

FÁBIO FÉLIX CABRAL

**QUALIDADE FISIOLÓGICA, DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÁGUA E
ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE CANA-DE-AÇÚCAR PROVENIENTES
DE DIFERENTES CRUZAMENTOS**

**RIO LARGO
ALAGOAS-BRASIL
2007**

FÁBIO FÉLIX CABRAL

**QUALIDADE FISIOLÓGICA, DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÁGUA E ARMAZENAMENTO
DE SEMENTES DE CANA-DE-AÇÚCAR PROVENIENTES DE DIFERENTES CRUZAMENTOS**

**CURSO DE MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
RIO LARGO, ESTADO DE ALAGOAS
FEVEREIRO DE 2007**

FÁBIO FÉLLIX CABRAL

**QUALIDADE FISIOLÓGICA, DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÁGUA E ARMAZENAMENTO
DE SEMENTES DE CANA-DE-AÇÚCAR PROVENIENTES DE DIFERENTES CRUZAMENTOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal), do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Vilma Marques Ferreira

RIO LARGO, ESTADO DE ALAGOAS

2007

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

- C117q Cabral, Fábio Félix.
Qualidade fisiológica, determinação do teor de água e armazenamento de sementes de cana-de-açúcar provenientes de diferentes cruzamentos / Fábio Félix Cabral. – Rio Largo, 2007.
xxii, 58 f. : il., graf. e tabs.
- Orientadora: Vilma Marques Ferreira.
Dissertação (mestrado em Agronomia : Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2007.
- Inclui bibliografia.
1. Cana-de-açúcar – Fisiologia. 2. Cana-de-açúcar – Semente. 3. Saccharum sp.
3. Germinação – Armazenamento. I. Título.

CDU: 633.34

TERMO DE APROVAÇÃO

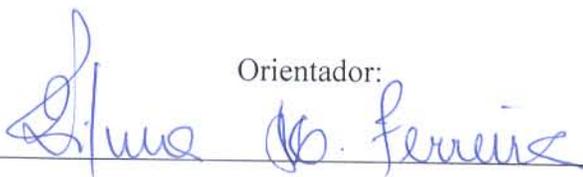
FÁBIO FÉLIX CABRAL

2005M21D006S-6

QUALIDADE FISIOLÓGICA, DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÁGUA E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE CANA-DE-AÇÚCAR PROVENIENTES DE DIFERENTES CRUZAMENTOS

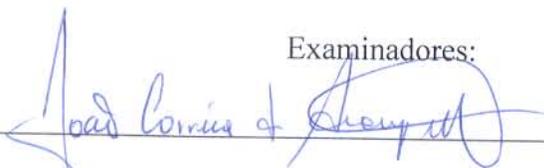
Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração Produção Vegetal da Universidade Federal de Alagoas, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:

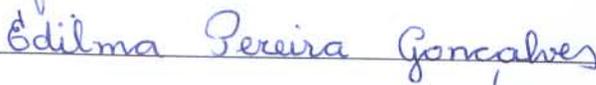


Prof.^a. Dr.^a. Vilma Marques Ferreira - CECA/UFAL

Examinadores:



Prof. Dr. João Correia de Araújo Neto - CECA/UFAL



Prof.^a. Dr.^a. Edilma Pereira Gonçalves - CCA/UFPB

Prof. Dr. José Vieira Silva - UFAL/Arapiraca

Aprovada em 26 de fevereiro de 2007

A minha família, obviamente
A minha esposa, certamente
A Deus. Porque por Ele e para Ele são todas as coisas.

AGRADECIMENTOS

À professora Dr^a. Vilma Marques Ferreira pela orientação e por todo o apoio e compreensão que me foram dados durante a construção deste trabalho;

Ao professor Dr. João Correia de Araújo Neto pela co-orientação e atenção.

