colmo, e relataram que pequenas diferenças desses resultados em relação a outros estudos podem ser devido a diferenças entre genótipos avaliados, tamanho da amostra e local considerado.



Sharma e Singh (1998) analisando genótipos provenientes de três origens encontraram moderada  $h^2_a$  para peso médio (0,34 a 0,53), altura (0,42 a 0,50) e diâmetro de colmos (0,33 a 0,39) e alta  $h^2_a$  para Brix (0,62 a 0,72).

Melo et al. (2006) estudando na Região da Mata Norte de Pernambuco, o desempenho de clones RB da série 94 de cana-de-açúcar da UFRPE quanto à produtividade agroindustrial, encontraram coeficientes de herdabilidade média ( $h^2_m$ ) para PZA e TPH variando de 57,6% a 88,7%, respectivamente, e para as variáveis TCH, TPH, PC FI e PB encontraram valores de herdabilidade média superior a 80%. Nesse contexto, Cruz e Regazzi (1997) afirmam que os caracteres complexos comumente têm baixa herdabilidade, enquanto os caracteres menos complexos ostentam valores mais elevados desse parâmetro, o que não foi constatado por estes estudos. Landell et al. (1999), estudando clones de cana-de-açúcar em três ambientes com quatro cortes em fase final de seleção, notaram valores altos de herdabilidade média para as variáveis TCH de (98,94%) e TPH de (99,01%).

### **1.5. Correlações entre caracteres de seleção**

O conhecimento a respeito da associação entre caracteres de seleção é de fundamental importância nos trabalhos de melhoramento, principalmente se a seleção em um deles apresenta dificuldades, em razão da baixa herdabilidade, na mensuração e/ou identificação do mesmo (CRUZ & REGAZZI, 1997).

É possível avaliar três diferentes classes de correlação entre caracteres: a fenotípica, a genotípica e a ambiental. A correlação medida diretamente entre dois caracteres é a fenotípica, que envolve a ação de fatores genéticos e ambientais. Para o melhoramento, somente a relação devida aos fatores genéticos tem importância, pois se refere apenas aos efeitos herdáveis (FERREIRA et al., 2003). Deste modo, se a correlação genética for de alta magnitude, é possível obter ganhos superiores para o caráter de menor herdabilidade ou de difícil mensuração através da seleção indireta, aumentando a eficiência da seleção de um caráter através do uso de caracteres correlacionados (FALCONER, 1987; CRUZ e REGAZZI, 1997).

Segundo Falconer (1987), através dos estudos de correlação, é possível distinguir a causa genética e a causa ambiental. A porção genética é devida a pleiotropia, mecanismo pelo qual um gene afeta simultaneamente dois ou mais caracteres, de forma que, na presença de segregação, haverá variação simultânea em ambos os caracteres envolvidos, ou ao desequilíbrio de ligação gênica. A porção ambiental refere-se às diferenças de condições ambientais, onde dois caracteres são influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais. Corroborando neste entendimento, Cruz et al. (2004) mencionam que alguns efeitos pleiotrópicos podem ocorrer no sentido de afetar (aumentar) positivamente os caracteres, enquanto outros podem diminuí-los.

A alta magnitude da correlação indica a existência de relação linear entre os caracteres em estudo. Quanto ao sinal, os valores negativos da correlação indicam que o fator genético, fenotípico ou ambiental favorece um caráter em detrimento do outro, e os valores positivos indicam que os dois caracteres são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variação. Em geral, as correlações genéticas e ambientais apresentam o mesmo sinal, entretanto, em casos em que tal fato não é observado, há indicativo de que essas causas de variação influenciam os caracteres por meio de diferentes mecanismos fisiológicos (FALCONER, 1987).

Quando dois caracteres correlacionam-se favoravelmente, é possível obter ganhos para um por meio da seleção indireta no outro associado. Entretanto, se um caráter correlacionar-se negativamente com alguns e positivamente com outros, deve-se ter o cuidado de, ao selecionar esse, não provocar mudanças indesejáveis em outros (CRUZ et al., 2004). Vale ressaltar que a não significância da correlação entre dois caracteres indica que os mesmos podem ser manipulados independentemente durante o processo de seleção, ou seja, ao se selecionar para um dos caracteres o outro manterá sua média inalterada.

Jackson (2005), ao descrever estratégias para o melhoramento genético da cana-de-açúcar, conduzido na Austrália, relatou que a seleção visando aumento de produtividade em colmos promoveu ganhos muito pequenos ou quase nulos para o conteúdo de açúcar, indicando possivelmente que os ganhos obtidos atualmente, para conteúdo de açúcar, podem ter sido promovidos devido à seleção para produção de

colmos por área. Confirmando este entendimento, COX et al. (1990) já havia relatado a importância de compreender as correlações entre as variáveis de seleção, pois a seleção para uma característica poderá influenciar no resultado de outras, a exemplo da seleção para produção de colmos e conteúdo de açúcar, estudada por Jackson (2005).

O mesmo autor, ainda relata que a seleção para rendimento de colmo poderá resultar em ganhos negativos ou nulos para conteúdo de açúcar. E que, na ausência de correlação genética, os genes que afetam estas variáveis são independentes ou possuem ação por pleiotropia, entre conteúdo de açúcar e produção de colmos. É possível que o efeito dos genes em dividir fotoassimilados para um maior crescimento do colmo ou para um maior armazenamento, tenderia a contribuir para uma correlação genética negativa entre o crescimento (rendimento) e o armazenamento (conteúdo de açúcar).

Terauchi et al. (1999) e Terauchi e Matsuoka (2000), estudando as características ideais de crescimento de cultivares de cana-de-açúcar, relatam que o rápido crescimento inicial, responsável por um rápido fechamento do dossel, é uma característica importante para uma cultivar, porém, com um número adequado de perfilhos por área, o que possibilitaria maior acúmulo de massa seca nos colmos formados, devido à diminuição da competição intraespecífica. Corroborando neste entendimento, Oliveira et al. (2007), mencionam que o excesso de perfilhos na fase de grande perfilhamento pode ter correlação negativa com a produtividade, conforme observado em um estudo com três cultivares de cana-de-açúcar, em que correlacionaram a área foliar com a produção de biomassa, e identificou uma correlação significativa de média magnitude e negativa ( $r=-0,65$ ). Portanto, cultivares que tendem a ter elevado perfilhamento na fase inicial teriam menores produtividades agrícolas.

As correlações entre os componentes de produção merecem destaque e, nesse sentido Barbosa et al. (2002), relatam que a variável estatura de colmos tem correlação positiva com a produtividade, sendo assim, genótipos com estatura de colmo maior teriam a tendência de maior produção de massa por colmo, proporcionando maior produtividade final.

## 1.6. Análise de trilha

O conhecimento da magnitude das correlações simples entre a produção e os caracteres agronômicos, apesar de ser de grande importância no melhoramento, não fornece uma visão exata da importância relativa das influências diretas e indiretas desses caracteres sobre a produção. Mediante esse contexto, percebe-se a aplicabilidade da análise de trilha, análise de caminho ou análise de caminhamento (“Path analysis”), uma vez que se permite o desdobramento das correlações simples entre os caracteres nos seus efeitos diretos e indiretos e, com isso, amplia-se o entendimento das relações de causa e efeito entre as variáveis estudadas (WRIGHT, 1921)

Dewey e Lu (1959) foram os primeiros pesquisadores a utilizar esta metodologia em plantas. Os mesmos autores destacam que os métodos de correlação linear e regressão múltipla foram os primeiros métodos a serem utilizados nas análises de componentes de rendimento, no entanto, a análise de trilha pode detectar alguns efeitos diretos ou indiretos que atuam sobre o rendimento, que produzem associações particulares. Este método avalia o efeito de uma variável independente ( $x$ ) sobre uma variável dependente ( $y$ ), de forma que as outras variáveis ( $X_i$ ) não possuam influência sobre esse efeito.

No melhoramento de plantas, diversos trabalhos com diferentes culturas têm sido desenvolvidos com o apoio dessa ferramenta, sendo de grande significância para os melhoristas na formulação de procedimentos apropriados para a seleção, a exemplo dos trabalhos desenvolvidos por CAVALVANTE et al. (2006) com batata doce; SILVA et al. (2005) com trigo; MARCHEZAN et al. (2005) com arroz; BENIN et al. (2003) com aveia; CARVALHO et al. (2002) com soja; e CARVALHO et al. (1999) com pimentão.

Especificamente para a cana-de-açúcar, há registro na literatura de pesquisas desenvolvidas com aplicação do coeficiente de trilha para avaliar os efeitos diretos e indiretos de vários caracteres sobre a produção de cana. Em geral, o conjunto de caracteres usados na análise dos coeficientes de trilha tem mostrado diferenças de resultados, entretanto Kang et al. (1983) e Ferreira et al. (2007), afirmam que os caracteres diâmetro de colmos e número de colmos têm geralmente apresentado os

maiores efeitos fenotípicos e genotípicos positivos diretos sobre a produção de cana por hectare (TCH). Quando a variável principal ou básica é o peso médio de colmos alguns pesquisadores afirmam que, o caractere altura de colmos (FERREIRA et al., 2007), número de colmos (SHARMA e SINGH, 1984) e diâmetro de colmos (BARBOSA et al., 2002) são as variáveis explicativas que contribuem positivo e diretamente para explicar a principal. Em relação à produtividade de açúcar, Reddy e Reddi (1986), alegam que o rendimento de cana por área tem apresentado o maior efeito direto positivo sobre a produtividade de açúcar, enquanto que, Kang et al. (1983), afirmam que os caracteres tonelada de cana por hectare e teor de açúcar por tonelada de cana, tem mostrado simultaneamente valores altos e positivos de efeitos diretos sobre tonelada de açúcar por hectare (TPH).

Ferreira et al. (2007) verificaram, em 17 famílias resultantes dos cruzamentos dialélicos entre os genótipos SP80-4439, SP84-5124, SP84-1192 e SP84-2025 com os genótipos SP80-3280, SP82-3530, SP83-1484, SP85-7227 e SP88-721, após quantificar os efeitos diretos e indiretos de componentes de produção sobre tonelada de colmos por hectare e massa média de colmos, que a seleção das melhores famílias quanto a produção de cana-de-açúcar pode ser realizada com base no diâmetro de colmos e número de colmos, e que a variável altura de colmos foi a que mais contribuiu para a massa média de colmos.

Barbosa et al. (2000) estudando quatro componentes de produção em famílias de cana-de-açúcar, evidenciou após desdobramento dos coeficientes de correlações genotípicas, que o número e o peso médio de colmos são as principais causas explicativas das respectivas correlações com a produção de colmos por hectare, os quais indicaram efeitos diretos elevados. Além disso, verificaram que o peso médio de colmos é influenciado diretamente pelo diâmetro de colmos, e que embora o diâmetro e a altura de colmos tenham apresentado correlações positivas e significativas com a produção de colmos por hectare, os efeitos diretos foram baixos e negativos, respectivamente, evidenciando que estas correlações estavam sendo causadas pelos efeitos indiretos, via peso médio de colmos.

Os coeficientes de trilha, determinado em 288 seedling provenientes de quarenta genótipos de cana-de-açúcar oriundos do cruzamento entre as variedades Co 7704 e

Co 1287 por Reddy e Reddi (1986), revelaram que fenotipicamente e genotipicamente os efeitos diretos dos caracteres número de colmos e peso de colmos foram altos e positivos sobre o rendimento de cana.

Kang et al. (1983), utilizando 105 clones provenientes de dois cruzamentos biparental de cana-de-açúcar entre as variedades CP 59-50 com CP 57-603 e CP 62-374 com CP 57-614 para avaliar caracteres de produção agrícola e industrial, verificaram, através da análise de trilha, efeitos fenotípicos e genotípicos diretos altos e positivos dos caracteres diâmetro e número de colmos sobre a tonelada de cana por hectare; do teor de sacarose (%) sobre o rendimento de açúcar por tonelada de cana; e dos caracteres tonelada de cana por hectare e rendimento de açúcar por tonelada de cana sobre a tonelada de açúcar por hectare.

### **1.7. Divergência genética em cana-de-açúcar**

As diferenças existentes entre os seres vivos estão baseadas na diversidade genética codificada nos genes, porém, apenas uma pequena porção da variabilidade genética total dentro de cada espécie é utilizada em plantas comerciais (WEI e RATTEY, 2003; KLACZKO, 2002). Todavia, uma das primeiras preocupações de um melhorista é quantificar a existência de variabilidade genética no germoplasma (BOREM e MIRANDA, 2005), que pode aumentar as chances de encontrar indivíduos superiores nas gerações segregantes (CRUZ et al., 2004).

Em cana-de-açúcar, a maioria das variedades hoje plantadas são híbridos provenientes dos programas de melhoramento brasileiros que usam preferencialmente as variedades nacionais como progenitores (BARBOSA, 2001).

Assim sendo, o uso generalizado de variedades comerciais adaptadas ao sistema agrícola, na maioria das vezes oriundas de ancestrais muito próximos, com pequena distancia genética entre si, pode levar ao estreitamento da base genética e ao fenômeno genético denominado vulnerabilidade genética (ALMEIDA et al., 2005; BOREM e MIRANDA, 2005). Nesse contexto, o conhecimento da diversidade genética entre variedades comerciais em programas de melhoramento de plantas é de vital importância para os melhoristas na identificação e organização dos recursos genéticos

disponíveis, visando a utilização desses na produção de novas variedades promissoras (PALOMINO et al., 2005).

Ao avaliarem a divergência genética entre clones RB de cana-de-açúcar da série 91 testados em terceira fase de seleção, Silva et al. (2005) constataram uma base genética restrita e observaram que a divergência genética obtida pelo método de Tocher e pelas Variáveis Canônicas, além de revelarem a concordância entre os resultados, indicaram a inclusão de um grande número de clones dentro de um mesmo grupo, indicando assim a elevada homogeneidade entre os genótipos avaliados. Entre os caracteres avaliados que teriam mais contribuído para divergência genética, citam-se o número de colmos por parcela, Brix (%) cana e a produção de açúcar por parcela. Quanto à restrita base genética os autores mencionam que o uso desses materiais pode causar baixos ganhos, caso sejam utilizados num programa de melhoramento. Para solucionar tal problema, os mesmos sugerem o uso de indivíduos divergentes geneticamente para contribuir positivamente para o melhoramento genético da cultura.

Bastos (2001), ao estudar a capacidade combinatória de clones e variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), evidenciou o mesmo descrito por Hogarth e colaboradores em 1981, ou seja, os programas de melhoramento têm sido apoiados numa base genética estreita, e mesmo assim tem sido obtidos grandes avanços quanto à produção, à resistência a fatores bióticos, ao teor de sacarose, à precocidade, à adaptação, mostrando a existência de ampla variabilidade genética destes genótipos, sendo esta proveniente da heterozigiosidade e da alta ploidia dos clones utilizados nos cruzamentos. Portanto, há a possibilidade de se explorar variabilidade genética suficiente para se continuar a obter incrementos de produtividade ao invés de redirecionar o programa para a introgressão genética.

Ferreira et al. (2005b) mencionam que o uso de genitores com parentesco próximo pode estreitar a base genética, trazendo perdas devido à depressão por endogamia. Em seu trabalho com cana-de-açúcar, encontraram valores expressivos de depressão endogâmica para os caracteres toneladas de brix por hectare (TBH), toneladas de colmo por hectare (TCH), comprimento, diâmetro e peso médio dos colmos em plantas obtidas por autofecundação.

Atualmente, vários métodos podem ser utilizados no estudo da divergência genética, dentre eles os marcadores moleculares, o cálculo do coeficiente de parentesco e a metodologia de análise multivariada (MIRANDA et al., 2001; BONATO et al., 2006).

O mais eficiente e mais moderno método de avaliação da divergência genética é, sem dúvida, o uso de marcadores moleculares (BERED et al., 2002). Para Borem e Caixeta (2006) a natureza poligênica dos caracteres de importância agrônoma e a interação genótipo-ambiente constituem um dos maiores desafios do melhoramento, limitando o progresso genético. Sendo assim, novas tecnologias como a identificação e seleção baseada diretamente no genótipo do indivíduo pode resultar em maior progresso genético, o que poderia ser obtido pelo uso de marcadores moleculares, pelo fato destes basearem-se no DNA dos indivíduos.

Em cana-de-açúcar, esta metodologia tem sido amplamente utilizada, no estudo da contribuição das espécies e gêneros na origem da cana-de-açúcar (JANOO et al., 2004; AITKEN et al., 2007); na identificação dos genes e enzimas responsáveis por caracteres de importância agrônoma e na avaliação da divergência genética (MING et al., 2001; AITKEN et al., 2004; JORDAN et al., 2004).

Os métodos de análises multivariadas tomam por base as diferenças morfológicas, fisiológicas, e outras, apresentadas pelos progenitores na determinação da divergência, que é geralmente quantificada por uma medida de dissimilaridade (CRUZ et al., 2004). Essa dissimilaridade é quantificada pela distância generalizada de Mahalanobis, também denominada de distância estatística que foi proposta em 1936 (MAHALANOBIS, 1936), sendo citado por Resende (2007), e pela distância euclidiana. O uso da distância de Mahalanobis é preferível em relação ao uso da distância Euclidiana, por considerar as correlações entre as variáveis analisadas (RESENDE, 2004; 2007).

A Análise Multivariada parte do princípio de que quando se avalia a divergência de uma população baseada em valores fenotípicos médios, a divergência entre valores genotípicos associados com a frequência gênica em diferentes unidades amostrais também é avaliada (SILVA et al., 2001).



Vários métodos multivariados podem ser aplicados, dentre eles citam-se a análise por Componentes Principais e por variáveis canônicas e os métodos aglomerativos. Este último depende de medidas de dissimilaridade estimadas previamente, como a distância Euclidiana ou a generalizada de Mahalanobis, entre outras (CRUZ et al., 2004). Já o método das Componentes Principais e da Análise Canônica, o objetivo é avaliar a similaridade dos progenitores por intermédio de uma dispersão gráfica, em que se considerem, em geral, dois eixos cartesianos. Este método ainda permite estimar qual dos caracteres avaliados mais contribui para a divergência entre os materiais e também qual a correlação entre eles; proporcionando um melhor conhecimento sobre quais caracteres apresentarão maior variabilidade, também podendo auxiliar na escolha dos progenitores (CRUZ et al., 2004). O interesse nesta avaliação reside na possibilidade de se descartarem caracteres que contribuem pouco para a discriminação do material avaliado, reduzindo, dessa forma mão-de-obra, tempo e custo despendidos na experimentação agrícola (REGO et al., 2003; SOUSA-VIEIRA, 2005).

Embora as metodologias sejam diferentes, a das variáveis canônicas é considerada como mais precisa, pois leva em consideração a correlação entre os caracteres enquanto as componentes principais ignoram este fator (CRUZ, 2001; CRUZ et al., 2004).