Ao Programa de Pós-graduação do Centro de Ciências Agrárias pela acolhida e por tornar possível a realização deste trabalho;

Ao PMGCA – Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar – e a todos os seus participantes pela amizade, pelo respeito, pela dedicação e pela contribuição;

Aos funcionários, técnicos e estagiários que fazem parte do Laboratório de Análise de Sementes do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas - CECA/UFAL;

À CAPES, pelo apoio financeiro em forma de bolsa de Mestrado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	IX
RESUMO GERAL.....	X
GENERAL ABSTRACT.....	XII
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 A cana-de-açúcar	4
2.1.1 Classificação Botânica	4
2.1.1.1 <i>S. officinarum</i> L.	4
2.1.1.2 <i>S. spontaneum</i> L.	5
2.1.1.3 <i>S. sinensis</i> e <i>S. barberi</i>	5
2.1.1.4 <i>S. robustum</i>	5
2.1.1.5 <i>S. edule</i>	6
2.1.2 Origem.....	6
2.1.3 Morfologia e anatomia dos órgãos reprodutivos da cana-de-açúcar.....	7
2.1.3.1 Inflorescência.....	7
2.1.3.2 Flor.....	7
2.1.3.3 Semente.....	7
2.2 Tipos de hibridações em cana-de-açúcar.....	8
2.2.1 Cruzamento bi-parental.....	8
2.2.2 Policruzamento ou Cruzamento múltiplo.....	9
2.2.3 Cruzamento múltiplo específicos.....	9
2.3 Germinação de sementes.....	9
2.3.1 Fatores que afetam a germinação.....	10
2.3.1.1 Água.....	10
2.3.1.2 Temperatura.....	11
2.3.1.3 Oxigênio.....	11

2.3.1.4 Luz.....	11
2.3.1.5 Grau de fertilidade.....	12
2.3.1.6 Amadurecimento das sementes.....	12
2.3.1.7 Secagem e armazenamento.....	12
2.3.1.8 Emasculação com água quente.....	13
2.3.2 Efeitos da giberelina na germinação de sementes.....	13
2.3.3 Efeitos do nitrato na germinação de sementes.....	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16
CAPÍTULO 2 - QUALIDADE FISIOLÓGICA E TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES DE CANA-DE-AÇÚCAR PROVENIENTES DE DIFERENTES CRUZAMENTOS.	20
RESUMO.....	20
ABSTRACT.....	21
3.1 INTRODUÇÃO.....	22
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.2.1 Obtenção das sementes.....	25
3.2.2 Determinação da porcentagem de espiguetas férteis.....	26
3.2.3 Testes de germinação em laboratório.....	26
3.2.4 Testes de germinação em galpão.....	26
3.2.5 Tratamento das espiguetas e teste de germinação.....	27
3.2.6 Delineamento experimental e teste estatístico.....	27
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
3.3.1 Efeito da giberelina e do nitrato de potássio.....	34
3.4 CONCLUSÕES.....	37
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
CAPÍTULO 3 – ARMAZENAMENTO E TAMANHO MÍNIMO DA AMOSTRA PARA DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÁGUA DE SEMENTES DE CANA-DE-AÇÚCAR PROVENIENTES DE DIFERENTES CRUZAMENTOS.....	41

RESUMO	41
ABSTRACT	42
4.1 INTRODUÇÃO	43
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	46
4.2.1 Obtenção das sementes	46
4.2.2 Determinação do teor de água	47
4.2.3 Armazenamento das sementes	47
4.2.4 Testes de germinação	48
4.2.4.1 Laboratório	49
4.2.4.2 Campo (Galpão de produção de plântulas)	49
4.2.5 Determinação do vigor	49
4.2.6. Delineamento e análise estatística utilizada	50
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.3.1 Tamanho mínimo da amostra para determinação do teor de água	50
4.3.2 Armazenamento das sementes	51
4.4 CONCLUSÕES	56
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Cariopses obtidas a partir de 2,0 g de espiguetas proveniente de diferentes cruzamentos..... 30
- Figura 2.** Porcentagem de germinação de sementes de cana-de-açúcar, provenientes do cruzamento RB92579 x RB92606, submetidas a diferentes concentrações de ácido giberélico (GA_3), associado ou não a nitrato de potássio (KNO_3), a 0,2%..... 36
- Figura 3.** Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de sementes de cana-de-açúcar, provenientes do cruzamento RB92579 x RB92606, submetidas a diferentes concentrações de ácido giberélico (GA_3), associado ou não a nitrato de potássio (KNO_3), a 0,2%..... 36

CAPÍTULO 3

- Figura 4.** Temperaturas máxima e mínima e umidade relativa, as 8:00h e 12:00h, da câmara refrigerada, durante o período de armazenamento das espiguetas utilizadas no experimento 48
- Figura 5.** Porcentagem de germinação de espiguetas de cana-de-açúcar provenientes de quatro cruzamentos distintos (CZ1 – RB92579 x RB92606, CZ2 – RB92606 x RB92579, CZ3 – RB92579 x ?, CZ4 – RB92606 x ?) em função do tempo de armazenamento em câmara refrigerada 52
- Figura 6.** Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes (espiguetas) de cana-de-açúcar provenientes de quatro cruzamentos distintos (CZ1 – RB92579 x RB92606, CZ2 – RB92606 x RB92579, CZ3 – RB92579 x ?, CZ4 – RB92606 x ?) em função do tempo de armazenamento em câmara refrigerada..... 56

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

- Tabela 1.** Resultado do número de espiguetas e de cariopses formadas em diferentes cruzamentos de cana-de-açúcar, realizados na Serra do Ouro, Murici, Alagoas..... 29
- Tabela 2.** Resultados dos testes de germinação e do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de espiguetas de cana-de-açúcar oriundas de diferentes cruzamentos..... 31
- Tabela 3.** Resultados de germinação e do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de espiguetas de cana-de-açúcar submetidas a diferentes ambientes..... 32
- Tabela 4.** Resultados de germinação e do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de cariopses de cana-de-açúcar provenientes de diferentes cruzamentos..... 33
- Tabela 5.** Resultados de germinação e do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de cariopses de cana-de-açúcar submetidas a diferentes ambientes..... 34

CAPÍTULO 3

- Tabela 6.** Teor de água, em base úmida e em base seca, em função do tamanho da amostra de espiguetas de cana-de-açúcar, com respectivos coeficientes de variação..... 51
- Tabela 7** Resultados gerais de germinação, teor de água e Índice de Velocidade de Germinação (I.V.G.) de espiguetas de cana-de-açúcar proveniente de cruzamentos distintos, a partir de testes realizados em campo e em laboratório, em função do tempo de armazenamento em câmara refrigerada..... 53

RESUMO GERAL

A cana-de-açúcar é uma cultura que apresenta expressão econômica relevante no Brasil e deve ter a demanda de produção aumentada nos próximos anos. A utilização de variedades melhoradas geneticamente, provenientes de sementes botânicas oriundas de hibridações, tem sido uma das formas mais rápidas e eficientes de se elevar a produtividade da cultura. Baseado na sua importância para o processo de melhoramento, o presente trabalho teve como objetivos estudar a qualidade fisiológica, determinação do teor de água e armazenamento de sementes de cana-de-açúcar. Para determinação da porcentagem de espiguetas férteis, foram tomadas quatro amostras de 0,5 g obtidas dos diferentes cruzamentos (RB92579 x RB92606, RB92606 x RB92579, RB92579 x ? e RB92606 x ?). De cada uma das amostras foram determinadas a quantidade de espiguetas as quais, em seguida, tiveram suas cariopses extraídas as quais foram contabilizadas e, em seguida, e contadas, calculando-se a porcentagem de espiguetas férteis. Foram avaliados a porcentagem e o índice de velocidade de germinação (IVG), tanto das espiguetas como de cariopses isoladas, por meio de testes realizados em dois ambientes (campo e laboratório). Para avaliar o efeito do GA_3 e KNO_3 sobre a germinação foram utilizadas as seguintes concentrações: 0, 50, 100, 150 e 200 mg L⁻¹ de GA_3 e 0 e 0,2% de KNO_3 , sendo o teste conduzido em laboratório, com espiguetas provenientes do cruzamento bi-parental RB92579xRB92606. Para determinação do tamanho mínimo da amostra foram utilizadas espiguetas de dois cruzamentos (RB92579 x ? e RB92606 x ?). De cada cruzamento foram utilizadas amostragens com diferentes massas (0,2, 0,4, 0,6, 0,8 e 1,0 grama), com quatro repetições. Para avaliar o efeito do armazenamento, foram realizados experimentos mensais instalados em dois ambientes (campo e laboratório), com espiguetas armazenadas em sala