### **1.7.1. Análise de Agrupamento**

A análise de agrupamento permite a formação de grupos (não conhecidos previamente) por meio de técnicas de agrupamento aplicadas sobre medidas de dissimilaridade entre fenótipos. Várias medidas podem ser usadas destacando-se as distâncias fenotípicas tais quais a Euclidiana e a distância estatística ou de Mahalanobis (CRUZ e REGAZZI, 1994; CRUZ e CARNEIRO, 2003).

O método de agrupamento de Tocher (RAO, 1952), descrito por Cruz e Regazzi (1994), adota o critério de que a média das medidas de distância dentro de cada grupo deve ser menor que as distâncias médias entre grupos. Inicialmente o par de indivíduos mais próximos é identificado e então é formado o primeiro grupo. Em seguida, aplica-se

o critério mencionado acima visando verificar se novos indivíduos possam ser alocados no mesmo grupo. Caso não possam ser incluídos em um grupo, novos grupos são formados. A distância média intragrupo aumenta com a entrada de um novo indivíduo no grupo. Para aceitar a entrada desse novo indivíduo no grupo, esse acréscimo na distância média intragrupo deve ser comparado com um limite máximo permitido para inclusão no grupo. Esse limite máximo é geralmente tomado como a maior distância dentre todas as distâncias mínimas associadas a cada indivíduo (RESENDE, 2007).

A técnica de agrupamento hierárquico interliga as amostras por suas associações, produzindo um dendrograma onde as amostras semelhantes, segundo as variáveis escolhidas, são agrupadas entre si. A suposição básica de sua interpretação é quanto menor a distância entre os pontos, maior a semelhança entre as amostras. Portanto, o dendrograma é especialmente útil para a visualização de semelhanças entre amostras, sejam estes genitores utilizados em hibridações, representados por pontos em espaço com dimensão maior do que três, onde a representação de gráficos convencionais não é possível (MOITA NETO e MOITA, 1998).

## 2. Referências

AITKEN, K. LI, J.; WANG, L.; QING, C.; FAN, Y. H.; JACKSON, P. Characterization of intergeneric hybrids of *Erianthus rockii* and *Saccharum* using molecular markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v.57, n.7, p.1395-1405, 2007.

AITKEN, K.; JACKSON, P.; PIPERIDIS, G.; MCINTYRE, L. QTL identified for yield components in a cross between a sugarcane (*Saccharum* spp.) varieties Q165A and a *S. officinarum* clone IJ76-514. In: INTERNATIONAL CROP SCIENCE CONGRESS, 4., 2004, Dordrecht. **Anais...** Dordrecht: The Regional Institute Ltd, 2004. Disponível em <[www.cropscience.org.au](http://www.cropscience.org.au)>. Acesso em 26 de ago. 2007.

ALMEIDA, C. M. C. V.; DIAS, L. A. S.; OKABE, E. T.; MEDEIROS, J. R. P. Variability in genetic resources of cacao in Rondonia, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.5, p.318-324, 2005.

ANDRADE, J. C. **Esboço histórico das antigas variedades de cana-de-açúcar**. Alagoas: ASPLANA, 1985. 285p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA CANA-DE-AÇÚCAR, 2007. Disponível em: <<http://www.anuarios.com.br>>. Acesso em: 15, set. 2007.

BALSADI, O. V.; FARIA, C. A. C.; NOVAES FILHO, R. Considerações sobre a dinâmica recente do complexo sucroalcooleiro no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.26, n.4, p.21-29, 1996.

BARBOSA, G. V. S.; SOUZA, A. J. R.; ROCHA, A. M. C.; RIBEIRO, C. A. G.; FERREIRA, J. L. C.; SOARES, L.; CRUZ, M. M.; SILVA, W. C. M. Novas variedades RB de cana-de-açúcar para Alagoas. Maceió: UFAL; 2000. 16p. (Boletim Técnico Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar, 1).

BARBOSA, M. H. P. Study of genetic divergence in sugarcane varieties grown in Brazil using the parentage coefficient. **International Sugar Journal**. London, v.103, n.1231, 2001.

BARBOSA, M. H. P.; BASTOS, I. T.; SILVEIRA, L. C. I.; OLIVEIRA, M. W. Análise de causa e efeito para produção de colmos e seus componentes na seleção de famílias de cana-de-açúcar. In: Congresso Nacional da STAB, 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB, 2002. p.366-370.

BARBOSA, M. H. P.; RESENDE, M. D. V.; BRESSIANI, J. A.; SILVEIRA, L. C. I.; PETERNELLI, L. A. Selection of sugarcane families and parents by Reml/Blup. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.5, p.443-450, 2005.

BARBOSA, M. H. P.; RESENDE, M. D. V.; PETERNELLI, L. A.; BRESSIANI, J. A.; SILVEIRA, L. C. I.; SILVA, F. L.; FIGUEIREDO, I. C. R. Use of Reml/Blup for the selection of sugarcane families specialized in biomass production. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.4, p.218-226, 2004.

BASTOS, I. T. **Capacidade combinatória de clones e variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)**. 2001. 48f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BENIN, G; CARVALHO, F. I. F. de; OLIVEIRA, A.C. de; MARCHIORO, V.S.; LORENCETTI, C.; KUREK, A. J.; SILVA, J. A. G.; CARGNIN, A.; SIMIONI, D. Estimativas de correlações e coeficientes de trilha como critérios de seleção para rendimento de grãos em aveia. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 1, p. 09-16, jan-mar, 2003.

BERED, F.; BARBOSA NETO, J. F.; ROCHA, M.; CARVALHO, F. I. F. Genetic variability in wheat (*Triticum aestivum* L.) germoplasm revealed by RADP markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.2, n.4, p.499-506, 2002.

BONATO, A. L. V.; CALVO, E. S.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; GERALDI, I. O. Prediction of genetic variability through AFLP-based measure of genetic distance in soybean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.6, p.30-39, 2006.

BOREM, A.; CAIXETA, E. T. **Marcadores moleculares**. Viçosa, MG: Ed. Universitária, 2006. 374p.

BOREM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 4.ed. Viçosa, MG: Ed. Universitária, 2005. 525p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balanço nacional da cana-de-açúcar e agroenergia 2007**. Brasília, DF. 2007. 139p.

BRESSIANI, J. A. **Seleção seqüencial em cana-de-açúcar**. 2001. 133f. Tese (Doutorado em Agronomia - Genética e Melhoramento de Plantas) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

CALIJA, V.; HIGGINS, A. J.; JACKSON, P. A.; BIELING, L. M.; COOMANS, D. An operations research approach to the problem o the sugarcane selection. **Annals of Operations Research**, Netherlands, v.108, p.123-142, 2001.

CARVALHO, C. G. P. de; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F. de; OLIVEIRA, M. F. de; VELLO, N. A. Correlações e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.37, p.311-320, 2002.

CARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, V. R.; CRUZ, C. D.; CASALI, V. W. D. Análise de trilha sob multicolinearidade em pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.34, n.4, p.603-613, abr. 1999.

CAVALCANTE, J. T.; FERREIRA, P. V.; SOARES, L.; BORGES, V; SILVA, P. P; SILVA, J.W. Análise de trilha em caracteres de rendimento de clones de batata doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). **Acta Science Agronomic**. Maringá, v. 28, n. 2, p. 261-266, Abr/Jun, 2006.

CESNIK, R.; MIOCQUE, J. **Melhoramento da cana-de-açúcar**. Brasília, DF: Embrapa, 2004. 307p. (Informação Tecnológica).

CESNIK, R.; VENCOVSKY, R. Expected response to selection, heritability, genetic correlations and response to selection of some characters in sugarcane. In: Proceedings

of Congress of the International Society of Sugarcane Technologists, 15., Durban. International Society of Sugarcane Technologists, Durban, South Africa p.96-101, 1974.

COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar safra 2007/2008, terceiro levantamento, novembro/2007.** 2007. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em: 07 abr. 2008.

COSTA, R. B.; REZENDE, M. C. V.; ARAÚLO, A. J.; GONSALVES, P. S.; BORTOLETTO N. Seleção combinada univariada e multivariada aplicada ao melhoramento genético da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.35 n.2, p. 381-388, 2000.

COX, M. C.; HOGARTH, D. M.; MULLINS, R. T. Clonal evaluation of early sugar content. **Proceedings...** Australian Society of Sugarcane Technologists, v.12, p.90-98, 1990.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa, MG: Ed. UFV, 2003. v.2, 585p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 1 ed. Viçosa, MG: Ed. Universitária, 1997, 390p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 3ª ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2004, 460p.

D'HONT, A.; GRIVET, L.; FELDMANN, P.; RAO, S.; BERDING, N.; GLASZMANN, J.-C. Characterisation of the double genome structure of modern sugarcane cultivars (*Saccharum* spp.) by molecular cytogenetics. **Mol. Gen. Genet**, v.250, p.405–413, 1996.

DEWEY, D. R.; LU, K. H. A correlation path coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. **Agronomy Journal**, Madison, v.51, p.515-518, 1959.

DUDLEY, J. W.; MOLL, R. H. Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variances in plant breeding. **Crop Science**, Madison, v.9, n. 3, p.257-262, 1969.

FALCONER, D. S. **Introdução a genética quantitativa**. México, Continental, 1972. 430p.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária da UFV, 1987. 279p.

FEHR, W. R. **Breeding methods for cultivar development**. In: WILCOX, J. R., (Ed). **Soybeans**: improvement, production and uses. 2.ed. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1987. p.249-293.

FERNANDES, A. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. 2.ed. Piracicaba: EME, 2003. 240p.

FERREIRA, A.; BARBOSA, M. H. P.; CRUZ, C. D.; HOFFMANN, H. P.; VIEIRA, M. A. S.; BASSINELLO, A. I.; SILVA, M. F. Repetibilidade e número de colheitas para a seleção de clones de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.40, p.761-767, 2005.

FERREIRA, F. M.; BARBOSA, M. H. P.; CASTRO, R. D.; PATERNELLI, L. A.; CRUZ, C. D. Effects of inbreeding on the selection of sugar cane clones. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.5 p. 174-182, 2005.

FERREIRA, F. M.; BARROS, W. S.; SILVA, F. L.; BARBOSA, M. H. P.; CRUZ, C. D.; BASTOS, I.T. Relações fenotípicas e genotípicas entre componentes de produção em cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.605-610, 2007.

FERREIRA, M. A. J. F. Queiroz, M. A.; Braz, L. T.; Vencovsky, R. Correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente entre dez caracteres de melancia e suas implicações para o melhoramento genético. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF v. 21, n.3, p. 438-442, 2003.

GLAZ, B.; EDME, S. J.; MILLER, J. D.; MILLIGAN, S. B.; HOLDER, D. G. Sugarcane cultivar response to high summer water tables in the Everglades. **Agronomy Journal**, Madison, v.94, p.624-629, 2002.

JACKSON, P. A. Breeding for improved sugar content in sugarcane. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.92, p.277-290, 2005.

JANNOO, N.; GRIVET, L.; SEGUIN, M.; PAULET, F.; DOMAINGUE, R.; RAO, P. S.; DOOKUN, A.; D'HONT, A.; GLASZMANN, J. C. Molecular investigation of the genetic base of sugarcane cultivars. **Theoretical and Applied Genetics (TAG)**, Berlin, v.99, n.1-2, p.171-184, 2004.

JORDAN, D. R.; CASU, R. E.; BESSE, P.; CARROLL, B. C.; BERDING, N.; MCINTYRE, C. L. Markers associated with stalk number and suckering in sugarcane collocate with tillering and rhizomatousness QTLs in sorghum. **Genome**, Ottawa, v.47, p.988-993, 2004.

KANG, M. S.; MILLER, J. D.; TAI, P. Y. P. Genetic and phenotypic path analysis and heritability in sugarcane. **Crop Science**, Madison, v.23, n.4, p.643-647, 1983.



KIMBENG, C.A.; COX, M.C. Early generation selection of sugarcane families and clones in Austrália: a review. **Journal Americam Society of Sugarcane Technologists**, Austrália, v.23, p.20-39, 2003.

KLACZKO, L. B. **Avaliação do estado atual do conhecimento sobre a biodiversidade genética no Brasil**. Campinas: UNICAMP-DGE, 2002. 48p. Relatório.

LANDELL, M. G. A.; ALVAREZ, R.; ZIMBACK, L.; CAMPANA M. P.; SILA, M. A.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; PERECIN D.; GALLO, P. B.; MARTINS, A. L. M.; KANTHACK, A.; FIGUEIREDO P.; VASCONCELOS A. C. M. Avaliação final de clones IAC de cana-de-açúcar da série 1982, em Latossolo Roxo da Região de Ribeirão Preto. **Bragantia**, Campinas. v. 58, n.2, p.1-13, 1999.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: RiMa, 2000. 531p.

MACHADO, E. C. PEREIRA, A. R. FAHL, J. L. ARRUDA, H. V. CIONE, J. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.17, p.1321-1329, 1982.

MAHALANOBIS, P.C. On the generalized distance in statistic. **Proceedings of the National Institute of Science**, Delhi, v. 2, p. 49-55, 1936.

MAMEDE, R. Q.; BASSINELLO, A. I.; CASA GRANDE, A. A. MIOCQUE, J. Y. J. Potencial produtivo de clones RB de cana-de-açúcar no Município de Nova Europa – SP. **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v.20, n.3, p.32-35, 2002.

MARCHEZAN, E; MARTIN, T. N; SANTOS, F. M; CAMARGO, E. R. Análise de coeficiente de trilha para os componentes de produção em arroz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, p. 1027-1033, set-out, 2005.

MATSUOKA, S.; ARIZONO, H.; MASUDA, Y. Variedades de cana: minimizando riscos de adoção. **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v.17, n.2, p.18-19, 1998.

MATSUOKA, S.; GARCIA, A. A. F.; ARIZONO, H. Melhoramento da cana-de-açúcar In: BOREM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2005. p.205-251.

MELO, L. J. O. T. **Análise agronômica e genética de genótipos de cana-de-açúcar nas regiões litoral sul e mata norte de Pernambuco**, 2005. 92f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Melhoramento Genético de Plantas) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

MELO, L. J. O. T.; OLIVEIRA, F. J.; BASTOS, G. Q.; ANUNCIACAO FILHO, C. J.; REIS, O. V. Interação genótipo x ciclos de colheita de cana-de-açúcar da Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.2, p.197-205, 2006.

MING, R.; LIU, S.; MOORE, P. H.; IRVINE, J. E.; PATERSON, A. H. QTL analysis in a complex autopolyploid: genetic control of sugar content in sugarcane. **Genome Research**, Nova York, v.11, n.12, p.2075-2084, 2001.

MIRANDA, G. V.; SEDIYAMA, C. S.; REIS, M. S.; CRUZ, C. D. Genetic diversity among elite Brazilian soybean cultivars with arrow genetic base. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.1, n.2, p.115-123, 2001.

MOITA NETO, J. M.; MOITA, G. C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Química Nova**, São Paulo, v.21, n.4, p.467-469, 1998.

MOURA, M. M. **Estimativas de parâmetros genéticos de caracteres industriais de híbridos de cana-de-açúcar**. 1990. 137f. Dissertação (Mestrado em Botânica – Melhoramento Genético de Plantas). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

OLIVEIRA, R. A. **Seleção de famílias de maturação precoce em cana-de-açúcar via REML/BLUP**. 2007. 127p. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PALOMINO, E. C.; MORI, E. S.; ZIMBACK, L.; TAMBARUSSI, E. V.; MORAES, C. B. Genetic diversity of common bean genotypes of Carioca commercial group using RADP markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.5, p.80-85, 2005.

PESEK, J.; BAKER, R. J. Comparison of predict and observed responses to selection for yield in wheat. **Canadian Journal of Plant Sciences**, v.51, n.3, p.187-192, 1971.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: Ed. da UFG, 1993.

RAO, R.C. **Advanced statistical methods in biometric research**. New York: J. Wiley, 1952. 390p.

RATTEY, A. R.; PIPERIDIS, G.; TAYLOR, G. O.; COX, M. C. DNA markers: a tool for identifying sugarcane varieties. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS HELD AT BRISBANE, 2004, Queensland. **Anais...** Queensland: PK Editorial Services Pty Ltd, 2004. Disponível em <[www.cababstractsplus.org](http://www.cababstractsplus.org)>. Acesso em: 27 june 2007.

REDDY, C.R.; REDDI, M.V. Degree of genetic determination, correlation and genotypic and phenotypic path analysis of cane and sugar yield in sugarcane. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, v.46, n.3, p.550-557, 1986.

REGO, E. R.; DO REGO, M. M.; CRUZ, C. D.; CECON, P. R.; AMARAL, D. S. S. L.; FINGER, F. L. Genetic, diversity analysis of peppers: a comparison of discarding

variable methods. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.3, n. 1, p.19-26, 2003.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 703p.

RESENDE, M. D. V. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 65 p. (Documentos 100).

REDE INTERUNIVERSITARIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO - RIDESA. **Melhoramento genético**. 2007. Disponível em: <<http://www.ridesa.org.br/mgenetico.htm>>. Acesso em 27 set. 2007.

ROSSE, L. N.; VENCOVSKY, R.; FERREIRA, A. Comparação de métodos de regressão para avaliar a estabilidade fenotípica em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.37, p.25-32, 2002.

SANTANA, M. S de. Avaliação agroindustrial e genética de clones RB de cana-de-açúcar nas Zonas da Mata de Pernambuco. 2007. 84f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Melhoramento Genético de Plantas) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SANTOS, E. G. D; CHAPOLA, R. G.; GONÇALVES, R. A.; MOUTA, E. R.; VIEIRA, M. A. S.; BASSINELLO, A. I.; HOFFMANN, H. P. Censo varietal 2007 de áreas canavieira da Região Centro-Sul. **STAB. açúcar, álcool e subprodutos**. Piracicaba, março-abril, v. 26, n. 4, p. 42-46, mar./abr 2008.

SHARMA, M. L.; SINGH, H.N. Genetic variability, correlation and path-coefficient analysis in hybrid populations of sugarcane. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 54, n.2, p.101-109, 1981.

SILVA, C. M.; GONCALVES-VIDIGAL, M. C.; FILHO, P. S. V.; SCAPIM, C. A.; DAROS, E.; SILVERIO, L. Genetic diversity among sugarcane clones (*Saccharum* spp.). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringa, v.27, n.2, p. 315-319, 2005.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F. de; NEDEL, J. L.; CRUZ, P. J.; SILVA, J. A. G. da; CAETANO, V. da R.; HARTWIG, I.; SOUSA, C. da S. Análise de trilha para os componentes de rendimento de grãos em trigo. **Bragantia**, Campinas, v.64, p.191-196, 2005.