refrigerada. Todos dos testes foram conduzidos sob delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições de 200 espiguetas, ou 50 cariopses, por cruzamento. As contagens de germinação foram realizadas diariamente, adotando-se o critério tecnológico. As variáveis analisadas foram o percentual e o índice de velocidade de germinação. Os resultados obtidos mostraram que os cruzamentos diferiram entre si quanto ao número de espiguetas e de cariopses por grama e, conseqüentemente, quanto à porcentagem de espiguetas férteis e de porcentagem e velocidade de germinação. Os cruzamentos bi-parentais apresentaram maior número de espiguetas, enquanto os cruzamentos múltiplos mostraram maior produção de cariopses. Sementes obtidas do cruzamento RB92579 x RB92606 apresentaram porcentagens de espiguetas férteis e de germinação muito baixas. Em relação aos tratamentos pré-germinativos, observou-se efeito positivo da giberelina no estímulo da germinação, elevando-a ao nível de espiguetas férteis do cruzamento. Os tratamentos contendo nitrato de potássio não diferiram da testemunha, mesmo na presença de GA3, indicando que este composto anulou o efeito promotor de germinação do ácido giberélico. Para a determinação do grau de umidade, observou-se menor coeficiente de variação na amostra de 0,6 g de sementes, a qual mostrou-se adequada para a realização dos testes de umidade. Constatou-se redução de até 35% na germinação das espiguetas ao longo do tempo de armazenamento. Os melhores resultados foram obtidos quando os testes foram conduzidos na condição de laboratório.

GENERAL ABSTRACT

Sugar cane is a culture which presents important economic expression in Brazil; in the next years, its production demands must be increased. One of the most fastest and efficient way to elevate the productivity of the culture has been the use of genetically modified varieties proceeding from botanic seeds which were obtained by means of hybridization. Founded on its importance to the improving process, this work aimed to study the physiological quality, to determine the content of water and the storage of sugar cane seeds. To determine the percentage of fertile spikelets, four 0,5 g samples were taken, that were obtained from distinct crossings (RB92579 x RB92606, RB92606 x RB92579, RB92579 x ? e RB92606 x ?). From each one of the samples the quantity of spikelets was determined. Subsequently, these spikelets had its caryopsis extracted, and after that they were counted; the percentage of fertility was then calculated. The percentage and the germination speed index both of the spikelets and the isolated caryopsis were evaluated, by means of tests carried out in two environments (field and laboratory). The following concentrations were used to evaluate the effect of GA₃ e KNO₃ on germination: 0, 50, 100, 150 e 200 mg L⁻¹ de GA₃ e 0 e 0,2% de KNO₃. This test was carried out in laboratory, by using spikelets proceeding from the biparental crossing RB92579 x RB92606. To determine the minimum size of the sample, spikelets from two crossings (RB92579 x ? e RB92606 x ?) were used. From each crossing, samples with different masses (0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 gram) were used through four replications. Aiming to evaluate the effect of the storage, two monthly experiments were set up in two environments (field and laboratory), using spikelets that were kept in refrigerated room. These experiments were conducted on the completely random design. For each crossing, four replications of 200 seeds, or 50 caryopsis, were carried out.

Countings were carried out in a daily base, by adopting the technological criteria. The analyzed variables were the percentage and the speed indices of germination. The obtained results showed that the crossings differed with regard to the number of fertile spikelets and of caryopsis by gram. As a consequence of this, they also differed with regard to the percentage of fertile spikelets and to the speed indices of germination. The bi-parental crossings presented a larger number of spikelets, while the multiple crossings showed a larger production of caryopsis. Seeds which were obtained from the RB92579 x RB92606 crossing presented very low percentages both of fertile spikelets and germination. With regard to the pre-germinating treatments, positive effect of the giberelic acid on the stimulus of germination could be observed, since it elevated the germination to the level of fertile spikelets of the crossing. The treatment which contained potassium nitrate did not differ of the control, even in presence of GA₃. This fact shows that this compound annulated the promoting effect of germination of the giberelic acid. To determine the grade of humidity, the sample of 0,6 g of seeds presented the lesser coefficient of variation, showing itself be suitable for the tests of humidity. Throughout the period of storage, reduction up to 35% of spikelets germination was observed. The best results were obtained when the tests were carried out in laboratory conditions.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO GERAL

A cultura da cana-de-açúcar assume importância cada vez maior no cenário nacional. Recentemente, as discussões a respeito das fontes energéticas utilizadas no planeta têm se voltado para a bionergia como alternativa ao petróleo. O etanol, produzido a partir da cana-de-açúcar, tem papel relevante nesse processo, além disso, a utilização dessa cultura para a produção de açúcar deve manter-se estável, gerando a necessidade de aumento iminente da produção. Assim sendo, cresce o interesse em pesquisa com essa espécie.

O lançamento de novas variedades, cada vez mais produtivas e adaptadas às condições locais, é um processo contínuo nos programas de melhoramento genético da cultura (BARBOSA et al., 2000; BARBOSA et al., 2002) e para isso é necessário que ocorram cruzamentos (hibridações) entre genótipos de interesse, com a conseqüente produção de sementes, as quais originarão plântulas, que poderão, no final do processo de seleção, dar origem a novas variedades.

A produção de sementes, entretanto, não tem sido satisfatória, haja vista que a cultura é selecionada, dentre outros propósitos, para evitar o florescimento, cuja ocorrência reduz o potencial produtivo da mesma (CHASE e SENDULSKY, 1991; RODRIGUES, 1995), e agrava-se quando determinados genótipos são cruzados entre si, devido a características genéticas próprias que eventualmente desfavorecem os processos de polinização, fertilização e formação da semente (BEWLEY et al., 2000).

Uma vez obtidas, as sementes devem apresentar vigor adequado para a formação de plântulas saudáveis (CARVALHO, 1994). Esta característica pode ser avaliada pelo

índice ou velocidade de germinação, comprimento de plântulas, massa seca, etc. (VIEIRA et al., 1994), podendo variar entre materiais genéticos e seus híbridos. Os processos fisiológicos das sementes são programados geneticamente e codificados durante a sua formação, sendo que as características genéticas dos descendentes são determinadas com a união dos gametas masculino e feminino e estabelecidos no momento da fecundação da oosfera (MARCOS FILHO, 2005). Dentre essas características pode-se incluir o desempenho germinativo das sementes, o qual varia entre espécies e cultivares, e nas suas respostas ao ambiente.

Frequentemente nos programas de melhoramento genético existe a necessidade de armazenamento das sementes para uso posterior. Sabe-se que as sementes armazenadas em temperaturas sub-zero apresentam longevidade considerável (BRETT, 1971), perdendo-a rapidamente sob condições de altas temperaturas e umidade relativa (RAO, 1982). Entretanto, a curto prazo, o armazenamento geralmente é feito em salas refrigeradas, onde a temperatura está em torno de 20⁰C e a umidade relativa em torno de 50%. Sob tais condições desconhece-se o potencial de armazenamento e seu efeito sobre o vigor nos diferentes materiais genéticos utilizados.

Um aspecto importante a ser considerado na tomada de decisão a respeito do armazenamento das sementes é teor de água das mesmas (BEWLEY e BLACK, 1994; MARCOS FILHO, 2005). Existem normas para a realização dos testes de umidade em sementes, prescritas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Entretanto, as sementes de cana-de-açúcar, talvez por seu uso restrito, não constam em tais Regras, necessitando de padronização, principalmente quanto ao tamanho mínimo da amostra para tal determinação.

Em sementes de diversas espécies pode-se obter aumento da germinabilidade utilizando-se tratamentos químicos, como a adição de ácido giberélico e/ou de nitrato de

potássio ao substrato de germinação (MORRIS, 1958; EIRA, 1983; KARSSSEN e HILHORST, 1992; KARSSSEN, 1995; ZIEGLER, 1995; DANTAS et al., 2001; MARTINS e SILVA, 2001; VIEIRA et al., 2002; TAIZ e ZEIGER, 2004). Entretanto, para sementes de cana-de-açúcar não se tem conhecimento de relatos científicos descrevendo o uso de tais substâncias, necessitando, portanto, de investigação.

Em virtude do exposto, o presente trabalho teve como objetivos analisar o vigor e o potencial de produção de sementes de diferentes cruzamentos; estabelecer metodologias para determinação do teste de umidade; avaliar o potencial de armazenamento de sementes em câmara refrigerada e o efeito de tratamentos químicos visando aumentar a germinação de sementes obtidas de diferentes cruzamentos envolvendo os genótipos RB92579 e RB92606.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cana-de-açúcar

2.1.1 Classificação Botânica

Ao classificar-se botanicamente a cana-de-açúcar, utiliza-se normalmente a nomenclatura de ENGLER (1954). De acordo com essa classificação, a cana-de-açúcar pertence à divisão Angiospermae, classe Monocotyledoneae, ordem Graminales, família Gramineae, tribo Andropogonae e subtribo Saccharininae (LUCCHESI, 2000).

A nível de espécie, a classificação mais aceita é a de Jeswiet, do ano de 1925 (FAUCONNIER e BASSEREAU, 1975). Segundo essa classificação, no género *Saccharum* ocorrem seis espécies, a saber:

2.1.1.1 *S. officinarum* L.