SILVA, D. J. H.; COSTA, C. P.; CRUZ, C. D.; CASALI, V. W. D.; DIAS, L. A. S. Stability of genetic divergence among eggplant accesses in three stages of development. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.1, n.2, p. 135-143, 2001.

SILVA, M. A.; GONÇALVES, P. S.; LANDELL, M. G. A.; BRESSIANI, A. J. Estimates of parameters and expected gains from selection of yield traits in sugarcane families. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.2, p.569-578, 2002b.

SIMÕES NETO, D. E. M.; MELO, M. M.; CAVALCANTI, C. A. C. Comportamento da variedade RB 763710 em diversos locais nos Estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIRO E ALCOOLEIROS DO BRASIL – STAB, 6., 1996, Maceió. **Anais: Maceió: STAB**, 1996. p.200-206.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, v. 41, n. 1, p. 237-245, 1981.

SKINNER, J. C.; HOGARTH, D. M.; WU, K. K. Selection methods, criteria and indices. In: Heinz, D.J. (Ed.). **Sugarcane improvement through breeding**, Amsterdam: Elsevier, 1987. p.409-453.

SOUSA-VIEIRA, O.; MILLIGAN, S. B. Interrelationships of cane yield components and their utility in sugarcane family selection: path coefficient analysis. **Interciencia**, Caracas, v.30, n.2, p.93-96, 2005.

SOUZA JR., C. L. **Componentes de variância genética e suas implicações no melhoramento vegetal**. Piracicaba : FEALQ, 1995. 134p.

STUPIELLO, J. P. Conversando com a cana. **STAB. açúcar**, álcool e subprodutos. Piracicaba, v.20, n.6, p.38, 2002.

TERAUCHI, T.; MATSUOKA, M. Ideal characteristics for the early growth of sugarcane. **Japanese Journal of Crop Science**. Tokio, v.69, n.3, p.286-292, 2000.

TERAUCHI, T.; NAKAGAWA, H.; MATSUOKA, M.; NAKANO, H. Comparison of the early growth between sugarcane and sweet sorghum. **Japanese Journal of Crop Science**. Tokio, v.68, n.3, p.414-418, 1999.

ÚNICA. UNIAO DAS INDÚSTRIAS DA CANA-DE-ACUCAR. **Pesquisa e desenvolvimento**. Disponível em <<http://www.portalunica.com.br>>. Acesso em 01/09/2007.

VENCOVSKY, R. **Alguns aspectos teóricos e aplicados a cruzamentos dialélicos de variedades**. 1970. 112f. Tese (Livre docente) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

WEI, X.; RATTEY, A. R. Travel to the 12th Australasian Plant Breeding Conference. In: AUSTRALASIAN PLANT BREEDING CONFERENCE, 12., 2003, Australia. **Proceedings**... Bureau of Sugar Experiment Station Publication, 2003, 24p.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Islamabad, v. 20, p. 557-585. 1921.

WU, K. K.; TEW, T. L. Evaluation of sugarcane crosses by family yields. In: Congress of the International Society of Sugarcane Technologists, 20., 1989, São Paulo, **Proceedings**... São Paulo, 1989. p.925-931.

## CAPÍTULO II

---

### **DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR UTILIZANDO TÉCNICAS MULTIVARIADAS**

Artigo enviado para publicação na revista  
Pesquisa Agropecuária Brasileira "PAB".



### **Divergência genética entre genótipos de cana-de-açúcar utilizando técnicas multivariadas**

Gheysa Coelho Silva <sup>(1)</sup>, Francisco José de Oliveira <sup>(1)</sup>, Clodoaldo José da Anunciação Filho <sup>(1)</sup>,

Gerson Quirino Bastos <sup>(1)</sup>, Djalma Euzébio Simões Neto <sup>(2)</sup> e Luiz José Oliveira Tavares de

Melo<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia "Melhoramento Genético em Plantas", rua Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE. E-mail: [gheysacoelho@gmail.com](mailto:gheysacoelho@gmail.com), [franseol@uol.com.br](mailto:franseol@uol.com.br), [bastosgq@hotmail.com](mailto:bastosgq@hotmail.com), [cjose@ufrpe.br](mailto:cjose@ufrpe.br) <sup>(2)</sup> Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina da UFRPE, Rua Juscelino Kubitschek de Oliveira, s/n, Bairro Novo, CEP 55810-000, Carpina, PE. E-mail: [desn@globo.com](mailto:desn@globo.com), [luizjose@hotmail.com](mailto:luizjose@hotmail.com)

Resumo - O objetivo deste trabalho foi avaliar a divergência genética entre sete variedades-padrões e onze clones RB de cana-de-açúcar, por meio de técnicas uni e multivariadas, com base em dez caracteres agroindustriais. O experimento foi conduzido na área agrícola da Usina Trapiche - Sirinhaém/PE, durante o ano agrícola 2005/2006. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro blocos e dezoito genótipos. Foram avaliados os caracteres NC, DC, AC, PMC, TCH, TPH, PC, BC, FIB e PUR. A distância generalizada de Mahalanobis foi utilizada como medida de dissimilaridade. Foram aplicados o método hierárquico de ligações médias (UPGMA) e o método de otimização de Tocher. Os resultados evidenciaram que a metodologia permite identificar genótipos de maior divergência genética para utilização em programas de melhoramento da cana-de-açúcar, proporcionando sugerir possíveis cruzamentos entre os clones mais divergentes e produtivos RB992542 e RB992558 com a variedade SP79-1911 e do clone RB992558 com a variedade RB92579. Os caracteres pol % cana, toneladas de cana por hectare, brix % cana e altura de colmos foram os principais determinantes na quantificação da divergência genética.

Termos para indexação: *Saccharum* spp., clones RB, análise multivariada, agrupamento.

### **Genetic divergence among sugarcane genotypes using techniques multivariate**

Abstract - This work aimed to was to evaluate the genetic divergence between seven variety patterns and eleven clones sugarcane RB, through techniques united and multivariate, with base in ten characters agroindustrial. The experiment was developed in the agricultural area in sugar mill Trapiche -Sirinhaém/PE, during the agricultural old year 2005/2006. The experimental design was randomized blocks with four repetitions and eighteen treatments. Evaluated the characters NC, DC, AC, PMC, TCH, TPH, PC, BC, FIB and PUR. The widespread distance of Mahalanobis was used as dissimilarity measure. They were applied the hierarchical method of medium connections (UPGMA) and the method of optimization of Tocher. The results evidenced that the methodology allows to identify genotypes of larger genetic divergence for use in programs of improvement of the sugarcane, allowing to suggest possible crossings between the most divergent clones and productive RB992542 and RB992558 with the variety SP79-1911 and of the clone RB992558 with the variety RB92579. The characters pol % cane, tons of cane for hectare, brix % cane and height of stems were the main ones decisive in the quantification of the genetic divergence.

Index terms: *Saccharum* spp., clones RB, multivariate analysis, grouping.

### **Introdução**

Estudos de divergência genética são importantes para o conhecimento da variabilidade genética das populações e possibilitam o monitoramento de bancos de germoplasmas (Cruz &

Carneiro, 2003), pois esses estudos geram informações úteis para preservação e uso dos acessos (Toquica et al., 2003).

Para quantificar essa diversidade genética pode-se utilizar caracteres agronômicos, morfológicos, moleculares, entre outros. No caso de variáveis quantitativas essa variabilidade pode ser acessada utilizando-se medidas de dissimilaridade, destacando-se, entre elas, a distância Euclidiana e a distância generalizada de Mahalanobis. Essa última leva em consideração as variâncias e covariâncias residuais existentes entre as características mensuradas, quando o experimento se encontra sob delineamento experimental (Amorim et al., 2007).

Os métodos de agrupamento têm por finalidade separar um grupo original de observações em vários subgrupos, de forma a se obter homogeneidade dentro e heterogeneidade entre os subgrupos (Sneath & Sokal, 1973). Envolvem, segundo Cruz & Carneiro (2003), basicamente duas etapas: a primeira relaciona-se com a estimação de uma medida de dissimilaridade entre os indivíduos a serem agrupados; e a segunda, com a adoção de uma técnica de agrupamento para a formação dos grupos. Há vários métodos de agrupamento (Sneath & Sokal, 1973), sendo os hierárquicos e os de otimização os mais utilizados no melhoramento de plantas. Nos métodos hierárquicos, os indivíduos são agrupados por um processo que se repete em vários níveis, estabelecendo-se um dendograma, sem preocupação com o número ótimo de grupos. Nos métodos de otimização, por sua vez, os grupos são estabelecidos otimizando-se determinado critério de agrupamento, e difere dos métodos hierárquicos pelo fato de os grupos formados serem mutuamente exclusivos (Cruz & Carneiro, 2003). No método de otimização proposto por Tocher, adota-se o critério de manter a distância média intragrupo sempre inferior a qualquer distância intergrupos (Rao, 1952).

Em cana-de-açúcar a maioria das variedades hoje plantadas são híbridos provenientes dos programas de melhoramento brasileiros que usam preferencialmente as variedades nacionais como progenitores (Barbosa, 2001).

Assim sendo, o uso generalizado de variedades comerciais adaptadas ao sistema agrícola, na maioria das vezes oriundas de ancestrais muito próximos, com pequena distância genética, entre si, pode levar ao estreitamento da base genética e ao fenômeno genético denominado vulnerabilidade genética (Almeida et al., 2005). Nesse contexto, o conhecimento da diversidade genética, entre variedades comerciais em programas de melhoramento de plantas é de vital importância para os melhoristas na identificação e organização dos recursos genéticos disponíveis, visando à utilização desses na produção de novas variedades promissoras (Palomino et al., 2005). Complementando esse entendimento, Silva et al, 2007, retratam que para a cana-de-açúcar, a estimativa da divergência genética entre diferentes genótipos vem sendo estudada, visando à seleção de genitores para formação de híbridos ou mesmo a formação de novas populações segregantes, oriundas do intercruzamento de genótipos divergentes com características agronômicas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a divergência genética entre sete variedades padrões e onze clones RB de cana-de-açúcar, por meio de técnicas uni e multivariadas, com base em dez caracteres agroindustriais.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na área agrícola da Usina Trapiche, localizada no município de Sirinhaém (8°35'S e 35°07'W), Estado de Pernambuco, durante o ano agrícola 2005/2006 em

Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico textura argilosa, segundo a caracterização de Koffler et al. 1986. Durante o período de julho de 2005 a agosto de 2006, ciclo da cana-planta, foi observado 2.460 mm de precipitações pluviais.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições e dezoito genótipos de cana-de-açúcar, sendo sete variedades comerciais e onze clones RB, sendo um da série 98 e dez da série 99 (Tabela 1). A unidade experimental constou de cinco sulcos de 8,0 m de comprimento, espaçadas de 1,0 m entre sulcos, contendo uma área útil de 40 m<sup>2</sup>.

Os caracteres avaliados foram: 1) número de colmos (NC), obtido pela contagem do número total de colmos na fileira central, dividido pelo comprimento do sulco; 2) diâmetro do colmo (DC), obtido na altura média do colmo, com o auxílio de um paquímetro com precisão de 1mm; 3) altura do colmo (AC), medida em centímetros, do nível do solo até o primeiro “dewlap” visível (inserção da folha +1), com o auxílio de uma trena graduada; 4) peso médio de colmo (PMC), obtido através da pesagem dos colmos, em balança de prato com precisão de 10 g. 5) tonelada de cana por hectare (TCH), calculada por meio da transformação do peso total das parcelas em toneladas por hectare; 6) tonelada de açúcar provável por hectare (TPH), obtido através da multiplicação do TCH pelo percentual de sacarose aparente (PC).

Na avaliação dos caracteres diâmetro dos colmos, peso médio de colmos e altura dos colmos, foram tomadas em cada parcela experimental, ao acaso, cinco plantas na fileira central, aos doze meses de idade após o plantio e considerou-se os valores médios.

Para obtenção da tonelada de cana por hectare (TCH), foram colhidas canas de três sulcos centrais de cada parcela, aos 14 meses de idade da planta. Para determinação das características tecnológicas, retirou-se, por ocasião da colheita, uma amostra de dez colmos, ao acaso, para análise de pol % na cana (PC) fibra % cana (FIB), brix % na cana (BC) e pureza % no caldo da

cana (PUR) segundo Fernandes (2003). Durante a condução experimento foram realizados os tratos culturais exigidos para a cultura.

A análise de variância foi realizada para todos os caracteres e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott & Knott (1974), a 5% de probabilidade. A análise multivariada foi utilizada para quantificar a divergência genética. Empregou-se como técnica de agrupamento de otimização o método de Tocher (Rao, 1952) e para construir o dendrograma utilizou-se o método hierárquico do tipo UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetical Averages), desenvolvido por Sokal e Michener (1958), com base na Distância Generalizadas de Mahalanobis (1936), cujos resultados foram utilizados para comparação dos padrões de agrupamentos produzidos pelos dois tipos de métodos. Utilizou-se também, o critério de Singh (1981) para quantificar a contribuição relativa desses caracteres para a divergência genética. As análises uni e multivariadas foram realizadas utilizando-se o aplicativo genético-estatístico GENES (Cruz, 2006).

**Tabela 1.** Identificação dos 18 genótipos de cana-de-açúcar quanto aos genitores e procedência.

Genótipos	Genitores		Procedência
	Feminino	Masculino	
1. SP78-4764*	H56-2954	Desconhecido**	COPERSUCAR
2. SP79-1011*	NA56-79	CO775	COPERSUCAR
3. RB75126*	C278	Desconhecido**	RIDESA
4. RB763710*	F147	Desconhecido**	RIDESA
5. RB813804*	CP48-124	Desconhecido**	RIDESA
6. RB863129*	RB763411	Desconhecido**	RIDESA
7. RB92579*	RB75126	RB72199	RIDESA
8. RB982618	RB72454	Desconhecido**	RIDESA
9. RB992541	CO421	Desconhecido**	RIDESA
10. RB992542	CP27-139	Desconhecido**	RIDESA
11. RB992545	CP48-103	Desconhecido**	RIDESA
12. RB992547	RB853077	Desconhecido**	RIDESA
13. RB992548	CO331	Desconhecido**	RIDESA

14. RB992551	L62-96	Desconhecido**	RIDESA
15. RB992558	RB83102	Desconhecido**	RIDESA
16. RB992559	RB83102	Desconhecido**	RIDESA
17. RB992570	SP70-1284	Desconhecido**	RIDESA
18. RB992571	SP70-1284	Desconhecido**	RIDESA

\*Variedades-padrões; \*\*Policruzamentos.

### Resultados e Discussão

Pela análise da variância, constata-se que houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ;  $P < 0,01$ ) entre as médias dos genótipos de cana-de-açúcar para a maioria dos caracteres avaliados, exceto para BC, FIB e PUR, o que indica boas condições para a seleção e também para a quantificação da divergência genética. O valor elevado para PMC, conforme classificação proposta por Gomes (1990), pode ser atribuído, em parte, à heterogeneidade dos dados e por ser este um caráter altamente influenciado pelo ambiente. Em geral, a precisão experimental pode ser considerada adequada, mediante à significância da variabilidade genética entre os genótipos de cana-de-açúcar testados (Tabela 2).

Para os caracteres NC, PMC, TPH e PC foi observada a formação de dois grandes grupos, de acordo com o teste de agrupamento de Scott & Knott (1974). O número de colmos (NC) e peso médio de colmos (PMC) são caracteres secundários e independentes que influenciam fortemente na tonelada de colmo por hectare (TCH). Para o componente de produção NC a média ficou em 9,13 colmos por metro linear de sulco, variando entre 6,79 a 12,10, para o clone RB992545 e a variedade padrão RB92579, respectivamente. O PMC apresentou média de 0,71 kg, variando entre 0,37 e 1,08 kg para a variedade padrão RB813804 e o clone RB992558, respectivamente. Oliveira (2007) analisando 80 famílias de irmãos germanos de cana-de-açúcar

da série RB03 encontrou resultado semelhante para média geral do caráter massa média de colmos (0,715 kg). Para tonelada provável em açúcar (TPH) a média situou-se em 10,09, variando entre 8,12 e 12,92 para as variedades padrões BR863129 e RB763710.

O teor de sacarose aparente (PC) apresentou média de 13,53% variando entre 11,64 a 14,45% para a variedade padrão SP79-1011 e o clone RB992545. Concordando com esse resultado, Oliveira (2007) obteve média de 13,20%. Em relação aos caracteres AC e TCH, observou-se a formação de quatro e três grupos, respectivamente. Para AC a média situou-se em 238,09 cm, variando entre 199,50 a 331,45cm para a variedade padrão RB813804 e o clone RB992542, respectivamente. A tonelada de cana por hectare (TCH) apresentou uma média de 74,85 t/ha, variando entre 59,75 t/ha a 98,25 t/ha para as variedades padrões RB813804 e RB763710, respectivamente.

As estimativas das distâncias generalizadas de Mahalanobis ( $D^2$ ) relativas aos 18 genótipos de cana-de-açúcar estudados encontram-se na Tabela 3. O máximo valor de divergência genética ( $D^2=74,95$ ) foi observado entre a variedade padrão RB813804 e o clone RB992542, ambos provenientes de policruzamento e diferentes progenitores femininos (CP48-124 e CP27-139, respectivamente), o que pode ter contribuído para a maior dissimilaridade existente entre eles. A menor distância ( $D^2=1,19$ ) foi obtida entre os clones RB992551 e RB992571, significando maior similaridade entre os caracteres considerados. Constata-se divergência genética para o clone RB992542 com as variedades padrão SP79-1011, RB863804, RB863129 e com os clones RB992545, RB982618 e RB992559 que mostraram valores altos de  $D^2$ . Valores altos também foram observados para o clone RB992558 quando combinado com as variedades padrão SP79-1011, RB813804 e RB92579. Tais genótipos merecem considerável atenção na seleção de materiais para posteriores hibridações, pois devido à divergência genética,



espera-se a produção de híbridos de maior efeito heterótico. Neste contexto, Amaral-Jr (1986) relata que é importante estudar o efeito de cada genótipo, sendo observado suas respectivas performances em cruzamentos, antes de indicá-lo a ser utilizado efetivamente em um programa de melhoramento.

Os caracteres que mais contribuíram para a divergência genética pelo método de Singh (1981) entre os 18 genótipos de cana-de-açúcar foram PC, TCH, BC e AC , totalizando 75,32% (Tabela 4). Entre os caracteres avaliados por Silva et al. (2005) em um estudo de divergência genética de clones RB91 de cana-de-açúcar, os que mais contribuíram para divergência genética foram o número de colmos por parcela, o teor de brix (%) cana e a produção de açúcar por parcela.