Esta espécie é um complexo poliplóide, composto, em média, de 80 cromossomos, cujo centro de diversidade é a Nova Guiné; o seu centro de origem não é exatamente conhecido. É denominada como “cana nobre”, em função da sua esplêndida aparência, das cores brilhantes e dos colmos grossos e suculentos, com alto conteúdo de sacarose e boas características gerais para a industrialização. Constitui-se na espécie base dos programas de melhoramento (MATSUOKA et al., 1999). Pertencem a esta espécie as antigas variedades cultivadas no Brasil até 1925, tais como: Preta, Rosa, Riscada, Roxa, Cristalina, Creoula, Manteiga, Caiana entre outras (BACCHI, 1983). Devido à grande incidência do Mosaico nessa espécie, tais variedades passaram a ser substituídas por híbridos mais resistentes a essa doença.

2.1.1.2 *S. spontaneum* L.

É uma espécie altamente polimórfica, que cresce no trópico e no subtropico, de 30°S a 35°N, desde o Japão e Indonésia/Nova Guiné até o Mediterrâneo e África, passando pelo subcontinente da Índia. Suas plantas variam de pequena, tipo “capim”, sem colmo, há clones com colmos de mais de 5 m de altura, com diâmetro variando de 3 a 15 mm. As folhas caracterizam-se por quase ausência do limbo, restrita apenas a nervura central, ou limbos de até 4 cm. É a espécie que, modernamente, tem dado maior contribuição ao melhoramento (MATSUOKA et al., 1999).

2.1.1.3 *S. sinensis* e *S. barberi*

Eram cultivadas pelos nativos da China e norte da Índia, respectivamente, desde épocas pré-históricas, não havendo definição segura sobre a origem dessas espécies. A *S. sinensis* provavelmente surgiu da introgressão da *S. officinarum* com *Miscanthus*, ou com *S. spontaneum*, na China, após a introdução da primeira em épocas pré-históricas. Já a *S. barberi* pode ter surgido de forma independente no noroeste da Índia, ou da introgressão de *S. officinarum* com *Erianthus* sect. *Ripidium* (DANIELS e ROACH, 1987). A *S. sinensis* apresenta plantas de porte alto, colmos finos e fibrosos e teor regular de açúcar. A variedade típica da espécie é a chamada “cana de Ubá”. *S. barberi* apresenta plantas de porte baixo ou médio, colmos finos, fibrosos e pobres em açúcar. São conhecidas como “cana indiana” (BACCHI, 1983).

2.1.1.4 *S. robustum*

Admite-se que a partir desta espécie é que a *S. officinarum* evoluiu, por meio de seleções humanas por tipos macios e ricos em líquido açucarado (MATSUOKA et al., 1999). Seus colmos podem atingir até 10 m de altura e são utilizados como cerca viva. É

uma espécie com baixo teor de sacarose e alta percentagem de fibra. São canas selvagens que se adaptam a inúmeras condições ambientais, mas suscetíveis ao Mosaico (CESNIK e MIOQUE, 2004).

2.1.1.5 *S. edule*

Espécie que abrange algumas poucas variedades da Nova Guiné e de ilhas vizinhas, caracterizadas por apresentarem inflorescências empregadas na alimentação humana (BACCHI, 1983).

2.1.2 Origem

Várias são as teorias que tentam explicar a origem da cana-de-açúcar (*S. officinarum*), porém a mais aceita atualmente destaca a Nova Guiné e ilhas vizinhas como o seu provável lugar de origem (FAUCONNIER e BASSEREAU, 1975). A manufatura do açúcar apareceu na Pérsia por volta de 500 a.C., de onde posteriormente se disseminou para o norte da África e de lá para a Espanha. Na época das grandes navegações, foi conduzida para a costa africana do Atlântico e para as Américas, por Cristóvão Colombo, no ano de 1493 (DEER, 1921) estendendo-se por todos os países deste continente. No Brasil, relata-se que a primeira introdução ocorreu na Capitania de São Vicente, através de Martim Afonso de Souza, no ano de 1532, embora seja possível que tenha sido trazida em expedições anteriores (DANTAS e MELO, 1960). No início da colonização portuguesa, a cana-de-açúcar caracterizou-se como uma das primeiras culturas introduzidas no Brasil com fins lucrativos (CASTRO e KLUGE, 2001).