Os coeficientes de herdabilidade média, avaliados nesse estudo foram considerados altos, de acordo com a classificação proposta por Rezende (2002), para os caracteres NC, AC, PMC, TCH e TPH, PC, BC e PUR, refletindo considerável presença do componente genético na expressão dos respectivos caracteres, indicando a possibilidade de êxito na seleção (Tabela 4). Esses resultados são concordantes com os registrados por Kang et al. (1983) para número de colmos, peso médio de colmos, brix % cana, tonelada de cana por hectare e tonelada de açúcar por hectare, com Sharma & Singh (1984) e Ferreira et al. (2007) para peso médio de colmos e com Melo et al. (2006), para produtividade de cana e açúcar, pol % cana, brix % cana, teor de fibra % cana e pureza % caldo da cana.

Adicionalmente à herdabilidade, o coeficiente de variação genética (CVg) e o índice b (razão entre o coeficiente de variação genética (CVg) e o coeficiente de variação experimental (CVe) também são parâmetros utilizados na quantificação da diversidade genética disponível na população, quando se deseja determinar o seu potencial para fins de melhoramento. A relação

CVg/CVe de magnitude superior a 1,0 mostra condições adequadas ao melhoramento, o que pode ser observado nos caracteres NC, PMC, TCH, PC e BC, indicando que o componente genético foi mais importante que o ambiental (Tabela 4).

A utilização do método de Otimização de Tocher, fundamentado na dissimilaridade expressas pelas distâncias de Mahalanobis possibilitou a distribuição dos 18 genótipos em quatro grupos distintos (Tabela 5). O grupo I englobou a maioria dos clones RB e a maioria das variedades padrões, ambos provenientes de policruzamento, correspondendo a 72,2% dos genótipos estudados. Os clones RB992570 e RB992571 agrupados dentre os genótipos do grupo I possuem a mesma constituição genética materna (SP70-1284). Já os clones RB992558 e RB992559 apesar de possuir a mesma constituição genética feminina (RB83102), foram agrupados em diferentes grupos III e II, respectivamente. Esse resultado é comum neste tipo de análise, onde os primeiros grupos concentram a maior parte dos indivíduos e os últimos grupos concentram menores números, a exemplo de vários trabalhos com diferentes culturas (Cruz et al., 2004 com trigo; Sudre et al., 2005 com pimenta e pimentão; Moraes et al., 2005 com soja; e Bonett et al., 2006 com feijão comum). Porém a alta porcentagem de indivíduos em apenas um grupo indica a baixa divergência encontrada, conforme estabelece os autores citados.

O grupo II foi constituído por duas variedades padrões SP79-1011 e RB92579, provenientes de cruzamento bi-parental. O grupo III foi formado por dois clones RB992542 e RB992558. O grupo IV foi representado apenas pela variedade padrão RB813804 também proveniente de policruzamento.

Estes resultados evidenciaram haver uma base genética restrita, pois houve a formação de um grupo com grande número de genótipos. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2005) ao estudar a divergência genética de clones RB91 de cana-de-

açúcar, avaliados na terceira fase de seleção. Os autores relataram haver grande similaridade entre clones desta série devido a base genética restrita, pois observaram um grupo com aproximadamente 83% dos genótipos avaliados; e por Oliveira (2007), ao analisar 80 famílias de irmãos germanos de cana-de-açúcar da série RB03, verificou a formação de 18 grupos e o primeiro foi constituído por 52,9% das famílias estudadas.

Com base nos resultados obtidos pelo agrupamento de Tocher e no desempenho dos clones da referida série, poderiam ser indicados cruzamentos entre os clones mais divergentes e mais produtivos, pois segundo Carpentieri-pipolo et al. (2000), a identificação de genótipos com base somente na divergência sem considerar o seu desempenho, pode não ser uma boa alternativa, sendo recomendado o uso de indivíduos divergentes com características agrônômicas importantes. Sendo assim, recomenda-se o cruzamento bi-parental dos clones RB992542 e RB992558 com a variedade SP79-1011; e do clone RB992558 com a variedade RB92579, por serem os mais divergentes e os mais produtivos, aliados aos caracteres NC, PMC e TCH; NC, AC e TPH.

Os métodos de agrupamento de otimização (Tocher) e hierárquico (UPGMA) agrupou de forma similar os 18 genótipos de cana-de-açúcar quanto à dissimilaridade, sendo os genótipos, porém, no UPGMA distribuídos em dois grupos (Figura 1). O grupo I englobou a maioria dos genótipos estudados e o grupo II correspondeu exatamente ao grupo III do método de Tocher. Essa semelhança reforça as possíveis recomendações de cruzamento entre os genótipos avaliados.

### **Conclusões**

1. A metodologia permite identificar genótipos de maior divergência genética para utilização em programas de melhoramento da cana-de-açúcar.

2. Para fins de melhoramento genético dos genótipos analisados, os possíveis cruzamentos entre os clones mais divergentes e agronomicamente superiores RB992542 e RB992558 com a variedade SP79-1911 e do clone RB992558 com a variedade RB92579, podem resultar em novas combinações gênicas, reunindo um maior número de genes favoráveis atualmente presente nas melhores variedades.

3. Os caracteres pol % cana, toneladas de cana por hectare, brix % cana e altura de colmos foram os principais determinantes na quantificação da divergência genética.

### **Agradecimentos**

Ao Convênio PROMATA/FACEPE/UFRPE pelo auxílio financeiro recebido através do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Sustentável a Zona da Mata de Pernambuco (PROMATA), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Programa de Melhoramento da Cana-de-açúcar da UFRPE (PMCCA/UFRPE/RIDESA) e a Usina Trapiche pelo apoio recebido para viabilização e execução da pesquisa.

### Referências

ALMEIDA, C.M.C.V.; DIAS, L.A.S.; OKABE, E.T.; MEDEIROS, J.R.P. Variability in genetic resources of cacao in Rondonia, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Brasília, v.5, p.318-324, 2005.

AMARAL JR, A.T. **Análise dialélica de betacaroteno, vitamina C, sólidos solúveis e produção e variabilidade em cultivares de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) via marcadores RAPD**. 1996. 194p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

AMORIM, E.P.; RAMOS, N.P.; UNGARO, M.R.G.; KIIHL, T.A.M. Divergência genética em genótipos de girassol. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.6, p.1637-1644, nov./dez., 2007.

BARBOSA, M.H.P. Study of genetic divergence in sugarcane varieties grown in Brazil using the parentage coefficient. **International Sugar Journal**. London, v.103, n.1231, 2001.

BONETT, L.P.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; SCHUELTER, A.R.; VIDIGAL FILHO, P.S.; GONELA, A.; LACANALLO, G.F. Divergência genética em germoplasma de feijoeiro comum coletado no estado do Paraná, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.27, n.4, p.547-560, out./dez., 2006.

SILVA, G.C. Seleção de clones RB de cana-de-açúcar no Litoral Sul da Zona da Mata de...

61

CARPENTIERI-PIPOLO, V.; DESTRO, D.; PRETE, C.E.C.; GONZALES, M.G.N.; POPPER, I.; ZANATTA, S.; SILVA, F.A.M. Seleção de genótipos parentais de acerola com base na divergência genética multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.8, p. 1613-1619, 2000.

CRUZ, C.D. **Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2006. 442p.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2003. 585p.

CRUZ, P.J.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; BENIN, G.; VIEIRA, E.A.; SILVA, J.A. G.; VALERIO I.P.; HARTWIG, I.; BUSATO, C.C. Genetic dissimilarity among wheat genotypes for lodging-associated traits. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.4, p.427-433, 2004.

FERNANDES, A. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. 2. ed. Piracicaba, SP: Ed. EME, 2003. 240p.

FERREIRA, F.M.; BARROS, W.S.; SILVA, F.L.; BARBOSA, M.H.P.; CRUZ, C.D.; BASTOS, I.T. Relações fenotípicas e genotípicas entre componentes de produção em cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.605-610, 2007.

SILVA, G.C. Seleção de clones RB de cana-de-açúcar no Litoral Sul da Zona da Mata de...

62

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba, SP: Ed. da USP, 1990. 467p.

KANG, M.S.; MILLER, J.D.; TAI, P.Y.P. Genetic and phenotypic path analysis and heritability in sugarcane. **Crop Science**, Madison, v.23, n.4, p.643-647, 1983.

KOFFLER, N.P.; LIMA, J.F.W.F.; LACERDA, J.F.; SANTANA, J.F.; SILVA, M.A. **Caracterização edafo-climática das regiões canavieiras do Brasil: Pernambuco**. Piracicaba, SP: Ed. PLANALSUCAR, 1986. 78p.

MAHALANOBIS, P.C. On the generalized distance in statistic. **Proceedings of the National Institute of Science**, Delhi, v.2, p.49-55, 1936.

MELO, L.J.O.T.; OLIVEIRA, F.J.; BASTOS, G.Q.; ANUNCIACAO FILHO, C.J.; REIS, O.V. Interação genótipo x ciclos de colheita de cana-de-açúcar da Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.2, p.197-205, 2006.

MORAES, R.M.A.; CRUZ, C.D.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Genetic divergence in soybean parents for backcrossing programs. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.5, p.340-347, 2005.

SILVA, G.C. Seleção de clones RB de cana-de-açúcar no Litoral Sul da Zona da Mata de...

63

OLIVEIRA, R.A. **Seleção de famílias de maturação precoce em cana-de-açúcar via REML/BLUP**. 2007. 142f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

PALOMINO, E.C.; MORI, E.S.; ZIMBACK, L.; TAMBARUSSI, E.V.; MORAES, C.B. Genetic diversity of common bean genotypes of Carioca commercial group using RADP markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.5, p.80-85, 2005.

RAO, R.C. **Advanced statistical methods in biometric research**. New York: J. Wiley, 1952. 390p.

RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: Embrapa, 2004. 975p. (Informação Tecnológica).

SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SNEATH, P.H., SOKAL, R.R. **Numerical Taxonomy: the principles and practice of numerical classification**. W.H. Freeman, 1973. 573p.

SHARMA, M.L.; SINGH, H.N. Genetic variability, correlation and path-coefficient analysis in hybrid populations of sugarcane. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v.54, n.2, p.101-109, 1984.



SILVA, G.C. Seleção de clones RB de cana-de-açúcar no Litoral Sul da Zona da Mata de...

64

SILVA, C.M.; GONCALVES-VIDIGAL, M.C.; FILHO, P.S.V.; SCAPIM, C.A.; DAROS, E.; SILVERIO, L. Genetic diversity among sugarcane clones (*Saccharum* spp.). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27, n.2, p.315-319, 2005.

SILVA, P.P.; SOARES, L.; RAMALHO NETO, C.E.; BARBOSA, G.V.S.; SANTOS, J.M. Diversidade genética em cana-de-açúcar baseada em caracteres morfoagronômicos e marcadores moleculares RAPD. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 4., 2007, São Lourenço. **Anais...** 2007. Suplemento CD-ROM.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, v.41, n.1, p.237-245, 1981.

SOKAL, R.R.; MICHENER, D. A statistical method for evaluation systematic relationships. **University of Kansas Scientific Bulletin**, Kansas, v.38, p.1409-1438, 1958.

SUDRE, C.P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E.M.; KARASAWA, M.; AMARAL JUNIOR, A.T. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.22-27, 2005.

TOQUICA, S.P.; RODRÍGUEZ, F.; MARTINEZ, E.; DUQUE, M.C.; TOHME, J. Molecular characterization by AFLPs of *Capsicum* germplasm from the Amazon department in Colombia. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.50, n.6, p.639-647, 2003.

**Tabela 2.** Médias dos caracteres número de colmos (NC), diâmetro de colmos (DC), altura de colmos (AC), peso médio de colmos (PMC) avaliados aos 12 meses, e tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de açúcar provável por hectare (TPH), pol % cana (PC), brix % cana (BC), fibra % cana (FIB) e pureza % caldo da cana (PUR), avaliados aos 14 meses de idade da cana-planta, teste F (tratamentos) e coeficiente de variação experimental (CVE%). PE, 2008.

Genótipos	Caracteres									
	NC	DC (cm)	AC (cm)	PMC (kg)	TCH (t.ha <sup>-1</sup> )	TPH (t.ha <sup>-1</sup> pol)	PC (%)	BC (%)	FIB (%)	PUR (%)
SP78-4764*	9,85a	2,50a	265,40b	0,92a	82,25b	11,64a	14,16a	19,63a	13,20a	86,95a
SP79-1011*	10,75a	2,48a	222,10d	0,70b	84,75b	9,79b	11,64b	17,00a	14,03a	83,65a
RB75126*	10,25a	2,70a	240,80c	0,85a	79,25b	11,15a	14,08a	19,63a	13,40a	86,73a
RB763710*	9,07b	2,37a	245,35c	0,68b	98,25a	12,92a	13,17b	18,88a	13,30a	84,17a
RB813804*	10,88a	2,30a	199,50d	0,37b	59,75c	7,46b	12,60b	18,78a	13,92a	82,06a
RB863129*	9,25b	2,39a	208,30d	0,64b	62,25c	8,12b	13,15a	18,41a	13,24a	86,26a
RB92579*	12,10a	2,45a	247,15c	0,69b	89,25a	12,09a	13,56a	19,27a	14,40a	86,70a
RB982618	9,44b	2,62a	209,00d	0,77b	66,00c	9,26b	14,13a	19,92a	13,18a	85,43a
RB992541	7,91b	2,29a	226,75c	0,54b	63,75c	8,67b	13,70a	19,27a	13,84a	86,70a
RB992542	8,41b	2,43a	331,45a	1,02a	72,25c	9,03b	12,54b	18,21a	13,66a	83,73a
RB992545	6,97b	2,51a	206,30d	0,71b	74,75c	10,77a	14,45a	20,15a	12,37a	85,27a
RB992547	8,66b	2,52a	247,95c	0,76b	68,50c	9,42b	13,93a	19,30a	12,81a	86,30a
RB992548	11,03a	2,16a	227,30c	0,47b	69,25c	9,47b	13,75a	19,19a	12,14a	84,75a
RB992551	7,41b	2,40a	232,10c	0,70b	77,75b	10,48a	13,52a	19,25a	13,53a	85,24a
RB992558	7,94b	2,42a	286,60b	1,08a	68,75c	9,70b	13,97a	19,44a	12,05a	84,52a
RB992559	8,38b	2,39a	219,15d	0,60b	84,00b	12,02a	14,26a	20,02a	13,16a	85,85a
RB992570	8,38b	2,17a	231,65c	0,56b	73,50c	9,41b	12,94b	18,53a	14,58a	86,17a
RB992571	7,75b	2,57a	238,85c	0,78b	73,00c	10,23b	14,03a	19,72a	13,12a	85,69a
Média geral	9,13	2,42	238,09	0,71	74,85	10,09	13,53	19,14	13,33	85,34
F (tratamentos)	5,2768**	1,4950 <sup>ns</sup>	10,7608**	2,9255**	5,5403**	5,1931**	2,0751*	1,9422 <sup>ns</sup>	1,9182 <sup>ns</sup>	1,5253 <sup>ns</sup>
CV <sub>E</sub> (%)	13,54	9,44	8,15	29,50	11,45	12,68	7,54	5,73	7,58	2,51

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

\* Variedades-padrões.

\*\*\* significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo.

**Tabela 3.** Estimativas das distâncias entre os 18 genótipos de cana-de-açúcar quantificadas pelo método das distâncias generalizadas de Mahalanobis ( $D^2$ ). PE, 2008.

G	Distâncias entre genótipos																	D <sup>2</sup> >	D <sup>2</sup> <
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	26,62	5,00	10,17	37,47	20,94	11,53	16,56	10,43	22,41	19,77	5,71	17,09	7,48	18,43	11,32	7,98	7,21	37,47	5,00
2	0	21,56	22,13	41,13	29,01	18,68	27,39	30,10	59,71	46,57	23,85	28,77	31,53	57,61	38,87	18,09	34,86	59,71	18,09
3		0	11,32	25,54	15,65	8,43	7,45	10,51	41,86	13,98	7,41	16,36	7,34	33,33	7,12	11,16	5,88	41,86	5,00
4			0	48,07	34,19	10,67	26,05	21,11	40,05	23,91	15,24	24,89	11,41	43,08	12,72	15,28	14,78	48,07	10,17
5				0	17,64	34,28	15,96	25,84	<b>74,95</b>	33,50	32,05	14,84	31,82	56,77	28,90	31,25	30,47	74,95	14,84
6					0	28,11	6,70	7,02	54,88	18,47	12,07	11,71	13,64	41,20	22,20	12,12	14,40	54,88	6,70
7						0	23,75	23,36	45,76	37,57	19,78	19,62	20,72	54,61	20,49	16,91	22,70	54,61	8,43
8							0	8,52	58,33	8,68	10,20	15,54	9,34	37,83	12,12	14,36	7,60	58,33	6,70
9								0	34,34	11,99	3,36	13,37	4,15	26,32	12,74	4,05	4,61	34,34	3,36
10									0	63,00	25,97	43,69	35,92	19,86	53,85	29,83	35,57	74,95	19,86
11										0	14,20	26,79	5,89	35,74	5,64	20,72	4,87	63,00	4,87
12											0	12,82	5,41	19,90	13,95	5,77	4,28	32,05	3,36
13												0	18,85	36,22	21,21	16,21	19,02	43,69	11,71
14													0	26,75	5,28	6,95	<b>1,19</b>	35,93	1,19
15														0	35,37	25,85	23,70	57,61	18,43
16															0	16,34	5,29	53,85	5,28
17																0	9,91	31,25	4,05
18																	0	35,57	1,19

**Tabela 4.** Importância relativa de dez caracteres agroindustriais para estudo da diversidade genética em 18 genótipos de cana-de-açúcar e parâmetros associados a esses caracteres. PE, 2008.

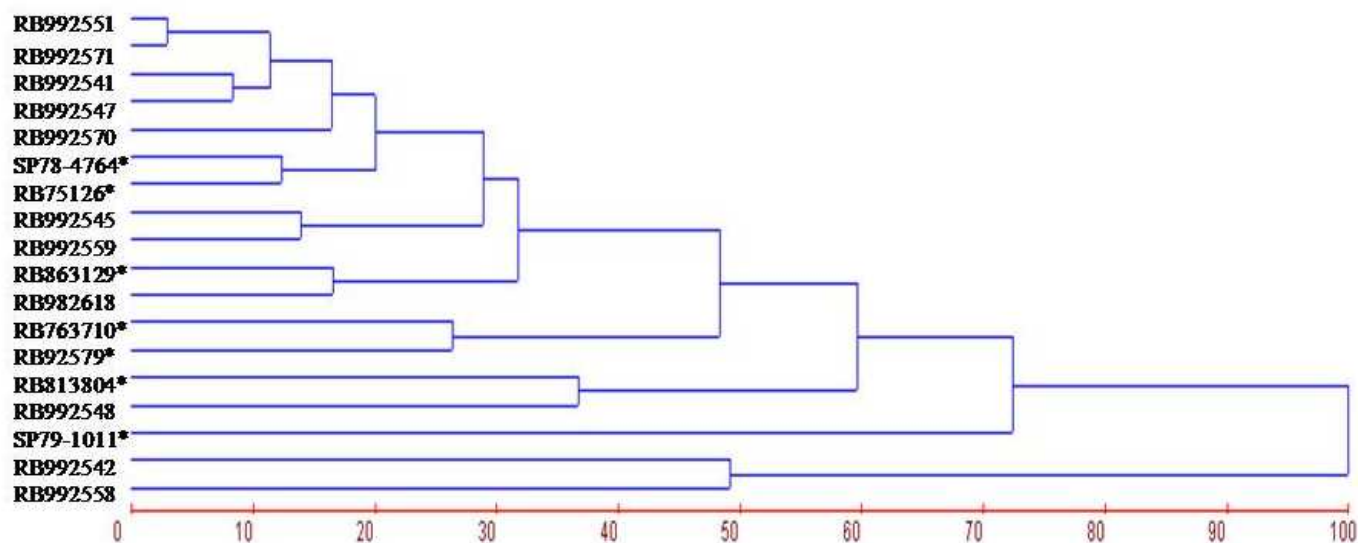
Características	<i>S.j</i>	<i>S.j</i> (%)	Herdabilidade ( $h^2_m$ )	<i>CVg</i>	<i>CVg/CV<sub>e</sub></i>
NC	538,29	6,15	81,05	14,00	1,03
DC	139,09	1,59	33,11	3,32	0,35
AC	993,38	11,34	65,82	20,47	0,69
PMC	156,63	1,79	83,97	12,10	1,14
TCH	1981,83	22,63	90,71	12,73	1,56
TPH	501,82	5,73	68,82	16,29	0,74
POL	2085,37	23,81	81,95	12,20	1,07
BC	1536,21	17,54	80,74	12,98	1,02
FIB	104,17	1,19	47,87	3,63	0,48
PUR	721,91	8,24	51,81	3,91	0,52

*S.j*: contribuição da variável *x* para o valor da distância de Mahalanobis entre os genótipos *i* e *i'*, *CVg*: coeficiente de variação genética, *CV<sub>e</sub>*: coeficiente de variação ambiental, NC: número de colmos, DC: diâmetro de colmos, AC: altura de colmos, PMC: peso médio de colmos, TCH: tonelada de cana por hectare, TPH: tonelada de açúcar provável por hectare, PC: pol % cana, BC: brix % cana, FIB: fibra % cana, e PUR: pureza % no caldo da cana.

**Tabela 5.** Formação dos grupos de dissimilaridade pelo método de Tocher a partir das distâncias de Mahalanobis estimadas para sete variedades e onze clones RB de cana-de-açúcar, avaliados para dez caracteres agroindustriais. PE, 2008.

Grupos	Genótipos	%
I	RB992551, RB992571, RB992541, RB992547, RB992570, SP78-4764*, RB75126*, RB992559, RB982618, RB992545, RB863129*, RB992548 e RB763710*	72,2
II	SP79-1011* e RB92579*	11,1
III	RB992542 e RB992558	11,1
IV	RB813804*	5,6

\* Variedades-padrões.



**Figura 1.** Dendrograma ilustrativo do padrão de dissimilaridade, estabelecido pelo método das ligações médias (UPGMA), com base na distância de Mahalanobis (D2), para as sete variedades-padrões e 11 clones RB de cana-de-açúcar. PE, 2008. \* Variedades-padrões.

### **CAPÍTULO III**

---

## **CORRELAÇÕES E ANÁLISE DE TRILHA DE CARACTERES AGRONÔMICOS E TECNOLÓGICOS EM GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Artigo enviado para publicação na revista  
de Ciências Agronômicas "Bragantia".

## **CORRELAÇÕES E ANÁLISE DE TRILHA DE CARACTERES AGRONÔMICOS E TECNOLÓGICOS EM GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR <sup>(1)</sup>**

GHEYSA COELHO SILVA <sup>(2)</sup>, FRANCISCO JOSÉ DE OLIVEIRA <sup>(3)</sup>, CLODOALDO JOSÉ DA ANUNCIÇÃO FILHO <sup>(3)</sup>, GERSON QUIRINO BASTOS <sup>(3)</sup>, DJALMA EUZÉBIO SIMÕES NETO <sup>(4)</sup> E LUIZ JOSÉ OLIVEIRA TAVARES DE MELO <sup>(4)</sup>

<sup>1</sup>Extraído da dissertação de mestrado apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Recebido para publicação em \_\_\_\_\_ e aceito em \_\_\_\_\_

<sup>2</sup>Engenheira Agrônoma, aluna de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia “Melhoramento Genético em Plantas” da UFRPE. E-mail: [gheysacoelho@gmail.com](mailto:gheysacoelho@gmail.com). Bolsista CNPq.

<sup>3</sup>Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos, 52171-900 Recife (PE). E-mail: [franseol@uol.com.br](mailto:franseol@uol.com.br) (Autor correspondente); [cjoseufrpe@yahoo.com.br](mailto:cjoseufrpe@yahoo.com.br); [bastosgq@hotmail.com](mailto:bastosgq@hotmail.com)

<sup>4</sup>Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina da UFRPE, Rua Juscelino Kubitschek de Oliveira, s/n - Bairro Novo, 55.810-000, Carpina (PE). E-mail: [desn@globo.com](mailto:desn@globo.com); [luizjose@hotmail.com](mailto:luizjose@hotmail.com)

Número total de páginas: 21

Número total de tabelas: 05

Número total de figuras: 01

## CORRELAÇÕES E ANÁLISE DE TRILHA DE CARACTERES AGRONÔMICOS E TECNOLÓGICOS EM GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR <sup>(1)</sup>

GHEYSA COELHO SILVA <sup>(2)</sup>, FRANCISCO JOSÉ DE OLIVEIRA <sup>(3)</sup>, CLODOALDO JOSÉ DA ANUNCIÇÃO FILHO <sup>(3)</sup>, GERSON QUIRINO BASTOS <sup>(3)</sup>, DJALMA EUZÉBIO SIMÕES NETO <sup>(4)</sup> E LUIZ JOSÉ OLIVEIRA TAVARES DE MELO <sup>(4)</sup>

### RESUMO

Objeto deste trabalho foi avaliar as relações entre os caracteres agronômicos e tecnológicos sobre a produtividade em cana e açúcar e identificar seus efeitos diretos e indiretos para auxiliar o processo de seleção de clones RB de cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido na área agrícola da Usina Trapiche - Sirinhaém/PE, durante o ano agrícola 2005/2006. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições e dezoito genótipos constituídos por sete variedades padrões. Foram avaliados em cana-planta para a produção agrícola os caracteres NC, DC, AC, PMC e TCH. Para determinação das características tecnológicas foram mensuradas BC, PC, FIB, PUR e TPH. Estimaram-se as correlações e fizeram-se as análises de trilha. O peso médio dos colmos, a altura e o diâmetro de colmos devem ser considerados na seleção de clones RB visando melhoria na produtividade de cana-de-açúcar. Indiretamente, a seleção via altura e diâmetro de colmos possibilita resposta eficiente para melhoria da produtividade de cana-de-açúcar. Quanto a produtividade em açúcar, os clones RB avaliados podem ser selecionados simultaneamente para a TCH e PC.

**Palavras-chave:** *Saccharum* spp., análise multivariada, seleção de clones, caracteres da planta, pré-seleção.

<sup>1</sup>Extraído da dissertação de mestrado apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

<sup>2</sup>Eng<sup>a</sup> Agrônoma. Aluna do curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia "Melhoramento Genético em Plantas" da UFRPE. Autor correspondente. E-mail: [gheysacoelho@gmail.com](mailto:gheysacoelho@gmail.com). Autor correspondente. Bolsista CNPq.

<sup>3</sup>Professor Dr. do Departamento de Agronomia da UFRPE, rua Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife (PE). E-mail: [franseol@uol.com.br](mailto:franseol@uol.com.br); [bastosgq@hotmail.com](mailto:bastosgq@hotmail.com); [cjose@ufrpe.br](mailto:cjose@ufrpe.br)

<sup>4</sup>Pesquisador da estação experimental de cana-de-açúcar do Carpina da UFRPE, Rua Juscelino Kubitschek de Oliveira, s/n – Bairro Novo, 55.810-000, Carpina (PE). E-mail: [desn@globob.com](mailto:desn@globob.com); [luizjose@hotmail.com](mailto:luizjose@hotmail.com)



## **CORRELATIONS AND PATH ANALYSIS OF TRAIL OF AGRONOMIC AND TECHNOLOGICAL CHARACTERS IN SUGARCANE GENOTYPES**

### **ABSTRACT**

This work aimed to was to evaluate the relationships among agronomic and technological characters about the productivity in cane and sugar, and to identify their direct and indirect effects, for auxiliary the process of selection of clones RB of sugarcane. The experiment was developed in the agricultural area in sugar mill Trapiche - Sirinhaém-PE, during the agricultural year 2005/2006. The experimental design was randomized blocks with four repetitions and eighteen genotypes constituted by seven varieties patterns. Were appraised in cane-plant for the agricultural production the characters NC, DC, AC, PMC and TCH. For determination of the technological characteristics BC, PC, FIB, PUR and TPH were measured. They were considered the correlations, and they were made the trail analyses. The medium weight of the stems, the height and the diameter of stems should be considered in the selection of clones RB seeking improvement in the sugarcane productivity. Indirectly, the selection through height and diameter of stems makes possible efficient answer for improvement of the sugarcane productivity. As the productivity in sugar, the clones appraised RB can be selected simultaneously for TCH and PC.

**Key words:** *Saccharum* spp., multivariate analysis, selection of clones, characters of the plant, pre-selection.

### **1. INTRODUÇÃO**

As estimativas dos coeficientes de correlação permitem ao pesquisador prever, de modo seguro, as alterações em um determinado caráter provocadas pela pressão de seleção exercida sobre outro caráter (COIMBRA et al., 1999). Sendo assim, a correlação é apenas uma medida de

associação e, portanto, não permite conclusões sobre causa e o efeito, não possibilitando inferências sobre o tipo de associação que governa o par de caracteres avaliados. Para superar esta limitação, WRIGHT (1921) desenvolveu um método que permite desdobrar os coeficientes de correlações em efeitos diretos e indiretos (coeficiente de trilha). De modo contextualizado, um coeficiente de trilha ou análise de causa e efeito pode ser definido como um coeficiente de regressão estandarizado ou padronizado; sendo que a análise de trilha é composta por uma expansão da regressão múltipla quando estão envolvidas inter-relações complexas (CRUZ e CARNEIRO, 2003).

Para que a avaliação da associação entre caracteres forneça estimativa e gere uma interpretação biologicamente correta, é necessário realizar-se a análise da multicolinearidade entre as variáveis independentes. Pois o sucesso da análise de trilha reside basicamente na formulação do relacionamento causa-efeito entre as variáveis (SCHUSTER, 1996). Além disso, o desdobramento de correlações é dependente do conjunto de caracteres estudados, que normalmente é estabelecido pelo conhecimento prévio do pesquisador de sua importância e de possíveis inter-relações expressas em diagramas de trilha (CRUZ e REGAZZI, 1994).

Neste contexto, a literatura apresenta alguns estudos sobre as relações entre variáveis importantes para a cultura da cana, via análise de trilha, a exemplo de FERREIRA et al., 2007; REDDY e REDDI, 1986; SHARMA e SINGH (1984); e KANG et al., 1983.

Objetivou-se com este trabalho avaliar as relações entre os caracteres agronômicos e tecnológicos sobre a produtividade em cana e açúcar e identificar seus efeitos diretos e indiretos para auxiliar o processo de seleção de clones RB de cana-de-açúcar.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na área agrícola da Usina Trapiche, localizada no município de Sirinhaém (8°35'S e 35°07'W), Estado de Pernambuco, durante o ano agrícola 2005/2006 em

Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico textura argilosa, segundo a classificação de KOFFLER et al. 1986. Durante o período de julho de 2005 a agosto de 2006, ciclo da cana-planta, foi observado 2.460 mm de precipitações pluviais.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições e dezoito genótipos de cana-de-açúcar, sendo sete variedades comerciais (SP78-4764, SP79-1011, RB75126, RB763710, RB813804, RB863129 e RB92579), um clone RB da série 98 (RB982618) e dez clones RB da série 99 (RB992541, RB992542, RB992545, RB992547, RB992548, RB992551, RB992558, RB992559, RB992570 e RB992571). A unidade experimental constou de cinco sulcos de 8,0 m de comprimento, espaçadas de 1,0 m entre sulcos, contendo uma área útil de 40 m<sup>2</sup>.

Para efeito de tratamento foram avaliadas as variáveis (1) número de colmos (NC), obtido pela contagem do número total de colmos na fileira central, dividido pelo comprimento do sulco; (2) diâmetro do colmo (DC), obtido na altura média do colmo, com o auxílio de um paquímetro com precisão de 1 mm; (3) altura do colmo (AC), medida em centímetros, do nível do solo até o primeiro “dewlap” visível (inserção da folha +1), com o auxílio de uma trena graduada; (4) peso médio de colmo (PMC), obtido através da pesagem dos colmos, em balança de prato com precisão de 10 g. (5) estimativa da tonelada de cana por hectare (TCH), calculada por meio da multiplicação do peso médio de colmos pelo número de colmos e transformados em toneladas por hectare; (6) tonelada de açúcar provável por hectare (TPH), obtido através da multiplicação do TCH pelo percentual de sacarose aparente (PC).

Na avaliação dos caracteres diâmetro dos colmos, peso médio de colmos e altura dos colmos foram tomadas em cada parcela experimental, ao acaso, cinco plantas na fileira central, aos doze meses de idade após o plantio e considerou-se os valores médios. Para determinação das características tecnológicas, retirou-se, por ocasião da colheita, uma amostra de dez colmos, ao acaso, para análise de pol % na cana (PC), fibra % cana (FIB), brix % na cana (BC) e pureza % no

caldo da cana (PUR) segundo FERNANDES (2003). Durante a condução experimental foram realizados os tratos culturais exigidos para a cultura.

Estimativas de correlação ( $r_G = \text{COV}_{G_{xy}} / [(\sigma^2_{G_x} \sigma^2_{G_y})]^{1/2}$ ,  $r_F = \text{COV}_{F_{xy}} / [(\sigma^2_{F_x} \sigma^2_{F_y})]^{1/2}$  e  $r_E = \text{COV}_{E_{xy}} / [(\sigma^2_{E_x} \sigma^2_{E_y})]^{1/2}$ ) e de coeficiente de determinação genotípico foram determinadas conforme VENCOVSKY e BARRIGA (1992).

Desdobramentos destas correlações em efeitos diretos e indiretos foram realizados por meio da análise de trilha desenvolvida por WRIGHT (1921). Os coeficientes de trilha foram estimados a partir do sistema de equações normais,  $X'X\beta = X'Y$ , em que  $X'X$  é a matriz de correlações genotípicas ou fenotípicas entre as variáveis explicativas do modelo matemático;  $\beta$  é o vetor dos estimadores dos coeficientes de trilha;  $Y$  é a matriz de correlações genotípicas ou fenotípicas entre a variável principal e cada variável explicativa do modelo.

Decompondo-se as correlações de TCH e PMC com os componentes de produção e, PC e TPH com os caracteres de qualidade tecnológica têm-se:  $r_{iTCH} = p_{iTCH} + \sum_{j \neq i}^n r_{ij} p_{jTCH}$ ,  $r_{iPMC} = p_{iPMC} + \sum_{j \neq i}^n r_{ij} p_{jPMC}$ ,  $r_{iPC} = p_{iPC} + \sum_{j \neq i}^n r_{ij} p_{jPC}$  e  $r_{iTPH} = p_{iTPH} + \sum_{j \neq i}^n r_{ij} p_{jTPH}$ , em que  $r_{iPMC}$  (ou) é a correlação entre a variável TCH (ou PMC), PC e TPH com a  $i$ -ésima variável explicativa (AC, DC, NC; BC, FIB, PUR; e TCH, PC, respectivamente);  $p_{ij}$  é a medida do efeito indireto da variável  $i$ , via variável  $j$  (para todo  $i, j$ ), sobre TCH, PMC, PC e TPH, respectivamente.

Diagramas causais mostrando o inter-relacionamento das variáveis analisadas são apresentados na Fig. 1. Nesses diagramas, a seta unidirecional indica efeito direto (coeficiente de trilha) de cada variável explicativa, enquanto a seta bidirecional representa a interdependência de duas variáveis explicativas, cuja magnitude é quantificada pela correlação genotípica. A Fig. 1a mostra o diagrama correspondente às relações causa-efeito entre as variáveis primárias, AC, DC e NC, e a variável básica TCH; 1b mostra o diagrama correspondente às relações causa-efeito entre as

variáveis primária AC e DC, e a variável básica PMC; 1c mostra o diagrama correspondente às relações causa-efeito entre as variáveis primária BC, FIB e PUR, e a variável básica Pol % cana (PC); 1d mostra o diagrama correspondente às relações causa-efeito entre as variáveis primárias TCH e PC e a variável básica TPH.

Antes da execução da análise de trilha realizou-se o diagnóstico de multicolinearidade nas matrizes de correlações genóticas e fenóticas, de acordo com os critérios indicados por MONTGOMERY e PECK (1981), resultando em colinearidade fraca ( $NC < 100$ ).

A diagnose da multicolinearidade, e todas as outras análises desse estudo foram efetuadas pelo programa computacional Genes (CRUZ, 2006).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo teste F aplicado, a análise de variância indicou diferenças altamente significativas ( $P < 0,01$ ) entre os genótipos para os caracteres, número de colmos, altura de colmos, peso médio de colmos, tonelada de cana por hectare e tonelada de pol por hectare, e significativa ( $P < 0,05$ ) para a pol % cana, evidenciando alto grau de variabilidade genética para esses caracteres entre os genótipos de cana-de-açúcar avaliados nesse ambiente (Tabela 1).

A amplitude do coeficiente de variação experimental oscilou de 2,51 para PUR e 40,42 % para TPH. O elevado valor atribuído a TPH (40,42%), conforme classificação proposta por GOMES (1990) pode ser atribuído, em parte, provavelmente devido a heterogeneidade dos dados e por ser uma caráter dependente de vários caracteres e altamente influenciado pelo ambiente, o que não invalida os resultados da pesquisa. Em geral, a precisão experimental pôde ser considerada adequada, mediante a significância ( $P < 0,05$ ;  $P < 0,01$ ) da variabilidade genética entre os genótipos testados.