2.1.3 Morfologia e anatomia dos órgãos reprodutivos da cana-de-açúcar

2.1.3.1 Inflorescência

A cana-de-açúcar forma uma panícula aberta tipo inflorescência, cuja forma, grau de ramificação e tamanho são altamente específicos de cada variedade. A inflorescência consiste de um eixo principal com ramificações primárias e secundárias. Presas às ramificações estão as espiguetas arranjadas em pares que contêm as flores individuais (The Biology and Ecology of Sugarcane in Austrália, 2004).

2.1.3.2 Flor

A flor da cana é hermafrodita e tem a mesma constituição que a das demais gramíneas; três ou quatro glumas e duas lodículas que contêm um ovário com um único carpelo, dois estigmas plumosos de cor violeta e três anteras cada uma com dois sacos polínicos. Os estigmas favorecem a germinação do pólen durante um espaço de tempo limitado. Esta receptividade é, em geral, mais favorável ao recebimento de pólen estranho. Dessa forma, as polinizações cruzadas são mais comuns (FAUCONNIER e BASSEREAU, 1975).

2.1.3.3 Semente

Segundo BACCHI (1983) a semente da cana é na verdade um fruto tipo cariopse de coloração marrom, forma elíptica, com aproximadamente 1,5 mm de comprimento por 0,5 mm de diâmetro.

A cariopse tem um pericarpo muito reduzido, com duas epidermes justapostas. O embrião tem seu cotilédone, o qual é denominado de escutelo, intimamente aderido ao seu endosperma, que é muito desenvolvido. O tegumento da semente consta de uma

camada de células tubulares, sob a qual encontra-se a camada externa do endosperma, rica em grãos de aleurona as quais tem a função de secretar, em resposta à ação de giberelinas liberadas pelo eixo embrionário, enzimas hidrolíticas que atuam no processo de digestão das reservas (MARCOS FILHO, 2005). O embrião possui a plúmula na extremidade do mesocótilo, com dois primórdios foliares e o ponto vegetativo, onde se encontra o meristema apical que vai dar formação ao caule. A plúmula é protegida pelo coleótilo, e a radícula, já com a coifa, é protegida pela coleorriza (LUCCHESI, 2000).

2.2 Tipos de hibridações em cana-de-açúcar

As hibridações consistem em cruzamentos dirigidos entre genitores previamente selecionados que apresentam característica de interesse comercial. Os cruzamentos são realizados de forma a se obter populações com razoável probabilidade de seleção de indivíduos superiores (MATSUOKA et al., 1999).

Existem alguns tipos de cruzamentos adotados para o melhoramento genético da cana-de-açúcar, porém os mais usados são três:

2.2.1 Cruzamento bi-parental

Este método envolve duas variedades: uma doadora de pólen (variedade masculina) e outra receptora desse mesmo pólen (variedade feminina). Há, também, o bi-parental recíproco, isto é, as duas variedades são ao mesmo tempo doadoras e receptoras de pólen, aproveitando-se de suas próprias sementes (CESNIK e MIOCQUE, 2004).

Durante o processo de hibridação, os colmos devem ser mantidos em solução nutritiva e protegidos por campânulas, evitando-se a contaminação por pólen estranho. Terminado o período de fecundação, os colmos masculinos são descartados e os

femininos são transferidos para galpões de amadurecimento das sementes (CESNIK e MIOCQUE, 2004).

2.2.2 Policruzamento ou Cruzamento múltiplo

O policruzamento de cana-de-açúcar foi desenvolvido no Havaí com o objetivo de avaliar grande número de genitores com custo menor (WARNER, 1954). Esse método consiste em reunir um grande grupo de panículas de diferentes genitores para que se cruzem. Colhem-se sementes de todas as panículas, de modo que somente o genitor feminino pode ser conhecido (HEINZ e TEW, 1987).

Para realizar esse cruzamento, são agrupados de cinco a oito colmos, de diferentes variedades, dispostos num estaleiro e identificados por etiqueta. Uma solução nutritiva irá conservar os colmos durante todo o período de fecundação floral e do amadurecimento das sementes.

2.2.3 Cruzamento múltiplo específicos

Este método foi desenvolvido pelos havaianos. Ele consiste em polinizar várias panículas femininas, comprovadamente macho-estéreis, com apenas um genitor masculino. Os cruzamentos devem ser realizados em áreas isoladas, geralmente em caminhos no interior da mata ou em campânulas maiores (WARNER, 1954). Ao final do processo, apenas as panículas dos genitores femininos são coletadas.