Os coeficientes de herdabilidade média, avaliados nesse estudo foram considerados altos para NC (81,05%), AC (65,82%), PMC (83,97%), PC (81,95%), BC (80,74%), PUR (51,81%) e TCH (51,09), conforme a classificação proposta por REZENDE (2002). Isto reflete considerável presença do componente genético na expressão dos respectivos caracteres, indicando a possibilidade de êxito na seleção. Segundo CRUZ e REGAZZI (1994) os caracteres complexos comumente apresentam baixa herdabilidade, enquanto que os caracteres menos complexos ostentam valores mais elevados desse parâmetro. Esses resultados são concordantes com os registrados por KANG et al. (1983), para número de colmos, peso médio de colmos, brix % cana, tonelada de cana por hectare e tonelada de açúcar por hectare, com SHARMA e SINGH (1984) e FERREIRA et al. (2007), para peso médio de colmos e MELO et al. (2006), para produtividade de cana e açúcar, pol % cana, brix % cana, teor de fibra % cana e pureza % caldo da cana.

As estimativas de herdabilidade têm variado de 0,21 a 0,84 para AC; 0,30 a 0,94 para DC; 0,13 a 0,82 para NC; 0,48 a 0,81 para PMC, conforme as populações estudadas e seus contextos genéticos (CESNIK e VENCOSKY, 1974; HOGARTH, 1977; HOGARTH et al., 1981; KANG et al., 1983; SKINNER et al., 1987).

Nas tabelas 2 e 3, encontram-se as estimativas das correlações fenotípicas ( $r_F$ ), genotípicas ( $r_G$ ) e ambiental ( $r_E$ ) entre os caracteres agrônômicos e tecnológicos, respectivamente. Verifica-se diferenças em sinal com as correlações genotípicas e ambientais, o que indicam que as causas de variação genética e de ambiente podem afetar os caracteres, por meio de diferentes mecanismos fisiológicos.

Em geral, as estimativas das correlações fenotípicas e genotípicas para caracteres agrônômicos e tecnológicos foram concordantes, quanto ao sinal, exibindo valores próximos, com superioridade atribuída as correlações genotípicas. Essa superioridade é comentada por GONÇALVES et al. (1996) como resultante dos efeitos modificadores do ambiente na associação dos caracteres. Corroborando neste entendimento FERREIRA et al. (2007) mencionam que nos

casos em que há uma proximidade na magnitude das correlações fenotípicas e genotípicas, refere-se a pequena influencia ambiental sobre a associação de duas variáveis.

Geneticamente, o peso médio do colmo (PMC) está correlacionado negativamente e altamente significativo com o NC (-0,4386\*\*); positivo e altamente significativo com DC (0,5296\*\*) e AC (0,8580\*\*). Fenotipicamente, o peso médio de colmos correlacionou-se positivo e altamente significativo com DC (0,5852\*\*) e AC (0,7648\*\*). Esses resultados evidenciam que a produção de colmos está fortemente relacionada com DC e AC em sinal e magnitude. Neste caso é possível a seleção simultânea de DC e AC para PMC. Em relação à estimativa da produtividade de cana (TCH) houve correlação fenotípica, genotípica e ambiental altamente significativa e positiva com DC (0,5774\*\*, 0,5384\*\* e 0,6223\*\*, respectivamente), AC (0,6642\*\*, 0,8115\*\* e 0,5241\*\*, respectivamente) e PMC (0,8407\*\*, 0,8110\*\* e 0,9059\*\*, respectivamente); e apenas ambiental com NC (0,5755) (Tabela 2). Essas estimativas de correlações foram concordantes com os resultados encontrados por SHARMA e SINGH (1984) para a relação entre peso de colmos e altura de colmos, e com número de colmos em relação ao sinal e significância; com KANG et al. (1983) para a correlação entre PMC com NC, DC e AC em relação ao sinal e significância.

As avaliações biométricas são de grande significância para o desenvolvimento vegetativo da cultura da cana-de-açúcar e envolve medição da altura do perfilho, diâmetro médio do perfilho, número de folhas ativas totais, bem como o número de perfilhos por metro linear, fatores estes que estão envolvidos diretamente com a produtividade da lavoura (CASAGRANDE, 1981). Para LIMA e CATÂNEO (1997), a produtividade da cana-de-açúcar está associada ao crescimento e desenvolvimento da planta que é afetada pelo clima e tipo de solo, sendo, portanto dependente do local onde a cultura está instalada.

Conforme apresentado na tabela 3, a produtividade de açúcar (TPH) está, geneticamente, correlacionada positivamente com PUR (0,3389\*). Ambientalmente, a TPH correlacionou-se positiva e altamente significativa com PC (0,3748\*\*); significativo com BC (0,2977\*); e negativo

com FIB (-0,3425\*). Evidenciando que as condições ambientais é um determinante para as características tecnológicas avaliadas nesse estudo.

Fenotipicamente e geneticamente, a PC esta correlacionado positivamente e altamente significativo com BC (0,9614\*\* e 0,9946\*\*), concordando com KANG et al. (1983); negativo e altamente significativo com FIB (-0,5789\*\* -0,8582\*\*). Negativamente, a maior estimativa foi observada entre os caracteres BC e FIB (-0,9079\*\*), o que demonstra uma associação inversa entre ambos os caracteres. HOOGERHEIDE et al. 2007, ressaltam que quando um caráter correlaciona-se positivamente com alguns e negativamente com outros, há a indicação de se ter um cuidado adicional, pois, ao selecionar-se um determinado caráter, podem-se provocar mudanças indesejáveis em outros. Tais correlações são indicativas da dificuldade que poderá haver em selecionar materiais que venham a ter elevada produtividade de colmos e propiciar elevada produtividade em açúcar.

O estudo de correlações é uma medida de associação e não permite tirar conclusões sobre o estudo da relação de causa e efeito. Por isso, procedeu-se à análise de trilha, que proporciona um conhecimento detalhado das influências dos caracteres envolvidos com a produtividade de cana e açúcar, e justificam a existência de correlações positivas e negativas, de alta e baixa magnitude, entre os caracteres estudados. KANG et al. (1983) mencionam que quando as magnitudes das correlações não são semelhantes, as correlações genotípicas são intrinsecamente mais úteis do que as correlações fenotípicas, para decidir estratégias de seleção. Porém, valores genotípicos, mas não fenotipicamente correlacionados podem não ter valor prático na seleção, porque a seleção é, geralmente, realizada com base no fenótipo (SHUKLA et al., 1998). Mediante esses argumentos preferiu-se utilizar ambas as correlações para a análise de trilha.

Os maiores efeitos genotípicos diretos positivos sobre a produtividade de cana (TCH) foram expressos (Tabela 4) pelos caracteres AC (0,8999) e DC (0,6399), cujos valores foram de maior magnitude e mesmo sinal, aos coeficiente de correlação genotípica. Esses caracteres foram os que mais contribuíram para explicar TCH. Resultados semelhantes em relação a superioridades das



estimativas genótípicas sobre as fenotípicas foram obtidos por KANG et al. (1984) e REDDY e REDDI (1986). Avaliando as relações fenotípicas e genótípicas entre componentes de produção em famílias de cana-de-açúcar, FERREIRA et al. (2007), encontraram efeitos diretos semelhantes quanto a magnitude e sinal para as variáveis DC (1,3072) e NC (0,4911).

Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) fenotípico e genotípico iguais a 0,8632 e 1,1518 respectivamente, e feitos residuais baixos, expressam satisfatoriamente a contribuição das variáveis explicativas sobre a variável principal (Tabela 4).

BRESSIANI et al. (2001) relata que os componentes envolvidos na tonelagem de açúcar são a TCH e o teor de açúcar do colmo (BC). Ambos são de grande importância, sendo possível, ainda, subdividir a TCH nos componentes, número de colmos por hectare e massa de colmos, este último sendo composto pelo diâmetro e altura do colmo.

Mediante esse contexto, outra análise de trilha foi realizada com os componentes de produção, definindo-se um modelo de regressão em que PMC é dado como a variável principal e, AC e DC as variáveis explicativas (Figura 1b).

A variável AC apresentou alta correlação, fenotípica e genotípica, positiva (0,7648 e 0,8580) e efeito direto alto (0,7175 e 0,8694) com PMC (Tabela 5). De mesma magnitude, foram observados correlações e efeitos para a variável DC. Esses resultados indicam que a seleção com base na variável AC pode proporcionar ganhos satisfatórios para aumento do peso de colmos. SIDWELL et al. (1976) argumentam que os efeitos diretos fenotípicos e genotípicos são de magnitudes semelhantes, porém estariam sendo pouco afetados pelo efeito genético não-aditivo ou ambiental. Os coeficientes de trilha fenotípico explicam bem as variações em PMC, como indica o alto valor de determinação do modelo ( $R^2 = 0,8531$ ), o que reflete uma excelente contribuição das variáveis estudadas para PMC. Melhor ainda foi o modelo genotípico, que explicou em 100% a variação em PMC.

Em cana-de-açúcar, a característica de maior relevância é a elevação da produção de açúcar por unidade de área, mensurado em tonelada de pol por hectare (TPH). Para tal, os componentes envolvidos para a maximização desta característica pode ser atribuído a tonelada de cana por hectare (TCH) e o teor de açúcar da cana (PC). Para a indústria, alguns caracteres inferem sobre a qualidade da produtividade final, como tipo e teor de fibra, a quantidade e a qualidade industrial do açúcar produzido e o teor de pureza do caldo (FERNANDES, 2000).

Diante da importância agroindustrial da cana-de-açúcar, foram efetuadas, outras duas análises de trilha, uma com os componentes de qualidade tecnológica, definindo-se um modelo de regressão em que PC é dado como a variável principal e BC, FIB e PUR as variáveis explicativas (Figura 1c), e a outra, com os componentes agroindustriais, definindo-se um modelo de regressão em que TPH é dado como a variável principal e, TCH e PC as variáveis explicativas (Figura 1d).

Ao observar a análise de trilha na tabela 6, nota-se que, fenotipicamente e geneticamente, a variável que diretamente contribui para explicar o teor de sacarose (PC) foi o BC (0,7163 e 0,9268), os quais apresentaram as maiores estimativas de correlação positiva. Geneticamente, o efeito indireto e negativo do teor de fibra (FIB) via BC sobre PC foi elevado (-0,8415), haja vista que as correlações entre esses caracteres foram negativas e altamente significativas. Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) fenotípico e genotípico iguais a 0,9993 e 0,9945, respectivamente, refletem satisfatoriamente a contribuição das variáveis explicativas sobre a variável principal.

Os efeitos diretos fenotípicos e genotípicos (0,9671 e 0,9976) exibidos pelo TCH, assim como os expressos pelo PC, porém, de menor magnitude (0,2064 e 0,2304) sobre a variável principal TPH, evidenciam a importância para ambos os caracteres em programas de melhoramento, visando a elevação da produtividade de açúcar (Tabela 7). REDDY e REDDI (1986) também observaram superioridade do efeito direto da produtividade de cana para explicar a produtividade de açúcar. Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) fenotípico e genotípico iguais a 0,9930 e 0,9922

respectivamente, e os baixos efeitos residuais representam satisfatoriamente a contribuição de TCH e PC para explicar a produtividade de açúcar.

#### 4. CONCLUSÕES

1. O peso médio dos colmos, a altura e o diâmetro de colmos devem ser considerados na seleção de clones RB na melhoria da produtividade de cana-de-açúcar (TCH).
2. Indiretamente, a seleção via altura e diâmetro de colmos possibilita resposta eficiente para melhoria da produtividade de cana-de-açúcar.
3. Os clones RB avaliados podem ser selecionados simultaneamente para a TCH e PC, visando aumento da produtividade de açúcar (TPH).

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Convênio PROMATA/FACEPE/UFRPE pelo auxílio financeiro recebido através do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Sustentável a Zona da Mata de Pernambuco (PROMATA), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Programa de Melhoramento da Cana-de-açúcar da UFRPE (PMCCA/UFRPE/RIDESA) e Usina Trapiche pelo apoio recebido para viabilização e execução da pesquisa.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRESSIANI, J.A.; BURNQUIST, W.L.; FUZZATTO, S.R.; BONATO, A.L.V.; GERALDI, I.O. Combining ability in eight selected clones of sugarcane (*Saccharum* spp.). **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.2, n.3, p.411-416, 2001.

SILVA, G.C. Seleção de clones RB de cana-de-açúcar no Litoral Sul da Zona da Mata de...

83

CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal, SP: Ed. FUNEP, 1981. 157p.

CESNIK, R.; VENCOVSKY, R. Expected response to selection, heritability, genetic correlations and response to selection of some characters in sugarcane. In: PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 15., 1974, Durban. **Proceedings**. Durban. South Africa: Hayne and Gibbon Limited, 1974. p.96-101.

COIMBRA, J.L.M.; CARVALHO, F.I.F.; HEMP, S.; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, S.A. Divergência genética em feijão preto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.3, p.427-431, 1999.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: estatística experimental e matrizes**. 1.ed. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2006. 285p.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2003. 585p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 1997. 390p.

FERNANDES, A. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. 2. ed. Piracicaba, SP: Ed. EME, 2003. 240p.

FERREIRA, F.M.; BARROS, W.S.; SILVA, F.L.; BARBOSA, M.H.P.; CRUZ, C.D.; BASTOS, I.T. Relações fenotípicas e genotípicas entre componentes de produção em cana-de-açúcar.

**Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.605-610, 2007.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba, SP: Ed. da USP, 1990. 467p.

GONÇALVES, P.S.; MARTINS, A.L.M.; BORTOLLETO, N.; TANZIZI, M.R. Estimates of genetic parameters and correlations of juvenile characters based on open pollinated progenies of *Hevea*. **Brazilian Journal of Genetics**, Brasília, v.19, p.105-111, 1996.

HOGARTH, D.M. Quantitative inheritance studies in sugarcane. III The effect of competition and violation of assumptions on estimation of genetic variance components. **Australian Journal Research**, Victoria, v.28, n.2, p.257-268, 1977.

HOGARTH, D.M.; WU, K.K.; HEINZ, D.J. Estimating genetic variance in sugarcane using a factorial cross design. **Crop Science**, Madison, v.21, n.1, p.21-25, 1981.

HOOGERHEIDE, E.S.S.; VENCOVSKY, R.; FARIAS, F.J.C.; FREIRE, E.C.; Arantes, E.M. Correlações e análise de trilha de caracteres tecnológicos e a produtividade de fibra de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.10, p.1401-1405, out. 2007.

KANG, M.S.; MILLER, J.D.; TAI, P.Y.P. Genetic and phenotypic path analysis and heritability in sugarcane. **Crop Science**, Madison, v.23, n.4, p.643-647, 1983.

SILVA, G.C. Seleção de clones RB de cana-de-açúcar no Litoral Sul da Zona da Mata de...

85

KOFFLER, N.P.; LIMA, J.F.W.F.; LACERDA, J.F.; SANTANA, J.F.; SILVA, M.A.

**Caracterização edafo-climática das regiões canavieiras do Brasil: Pernambuco.** Piracicaba, SP:

Ed. PLANALSUCAR, 1986. 78p.

LIMA, C.L.C.; CATÂNEO, A. Seleção de variáveis influentes na produtividade de cana-de-açúcar

na usina Utinga/AL. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.12, n.2, p.56-62. 1997.

MELO, L.J.O.T.; OLIVEIRA, F.J.; BASTOS, G.Q.; ANUNCIAÇÃO FILHO, C.J.; REIS, O.V.

Interação genótipo x ciclos de colheita de cana-de-açúcar da Zona da Mata Norte de Pernambuco.

**Bragantia**, Campinas, v.65, n.2, p.197-205, 2006.

MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A. **Introduction to linear regression analysis.** New York: John

Wiley e Sons, 1981. 504p.

REDDY, C.R.; REDDI, M.V. Degree of genetic determination, correlation and genotypic and

phenotypic path analysis of cane and sugar yield in sugarcane. **Indian Journal of Genetics and**

**Plant Breeding**, New Delhi, v.46, n.3, p.550-557, 1986.

SCHUSTER, I. **Correlações, coeficientes de trilha, composição de glutaninas e qualidade do**

**trigo para panificação.** Viçosa, MG: Ed. da UFV, 1996. 98p.

SHARMA, M.L.; SINGH, H.N. Genetic variability, correlation and path-coefficient analysis in hybrid populations of sugarcane. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v.54, n.2, p.101-109, 1984.

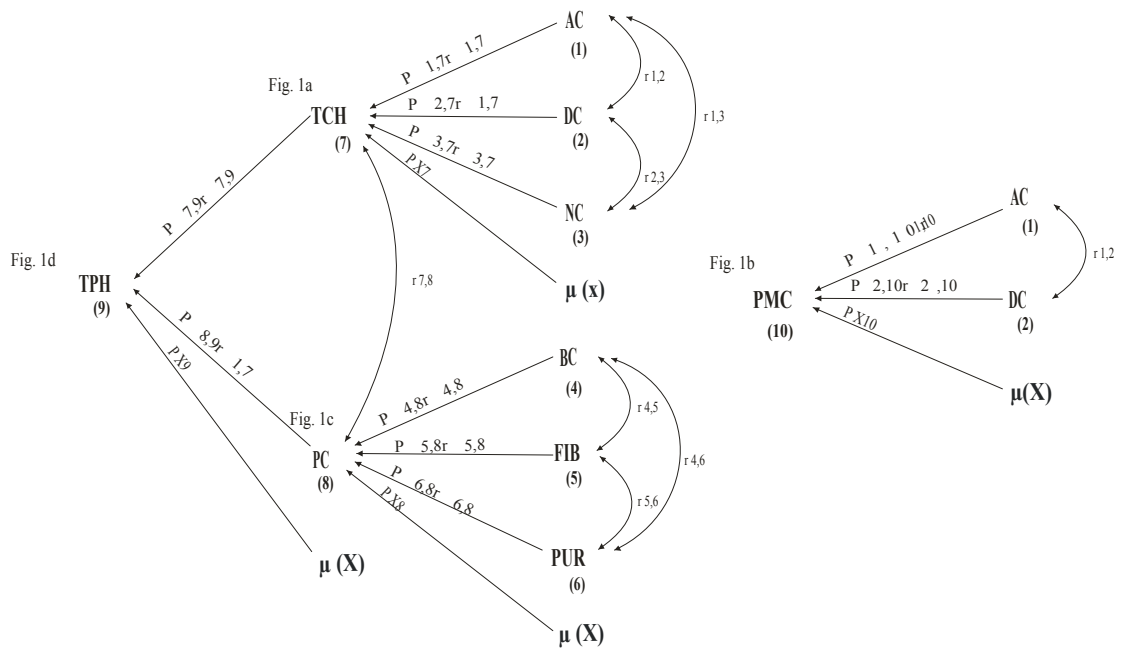
SHUKLA, S.; SINGH, K.; PUSHPENDRA. Correlation and path coefficient analysis of yield and its components in soybean (*Glycine max* L. Merrill.). **Soybean Genetics Newsletter**, Ames, v.25, n.1, p.67-70, 1998.

SIDWELL, R.J.; SMITH, E.L.; MCNEW, R.W. Inheritance and interrelationships of grain yield and selected yield-related traits in hard red winter wheat cross. **Crop Science**, Madison, v.16, n.5, p.650-654, 1976.

SKINNER, J.C.; HOGARTH, D.M.; WU, K.K. Selection methods, criteria and indices. In: Heinz, D.J. (Ed.). **Sugarcane improvement through breeding**. Amsterdam : Elsevier, 1987. p.409-453.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto, SP: Ed. RBG, 1992. 496p.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.20, n.7, p.557-585, 1921.



**Figura 1.** Diagrama causal ilustrativo dos efeitos diretos e indiretos dos componentes de produção (Fig. 1a) altura do colmo (AC), diâmetro do colmo (DC) e número de colmos (NC) sobre toneladas de colmos por hectare (TCH); (Fig. 1b) AC e DC sobre peso médio de colmos (PMC); (Fig. 1c) componentes tecnológicos brix % cana (BC), fibra % cana (FIB) e pureza % caldo da cana (PUR) sobre o teor de açúcar (PC); (Fig. 1d) TCH e PC sobre a produtividade de açúcar (TPH). A seta unidirecional indica efeito direto de cada variável explicativa sobre a principal; a seta bidirecional representa a interdependência de duas variáveis explicativas, cuja magnitude é quantificada pela correlação genotípica ou fenotípica entre elas; e  $\mu$  para cada figura corresponde ao efeito residual.



**Tabela 1.** Resumo da análise de variância e estimativas das médias (M), herdabilidade média ( $h^2_m$ ) e dos coeficientes de variação experimental ( $CV_E$ ) para os caracteres número de colmos (NC), diâmetro de colmos (DC), altura de colmos (AC), peso médio de colmos (PMC), tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de açúcar provável por hectare (TPH), pol % cana (PC), brix % cana (BC), fibra % cana (FIB) e pureza % caldo da cana (PUR), avaliados em cana-planta para 18 genótipos de cana-de-açúcar. Recife (PE), 2008

FV	GL	Quadrados Médios									
		NC	DC (cm)	AC (cm)	PMC (kg)	TCH (t,ha <sup>-1</sup> )	TPH (t,ha <sup>-1</sup> )	PC (%)	BC (%)	FIB (%)	PUR (%)
Bloco	3	1,6824	0,0185	380,0259	0,0256	588,5288	14,7880	1,4779	2,4894	0,9935	8,8715
Genótipo	17	8,0707**	0,0782 <sup>ns</sup>	4053,0163**	0,1294**	1.202,6622**	24,0704**	2,1576*	2,3342 <sup>ns</sup>	1,9593 <sup>ns</sup>	6,9755 <sup>ns</sup>
Resíduo	51	1,5295	0,0523	376,6463	0,0442	588,1909	12,7339	1,0409	1,2017	1,0207	4,5745
M		9,13	2,42	238,09	0,71	64,9210	8,8276	13,53	19,14	13,33	85,34
$h^2_m$ (%)		81,05	33,11	90,71	65,82	51,09	47,10	51,76	48,52	47,90	34,42
$CV_E$ (%)		13,54	9,44	8,15	29,50	37,36	40,42	7,54	5,73	7,58	2,51

<sup>ns</sup>Não significativo. \* e \*\* significativo a nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 2.** Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica ( $r_F$ ), genotípica ( $r_G$ ) e ambiental ( $r_E$ ) entre as variáveis número de colmos (NC), diâmetro de colmos (DC), altura de colmos (AC), peso médio de colmos (PMC) e tonelada de cana por hectare (TCH), avaliados em cana-planta em 18 genótipos de cana-de-açúcar. Recife (PE), 2008

Caracteres	Correlações (r)	Caracteres			
		DC (cm)	AC (cm)	PMC (kg)	TCH (t.ha <sup>-1</sup> )
NC	$r_F$	-0,0441 <sup>ns</sup>	-0,1257 <sup>ns</sup>	-0,2663 <sup>ns</sup>	0,2867*
	$r_G$	-0,1862 <sup>ns</sup>	-0,1689 <sup>ns</sup>	-0,4386**	0,1733 <sup>ns</sup>
	$r_E$	0,1471 <sup>ns</sup>	0,1443 <sup>ns</sup>	0,2123 <sup>ns</sup>	0,5755**
DC	$r_F$		0,0909 <sup>ns</sup>	0,5852**	0,5774**
	$r_G$		-0,0208 <sup>ns</sup>	0,5296**	0,5384**
	$r_E$		0,4103**	0,7069**	0,6223**
AC	$r_F$			0,7648**	0,6642**
	$r_G$			0,8580**	0,8115**
	$r_E$			0,5718**	0,5241**
PMC	$r_F$				0,8407**
	$r_G$				0,8110**
	$r_E$				0,9059**

\*\* e \* Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste t, <sup>ns</sup> não significativo.

**Tabela 3.** Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica ( $r_F$ ), genotípica ( $r_G$ ) e ambiental ( $r_E$ ) entre as variáveis tonelada de açúcar por hectare (TPH), pol % cana (PC), brix % cana (BC), fibra % cana (FIB) e pureza % caldo da cana (PUR) avaliados em cana-planta para 18 genótipos de cana-de-açúcar. Recife (PE), 2008

Caracteres	Correlações (r)	Caracteres			
		PC (%)	BC (%)	FIB (%)	PUR (%)
TPH	$r_F$	0,2430 <sup>ns</sup>	0,1498 <sup>ns</sup>	-0,2185 <sup>ns</sup>	0,2542 <sup>ns</sup>
	$r_G$	0,1086 <sup>ns</sup>	-0,0116 <sup>ns</sup>	-0,0815 <sup>ns</sup>	0,3389*
	$r_E$	0,3748**	0,2977*	-0,3425*	0,1998 <sup>ns</sup>
PC	$r_F$		0,9614**	-0,5789**	0,5999**
	$r_G$		0,9946**	-0,8582**	0,5441**
	$r_E$		0,9291**	-0,3023*	0,6582**
BC	$r_F$			-0,4832**	0,4507**
	$r_G$			-0,9079**	0,4816**
	$r_E$			-0,0878**	0,4369**

FIB	$r_F$	0,0312 <sup>ns</sup>
	$r_G$	0,0512 <sup>ns</sup>
	$r_E$	0,0179 <sup>ns</sup>

\*\* e \* Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste t, <sup>ns</sup> Não significativo.

**Tabela 4.** Estimativas fenotípicas e genotípicas dos efeitos direto e indireto, que envolvem a variável principal dependente estimativa da tonelada de cana por hectare (TCH) e as independentes explicativas número de colmos (NC), altura de colmos (AC) e diâmetro de colmos (DC). Recife (PE), 2008

Variáveis	Fenotípica	Genotípica
AC		
Efeito direto sobre TCH	0,6651	0,8999
Efeito indireto via DC	0,0486	-0,0133
Efeito indireto via NC	-0,0495	-0,0751
Total	0,6642	0,8115
DC		
Efeito direto sobre TCH	0,5343	0,6399
Efeito indireto via AC	0,0605	-0,0187
Efeito indireto via NC	-0,0174	-0,0828
Total	0,5774	0,5384
NC		
Efeito direto sobre TCH	0,3939	0,4444
Efeito indireto via AC	-0,0836	-0,1520
Efeito indireto via DC	-0,0236	-0,1191
Total	0,2867	0,1733
Coeficiente de determinação ( $R^2$ )	0,8632	1,1518
Efeito da variável residual	0,3698	0

**Tabela 5.** Análise de trilha fenotípica e genotípica dos componentes de produção altura de colmos (AC) e diâmetro de colmos (DC) sobre peso médio de colmos (PMC). Recife (PE), 2008

Variáveis	Fenotípica	Genotípica
AC		
Efeito direto sobre PMC	0,7175	0,8694
Efeito indireto via DC	0,0473	-0,0114
Total	0,7648	0,858
DC		
Efeito direto sobre PMC	0,5200	0,5477
Efeito indireto via AC	0,0652	-0,0181
Total	0,5852	0,5296
Coeficiente de determinação ( $R^2$ )	0,8531	1,0360
Efeito da variável residual	0,3833	0

**Tabela 6.** Análise de trilha fenotípica e genotípica dos componentes tecnológicos brix % cana (BC), teor de fibra % cana (FIB) e pureza do caldo (PUR) sobre percentual de sacarose aparente (PC). Recife (PE), 2008

Variáveis	Fenotípica	Genotípica
BC		
Efeito direto sobre PC	0,7163	0,9268
Efeito indireto via FIB	0,1167	0,0195
Efeito indireto via PUR	0,1283	0,0481
Total	0,9613	0,9944
FIB		
Efeito direto sobre PC	-0,2416	-0,0215
Efeito indireto via BC	-0,3460	-0,8415
Efeito indireto via PUR	0,0089	0,0051
Total	-0,5787	-0,8579
PUR		
Efeito direto sobre PC	0,2849	0,1000
Efeito indireto via BC	0,3226	0,4458
Efeito indireto via FIB	-0,0075	-0,0011

Total	0,600	0,5447
Coeficiente de determinação ( $R^2$ )	0,9993	0,9945
Efeito da variável residual	0,0259	0,0741

**Tabela 7.** Análise de trilha fenotípica e genotípica dos componentes toneladas de cana por hectare (TCH) e percentual de sacarose aparente (PC) sobre a produtividade em açúcar (TPH). Recife (PE), 2008

Variáveis	Fenotípica	Genotípica
<b>TCH</b>		
Efeito direto sobre TPH	0,9671	0,9976
Efeito indireto via PC	0,0078	-0,0281
Total	0,9749	0,9695
<b>PC</b>		
Efeito direto sobre TPH	0,2064	0,2304
Efeito indireto via TCH	0,0367	-0,1218
Total	0,2430	0,1086
Coeficiente de determinação ( $R^2$ )	0,9930	0,9922
Efeito da variável residual	0,0840	0,0882

### **CONSIDERAÇÕES GERAIS**

1. Os clones RB992551 e RB992559 apresentaram os melhores valores para os caracteres tonelada de cana por hectare e tonelada de açúcar provável por hectare, podendo ser incluídos nas etapas seguintes do processo de seleção.

2. Na população estudada podem ser selecionados clones com base nos caracteres altura de colmos, tonelada de cana por hectare, Pol % cana e Brix % cana.

3. Recomenda-se a hibridação dos clones RB992542 e RB992558 com a variedade SP79-1911 e do clone RB992558 com a variedade RB92579.

## **ANEXOS**

## INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE TRABALHOS NA REVISTA PAB



**Os trabalhos enviados à PAB devem ser inéditos e não podem ter sido encaminhados a outro periódico científico para publicação.** Dados publicados na forma de resumos, com mais de 250 palavras, não devem ser incluídos no trabalho.

A Comissão Editorial faz análise dos trabalhos antes de submetê-los à assessoria científica. Nessa análise, consideram-se aspectos como: escopo; apresentação do artigo segundo as normas da revista; formulação do objetivo de forma clara; clareza da redação; fundamentação teórica; atualização da revisão da literatura; coerência e precisão da metodologia; resultados com contribuição significativa; discussão dos fatos observados frente aos descritos na literatura; qualidade das tabelas e figuras; originalidade e consistência das conclusões. Após a aplicação desses critérios, se o número de trabalhos aprovados ultrapassar a capacidade mensal de publicação, é aplicado o critério da relevância relativa, pelo qual são aprovados os trabalhos cuja contribuição para o avanço do conhecimento científico é considerada mais significativa. Esse critério só é aplicado aos trabalhos que atendem aos requisitos de qualidade para publicação na revista, mas que, em razão do elevado número, não podem ser todos aprovados para publicação. Os trabalhos rejeitados são devolvidos aos autores e os demais são submetidos à análise de assessores científicos, especialistas da área técnica do artigo.

São considerados, para publicação, os seguintes tipos de trabalho: Artigos Científicos, Notas Científicas, Novas Cultivares e Artigos de Revisão, este último a convite do Editor.

Os trabalhos publicados na PAB são agrupados em áreas técnicas, cujas principais são: Entomologia, Fisiologia Vegetal, Fitopatologia, Fitotecnia, Fruticultura, Genética, Microbiologia, Nutrição Mineral, Solos e Zootecnia.

**Os trabalhos devem ser encaminhados por via eletrônica para: [pab@sct.embrapa.br](mailto:pab@sct.embrapa.br)**

A mensagem que encaminha o trabalho para publicação deve conter:

- \* Título do trabalho.
- \* Nome completo do(s) autor(es).
- \* Formação acadêmica e grau acadêmico do(s) autor(es).



- \* Endereço institucional completo e endereço eletrônico do(s) autor(es).
- \* Indicação do autor correspondente.
- \* Acima de quatro autores, informar a contribuição de cada um no trabalho.
- \* Destaque sobre o aspecto inédito do trabalho.
- \* Indicação da área técnica do trabalho.
- \* Declaração da não-submissão do trabalho à publicação em outro periódico.

Cada autor deve enviar uma mensagem eletrônica, expressando sua concordância com a submissão do trabalho.

O texto deve ser digitado no editor de texto Word, em espaço duplo, fonte Times New Roman, corpo 12, folha formato A4, margens de 2,5 cm, com páginas e linhas numeradas.

### **APRESENTAÇÃO DO ARTIGO CIENTÍFICO**

O artigo científico deve ter, no máximo, 20 páginas, incluindo-se as ilustrações (tabelas e figuras), que devem ser limitadas a seis, sempre que possível.

A ordenação do artigo deve ser feita da seguinte forma:

Artigos em português – Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Referências, tabelas e figuras.

Artigos em inglês – Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Abstract, Index terms, título em português, Resumo, Termos para indexação, Introduction, Material and Methods, Results and Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References, tables, figures.

Artigos em espanhol – Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumen, Términos para indexación; título em inglês, Abstract, Index terms, Introducción, Material y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos, Referencias, cuadros e figuras.

O título, o resumo e os termos para indexação devem ser vertidos fielmente para o inglês, no caso de artigos redigidos em português e espanhol, e para o português, no caso de artigos redigidos em inglês.

### **Título**

\* Deve representar o conteúdo e o objetivo do trabalho e ter no máximo 15 palavras, incluindo-se os artigos, as preposições e as conjunções.

- \* Deve ser iniciado com palavras chaves e não com palavras como “efeito” ou “influência”.
- \* Não deve conter nome científico, exceto de espécies pouco conhecidas; neste caso, apresentar somente o nome binário.
- \* Não deve conter subtítulo, abreviações, fórmulas e símbolos.
- \* As palavras do título devem facilitar a recuperação do artigo por índices desenvolvidos por bases de dados que catalogam a literatura. \* Deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.

### **Nomes dos autores**

- \* Grafar os nomes dos autores com letra inicial maiúscula, por extenso, separados por vírgula; os dois últimos são separados pela conjunção "e", "y" ou "and", no caso de artigo em português, espanhol ou em inglês, respectivamente.
- \* O último sobrenome de cada autor deve ser seguido de um número em algarismo arábico, em forma de expoente, entre parênteses, correspondente à respectiva chamada de endereço do autor.

### **Endereço dos autores**

- \* São apresentados abaixo dos nomes dos autores, o nome e o endereço postal completos da instituição e o endereço eletrônico dos autores, indicados pelo número em algarismo arábico, entre parênteses, em forma de expoente.
- \* Devem ser agrupados pelo endereço da instituição.
- \* Os endereços eletrônicos de autores da mesma instituição devem ser separados por vírgula.

### **Resumo**

- \* O termo Resumo deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda, e separado do texto por travessão.
- \* Deve conter, no máximo, 200 palavras, incluindo números, preposições, conjunções e artigos.
- \* Deve ser elaborado em frases curtas e conter o objetivo, o material e os métodos empregados na pesquisa, os resultados e a conclusão.
- \* O objetivo deve estar separado da descrição de material e métodos.
- \* Não deve conter citações bibliográficas nem abreviaturas.
- \* O final do texto deve conter a principal conclusão, com o verbo no presente do indicativo.

### **Termos para indexação**

\* A expressão Termos para indexação, seguida de dois-pontos, deve ser grafada em letras minúsculas, exceto a letra inicial.

\* Os termos devem ser separados por vírgula e iniciados com letra minúscula.

\* Devem ser no mínimo três e no máximo seis, considerando-se que um termo pode possuir duas ou mais palavras.

\* Não devem conter palavras que compoñham o título.

\* Devem conter o nome científico (só o nome binário) da espécie estudada.

### **Introdução**

\* A palavra Introdução deve ser centralizada na página e grafada com letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.

\* Deve ocupar, no máximo, duas páginas.

\* Deve apresentar a justificativa para a realização do trabalho, situar a importância do problema científico a ser solucionado e estabelecer sua relação com outros trabalhos publicados sobre o assunto.

\* O último parágrafo deve expressar o objetivo, de forma coerente com o descrito no início do Resumo.

### **Material e Métodos**

\* A expressão Material e Métodos deve ser centralizada na página e grafada em negrito; Os termos Material e Métodos devem ser grafados com letras minúsculas, exceto as letras iniciais.

\* Deve ser organizado, de preferência, em ordem cronológica.

\* Deve apresentar a descrição do local, a data e o delineamento do experimento, e indicar os tratamentos, o número de repetições e o tamanho da unidade experimental.

\* Deve conter a descrição detalhada dos tratamentos e variáveis.

\* Deve-se evitar o uso de abreviações ou as siglas.

\* Os materiais e os métodos devem ser descritos de modo que outro pesquisador possa repetir o experimento.

\* Devem ser evitados detalhes supérfluos e extensas descrições de técnicas de uso corrente.

\* Deve conter informação sobre os métodos estatísticos e as transformações de dados.

\* Deve-se evitar o uso de subtítulos; quando indispensáveis, grafá-los em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda da página.

\* Pode conter tabelas e figuras.

## **Resultados e Discussão**

- \* A expressão Resultados e Discussão deve ser centralizada na página e grafada em negrito; Os termos Resultados e Discussão devem ser grafados com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- \* Deve ocupar quatro páginas, no máximo.
- \* Todos os dados apresentados em tabelas ou figuras devem ser discutidos.
- \* As tabelas e figuras são citadas seqüencialmente.
- \* Os dados das tabelas e figuras não devem ser repetidos no texto, mas discutidos frente aos apresentados por outros autores.
- \* Dados não apresentados não podem ser discutidos.
- \* Não deve conter afirmações que não possam ser sustentadas pelos dados obtidos no próprio trabalho ou por outros trabalhos citados.
- \* As chamadas às tabelas ou às figuras devem ser feitas no final da primeira oração do texto em questão; se as demais sentenças do parágrafo referirem-se à mesma tabela ou figura, não é necessária nova chamada.
- \* Não apresentar os mesmos dados em tabelas e em figuras.
- \* As novas descobertas devem ser confrontadas com o conhecimento anteriormente obtido.

## **Conclusões**

- \* O termo Conclusões deve ser centralizado na página e grafado em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- \* Devem ser apresentadas em frases curtas, sem comentários adicionais, com o verbo no presente do indicativo, e elaboradas com base no objetivo do trabalho.
- \* Não podem consistir no resumo dos resultados.
- \* Devem apresentar as novas descobertas da pesquisa.
- \* Devem ser numeradas e no máximo cinco.

## **Agradecimentos**

- \* A palavra Agradecimentos deve ser centralizada na página e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- \* Devem ser breves e diretos, iniciando-se com "Ao, Aos, À ou Às" (pessoas ou instituições).
- \* Devem conter o motivo do agradecimento.

## Referências

- \* A palavra Referências deve ser centralizada na página e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- \* Devem ser de fontes atuais e de periódicos: pelo menos 70% das referências devem ser dos últimos 10 anos e 70% de artigos de periódicos.
- \* Devem ser normalizadas de acordo com as normas vigentes da ABNT.
- \* Devem ser apresentadas em ordem alfabética dos nomes dos autores, separados por ponto-e-vírgula, sem numeração.
- \* Devem apresentar os nomes de todos os autores da obra.
- \* Devem conter os títulos das obras ou dos periódicos grafados em negrito.
- \* Devem conter somente a obra consultada, no caso de citação de citação.
- \* Todas as referências devem registrar uma data de publicação, mesmo que aproximada.
- \* Devem ser trinta, no máximo.

### Exemplos:

#### *Artigos de Anais de Eventos (aceitos apenas trabalhos completos)*

AHRENS, S. A fauna silvestre e o manejo sustentável de ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 3., 2004, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2004. p.153-162.

#### *Artigos de periódicos*

SANTOS, M.A. dos; NICOLÁS, M.F.; HUNGRIA, M. Identificação de QTL associados à simbiose entre *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.67-75, 2006.

#### *Capítulos de livros*

AZEVEDO, D.M.P. de; NÓBREGA, L.B. da; LIMA, E.F.; BASTISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

#### *Livros*

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Sistemas de produção, 6).

#### *Teses e dissertações*

HAMADA, E. **Desenvolvimento fenológico do trigo (cultivar IAC 24-Tucuruí), comportamento espectral e utilização de imagens NOAA-AVHRR**. 2000. 152p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

*Fontes eletrônicas*

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais da pesquisa da Embrapa Agropecuária Oeste**: relatório do ano de 2003.

Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 97p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 66). Disponível em:

<http://www.cpa.embrapa.br/publicacoes/ficha.php?tipo=DOC&num=66&ano=2004>>. Acesso em: 18 abr. 2006.

### **Citações**

\* Não são aceitas citações de resumos, comunicação pessoal, documentos no prelo ou qualquer outra fonte, cujos dados não tenham sido publicados.

\* A autocitação deve ser evitada.

*Redação das citações dentro de parênteses*

\* Citação com um autor: sobrenome grafado com a primeira letra maiúscula, seguido de vírgula e ano de publicação.

\* Citação com dois autores: sobrenomes grafados com a primeira letra maiúscula, separados pelo "e" comercial (&), seguidos de vírgula e ano de publicação.

\* Citação com mais de dois autores: sobrenome do primeiro autor grafado com a primeira letra maiúscula, seguido da expressão et al., em fonte normal, vírgula e ano de publicação.

\* Citação de mais de uma obra: deve obedecer à ordem cronológica e em seguida à ordem alfabética dos autores.

\* Citação de mais de uma obra dos mesmos autores: os nomes destes não devem ser repetidos; colocar os anos de publicação separados por vírgula.

\* Citação de citação: sobrenome do autor e ano de publicação do documento original, seguido da expressão "citado por" e da citação da obra consultada.

\* Deve ser evitada a citação de citação, pois há risco de erro de interpretação; no caso de uso de citação de citação, somente a obra consultada deve constar da lista de referências.

*Redação das citações fora de parênteses*

\* Citações com os nomes dos autores incluídos na sentença: seguem as orientações anteriores, com os anos de publicação entre parênteses; são separadas por vírgula.

### **Fórmulas, expressões e equações matemáticas**

- \* Fórmulas, expressões, símbolos ou equações matemáticas, escritas no editor de equações do programa Word, devem ser enviadas também em arquivos separados, no programa Corel Draw, gravadas com extensão CDR.
- \* No texto, devem ser iniciadas à margem esquerda da página e apresentar tamanho padronizado da fonte Times New Roman.
- \* Não devem apresentar letras em itálico ou negrito.

### **Tabelas**

- \* As tabelas devem ser numeradas seqüencialmente, com algarismo arábico, e apresentadas em folhas separadas, no final do texto, após referências.
- \* Devem ser auto-explicativas.
- \* Seus elementos essenciais são: título, cabeçalho, corpo (colunas e linhas) e coluna indicadora dos tratamentos ou das variáveis.
- \* Os elementos complementares são: notas-de-rodapé e fontes bibliográficas.
- \* O título, com ponto no final, deve ser precedido da palavra Tabela, em negrito; deve ser claro, conciso e completo; deve incluir o nome (vulgar ou científico) da espécie e das variáveis dependentes.
- \* No cabeçalho, os nomes das variáveis que representam o conteúdo de cada coluna devem ser grafados por extenso; se isso não for possível, explicar o significado das abreviaturas no título ou nas notas-de-rodapé.
- \* Todas as unidades de medida devem ser apresentadas segundo o Sistema Internacional de Unidades.
- \* Nas colunas de dados, os valores numéricos devem ser alinhados pelo último algarismo; a coluna indicadora é alinhada esquerda.
- \* Nenhuma célula (cruzamento de linha com coluna) deve ficar vazia no corpo da tabela; dados não apresentados devem ser representados por hífen, com uma nota-de-rodapé explicativa.
- \* Na comparação de médias de tratamentos são utilizadas, no corpo da tabela, na coluna ou na linha, à direita do dado, letras minúsculas ou maiúsculas, com a indicação em nota-de-rodapé do teste utilizado e a probabilidade.
- \* Devem ser usados fios horizontais para separar o cabeçalho do título, e do corpo; usá-los ainda na base da tabela, para separar o conteúdo dos elementos complementares.
- \* Fios horizontais adicionais podem ser usados dentro do cabeçalho e do corpo; não usar fios verticais.

\* As tabelas devem ser editadas em arquivo Word, usando os recursos do menu Tabela; não fazer espaçamento utilizando a barra de espaço do teclado, mas o recurso recuo do menu Formatar Parágrafo.

#### *Notas de rodapé das tabelas*

\* Notas de fonte: indicam a origem dos dados que constam da tabela; as fontes devem constar nas referências.

\* Notas de chamada: são informações de caráter específico sobre partes da tabela, para conceituar dados. São indicadas em algarismo arábico, na forma de expoente, entre parênteses, à direita da palavra ou do número, no título, no cabeçalho, no corpo ou na coluna indicadora. São apresentadas de forma contínua, sem mudança de linha, separadas por ponto.

\* Para indicação de significância estatística, são utilizadas, no corpo da tabela, na forma de expoente, à direita do dado, as chamadas ns (não-significativo); \* e \*\* (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

#### **Figuras**

\* São consideradas figuras: gráficos, desenhos, mapas e fotografias usados para ilustrar o texto.

\* Só devem acompanhar o texto quando forem absolutamente necessárias à documentação dos fatos descritos.

\* O título da figura, sem negrito, deve ser precedido da palavra Figura, do número em algarismo arábico, e do ponto, em negrito.

\* Devem ser auto-explicativas.

\* A legenda (chave das convenções adotadas) deve ser incluída no corpo da figura, no título, ou entre a figura e o título.

\* Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas, e devem ser seguidas das unidades entre parênteses.

\* Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas; as fontes devem ser referenciadas.

\* O crédito para o autor de fotografias é obrigatório, como também é obrigatório o crédito para o autor de desenhos e gráficos que tenham exigido ação criativa em sua elaboração.

\* As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.

\* Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como: círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).

\* Os números que representam as grandezas e respectivas marcas devem ficar fora do quadrante.



- \* As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico.
- \* Devem ser elaboradas de forma a apresentar qualidade necessária à boa reprodução gráfica e medir 8,5 ou 17,5 cm de largura.
- \* Devem ser gravadas no programa Word ou Excel, para possibilitar a edição em possíveis correções.
- \* Usar fios com, no mínimo, 3/4 ponto de espessura.
- \* No caso de gráfico de barras e colunas, usar escala de cinza (exemplo: 0, 25, 50, 75 e 100%, para cinco variáveis).
- \* Não usar negrito nas figuras.
- \* As figuras na forma de fotografias devem ter resolução de, no mínimo, 300 dpi e ser gravadas em arquivos extensão TIF, separados do arquivo do texto.
- \* Evitar usar cores nas figuras; as fotografias, porém, podem ser coloridas.

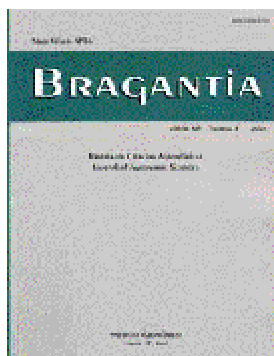
### **OUTRAS INFORMAÇÕES**

- Não há cobrança de taxa de publicação.
- Os manuscritos aprovados para publicação são revisados por no mínimo dois especialistas.
- O editor e a assessoria científica reservam-se o direito de solicitar modificações nos artigos e de decidir sobre a sua publicação.
- São de exclusiva responsabilidade dos autores as opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos.
- Os trabalhos aceitos não podem ser reproduzidos, mesmo parcialmente, sem o consentimento expresso do editor da PAB.
- Contatos com a secretaria da revista podem ser feitos por telefone: (61)3448-4231 e 3273-9616, fax: (61)3340-5483, via e-mail: [pab@sct.embrapa.br](mailto:pab@sct.embrapa.br) ou pelos correios: Embrapa Informação Tecnológica, Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB, Caixa Postal 040315, CEP 70770-901 Brasília, DF.

## NORMAS DA REVISTA BRAGANTIA

# BRAGANTIA

Inglês



**Revista de Ciências Agronômicas**

Editada pelo Instituto Agronômico,  
Campinas, São Paulo

ISSN: 0006-8705 - Versão impressa

ISSN: 1678-1109 - Versão online

**Conteúdo**  
**Conheça Bragantia**  
**Comissão Editorial**  
**Instruções aos autores**  
**Assinaturas**

## INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Bragantia é um periódico trimestral, editado pelo [Instituto Agrônômico](#), da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Tem por objetivo publicar trabalhos científicos originais em português, inglês e espanhol, que contribuam para o desenvolvimento das Ciências Agronômicas, nas áreas de Produção Vegetal, Ciência do Solo e dos Recursos Agroambientais, Mecanização e Automação Agrícolas e Ciências Básicas Aplicadas à Agricultura.

Os trabalhos enviados a Bragantia devem ser inéditos e não podem ser publicados ou submetidos à publicação em outra revista simultaneamente. A revista publica artigos, notas científicas e trabalhos de revisão, sob solicitação.

## PROCEDIMENTO DE ANÁLISE E APROVAÇÃO DE TRABALHOS NA REVISTA BRAGANTIA

Os trabalhos submetidos à análise do comitê editorial são, após registro, encaminhados a um editor-associado para indicar dois revisores especialistas na área de conhecimento. Os pareceres emitidos por esses revisores são analisados pelo editor-associado que emite parecer conclusivo em

nome do comitê editorial. As revisões, juntamente com o parecer conclusivo, são encaminhadas aos autores para correções, justificativas e apresentação da nova forma, que é em seguida confrontada pelo editor-associado com a versão original do trabalho. Uma vez aceito, o trabalho é encaminhado para revisão de referências, abstract e vernáculo. Após diagramação, o texto é submetido a correções finais pelos autores e pelo comitê editorial, sendo em seguida disponibilizado na página da revista Bragantia. O fascículo pronto é encaminhado a Scielo e para a impressão gráfica.

## **ENCAMINHAMENTO DE TABALHOS**

O trabalho submetido à publicação em Bragantia deve estar aprovado por todos os seus autores e pela Instituição onde foi realizado e ser encaminhado por carta assinada por todos os autores para o seguinte endereço:

### **BRAGANTIA**

Instituto Agrônômico (IAC)

Caixa Postal 28

13020-902 Campinas (SP) - BRASIL

Tel: (19) 3231-5422 ramal 183

Fax: (19) 3231-5422 ramal 215

E-mail: [editor@iac.sp.gov.br](mailto:editor@iac.sp.gov.br)

## **APRESENTAÇÃO DOS ORIGINAIS**

Os originais devem ser enviados em duas vias, acompanhadas de disquete em Word for Windows, e digitados em espaço duplo, papel formato A4, fonte Times New Roman, tamanho 12; páginas numeradas seqüencialmente, incluindo tabelas e ilustrações.

**Artigo Científico ou de Revisão:** máximo de 25 páginas, incluindo tabelas e figuras.

Nota Científica: máximo de 10 páginas, incluindo tabelas e figuras.

**Página de Rosto:** Título do artigo e título corrente abreviado com cerca de 50 caracteres, incluindo espaços, nome dos autores, com identificação do autor para correspondência endereço profissional completo dos autores, mencionando Departamento/ Instituição, caixa postal, CEP, cidade, Estado,

e-mail, telefone e entidade da qual é bolsista. Número total de páginas do trabalho, de tabelas e figuras.

### **Estrutura do Artigo**

a) Título; Autor (es).

b) Resumo (no máximo 250 palavras) em português, palavras-chave. Deve incluir as razões e objetivos da investigação, local e data da pesquisa, como foi feita, resultados mais importantes e conclusões.

c) Título em inglês (ou espanhol), Abstract e key words. É a versão para o inglês do Resumo e das palavras-chave.

d) Introdução (contendo revisão de literatura) com duas páginas, no máximo.

e) Material e Métodos: somente métodos novos e material incomum devem ser descritos detalhadamente, ou descrevê-los resumidamente fornecendo a citação bibliográfica correspondente.

f) Resultados e Discussão.

g) Conclusões.

h) Agradecimentos.

i) Referências Bibliográficas.

Quando o artigo for apresentado em língua estrangeira, o título, resumo e palavras-chave deverão também ser feitos em português. As Notas Científicas não precisam seguir essa subdivisão. Iniciar sempre uma nova página para as seguintes seções ou itens: Referências Bibliográficas; Tabela com título e rodapé; Figura com título e legenda.

**Citações no texto:** as citações de autores no texto devem ser em letras maiúsculas (caixa alta reduzida, ou versalete), seguidas do ano de publicação. Para dois autores, usar e ou and se o texto for em inglês. Havendo mais de dois autores, citar o sobrenome do primeiro, seguido de et al. Ex.: STEEL e TORRIE (1980) ou (STEEL e TORRIE, 1980). HAAG et al. (1992) ou (HAAG et al., 1992). Mais de um artigo dos mesmos autores, no mesmo ano, devem ser discriminados com letras minúsculas: HAAG et al. (1992a,b). Comunicações pessoais, trabalhos ou relatórios não publicados devem ser citados no rodapé, não devendo aparecer nas referências bibliográficas.

**Referências Bibliográficas:** devem ser normalizadas segundo a NBR 6023 da ABNT, estar em ordem alfabética de autores e, dentro desta, em ordem cronológica de trabalhos; havendo dois ou mais autores, separá-los por ponto e vírgula; os títulos dos periódicos devem ser escritos por extenso; incluir apenas os trabalhos citados no texto, em tabelas e/ou em figuras, na seguinte forma:

### **a) Periódicos**

Sobrenome, Iniciais do prenome. Título do artigo. Título do periódico (negrito), local de publicação (cidade), número do volume (v.), número do fascículo (n.), páginas inicial e final (p.xxx-xxx), ano de publicação.

BOAVENTURA, Y.M.S. Microsporogênese de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner com número duplicado de cromossomos. *Bragantia*, Campinas, v. 49, n.2, p.193-204, 1990.

### **b) Livros e Folhetos**

Sobrenome, Iniciais do prenome. Título (negrito): subtítulo. Edição (ed.). Local de publicação: Editora, data. Número de páginas ou volumes. (Título da série e número)

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 631p.

### **c) Capítulo de livro, publicação em obras coletivas, anais de congressos, reuniões.**

Sobrenome, Iniciais do prenome dos autores da parte. Título da parte. In: Sobrenome, Iniciais do prenome do autor ou editor do livro. Título do livro (negrito). Edição. Local de publicação: Editora, data. Volume (v.), páginas inicial e final (p.xx-xx).

JACKSON, M.L. Chemical composition of soil. In: BEAR, F.E. (Ed.). *Chemistry of the soil*. 2.ed. New York: Reinhold, 1964. p.71-141.

HIROCE, R.; FIGUEIREDO, J.O. de; POMPEU JUNIOR, J.; CASTRO, J.L. Composição mineral das folhas de tangerineiras tardias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., 1987, Campinas. Anais. Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1988. v.1, p.287-290.

### **d) Dissertações e Teses**

Sobrenome, Iniciais do prenome. Título: subtítulo. data. Número de folhas (f). Dissertação ou Tese (Curso) - nome da unidade universitária, nome da universidade, local.

OLIVEIRA, H. DE. Estudo da matéria orgânica e do zinco em solos sob plantas cítricas sadias e apresentando sintomas de declínio. 1991. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-UNESP, Jaboticabal.

Tabelas: contêm título, cabeçalho, conteúdo e elementos complementares (fonte, notas e chamadas). Devem ser apresentados em folhas separadas e numerados com algarismos arábicos. Não usar linhas verticais; as horizontais devem separar o título do cabeçalho, o cabeçalho do conteúdo e o

conteúdo dos elementos complementares. O título da tabela deve ser auto-explicativo, prescindindo de consulta ao texto.

**Unidades:** usar exclusivamente o Sistema Internacional de Medidas. Nas tabelas, apresentar as unidades no topo das colunas respectivas, fora do cabeçalho da tabela.

**Figuras:** gráficos, desenhos, mapas, fotografias e fotomicrografias aparecem no texto como figuras. Devem ser numeradas com algarismos arábicos e ter título auto-explicativo. Indicar o local da inserção das figuras no texto. Fotografias e fotomicrografias devem ser remetidas em papel fotográfico. Figuras elaboradas eletronicamente devem vir acompanhadas de seus arquivos originais em Excel, Origin, Corel Draw, etc. Para outras figuras, enviar o original ou cópia xerográfica de boa qualidade. Não inserir quaisquer figuras no texto.