2.3 Germinação de sementes

A germinação é um fenômeno biológico que pode ser considerado pelos botânicos como a retomada do crescimento do embrião, com o subsequente rompimento do tegumento pela radícula (IPEF, 1999). Do ponto de vista tecnológico, a germinação é

definida como a capacidade da semente de produzir uma plântula que, pelas características de suas estruturas essenciais, demonstre sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo (BRASIL, 1992).

Para que uma semente viável possa germinar são necessários: suprimento de água em quantidade suficiente; temperatura; e uma composição de gases adequada, bem como de luz para determinadas espécies (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). O grau de exigência desses fatores é variável entre as espécies e determinado pelo genótipo e pelas condições ambientais prevalecentes durante a germinação das sementes (MAYER e POLJAKOFF-MAYBER, 1989).

O processo germinativo inicia-se com a embebição e a conseqüente retomada das atividades paralisadas por ocasião da maturação fisiológica das sementes, sendo para isto necessários alguns requisitos fundamentais como: as sementes estarem viáveis e as condições ambientais serem favoráveis (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

A germinação em cana-de-açúcar inicia-se, geralmente, dois dias após a semeadura, com o nascimento da primeira raiz denominada de raiz primária, a qual dará origem à secundária e esta à terciária, e assim sucessivamente. A partir do terceiro dia surge o coleóptilo que é a parte do cotilédono que protege a plúmula. Já no sétimo e décimo dia, nascem a primeira e a segunda folha, respectivamente, tornando a plântula apta a realizar fotossíntese (CAMARGO, 1970).

2.3.1 Fatores que afetam a germinação

2.3.1.1 Água

A água é o principal fator no início da germinação, uma vez que a semente precisa ser reidratada o suficiente e atingir um conteúdo de água para poder germinar. As sementes respondem diferentemente à quantidade de água no substrato, sendo que o

excesso de água pode tanto promover como inibir a germinação (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

2.3.1.2 Temperatura

O processo germinativo envolve várias etapas e cada uma exige determinada temperatura para que se processe de maneira mais rápida e eficiente. Assim, os efeitos da temperatura sobre a germinação refletem apenas a consequência global, não havendo um coeficiente único que caracterize a germinação (POPINIGIS, 1977).

A faixa de temperatura dentro da qual as sementes podem germinar é característica de cada espécie, mas o tempo necessário para ser alcançada a máxima porcentagem de germinação varia com a temperatura (BEWLEY e BLACK, 1994).

Em cana-de-açúcar, a temperatura ideal para a germinação das sementes encontra-se na faixa de 25 a 32°C. Temperaturas mais baixas, ao redor de 18,5°C, inibem a sua germinação (CESNIK e MIOCQUE, 2004).

2.3.1.3 Oxigênio

É necessário para a oxidação dos materiais de reserva e o consequente suprimento de energia para o desenvolvimento do eixo embrionário. A maioria das espécies não exige altos níveis de oxigênio para germinar, porém concentrações inferiores a 10% pode causar problemas dependendo da fase de germinação. A impermeabilidade a oxigênio, causada pelas glumelas e pelo pericarpo, é uma das mais importantes causas de dormência em sementes (MARCOS FILHO, 2005).

2.3.1.4 Luz

Algumas sementes germinam somente com extensa exposição à luz e outras com breve exposição, apesar de muitas se apresentarem indiferentes à luminosidade. Certas

sementes germinam somente no escuro e outras necessitam de um longo ou curto fotoperíodo diário (IPEF, 1999).

A germinação não está apenas relacionada com a presença ou ausência de luz, mas também com a qualidade de luz. A qualidade de luz durante a maturação da semente é um importante fator controlador da germinação (IPEF, 1999). Em certas espécies, o efeito luminoso pode ser substituído pela utilização de temperaturas baixas, aplicação de giberelina ou remoção do tegumento.

2.3.1.5 Grau de fertilidade

O grão de pólen que entra em contato com o estigma das flores pode ser fértil ou não, sendo que dessa viabilidade é que dependerá a fecundidade do óvulo e, do número fecundado, ter-se-á o grau de fertilidade da variedade o qual estará diretamente ligada ao número de plântulas formadas por cada cruzamento (CESNIK e MIOCQUE, 2004).

2.3.1.6 Amadurecimento das sementes

O amadurecimento incompleto das sementes é também fator de insucesso na germinação. As sementes quando colhidas de panículas que tiveram um período de amadurecimento inferior a 21 dias podem não germinar ou, se a germinação ocorrer, será em percentagens insatisfatórias (CESNIK e MIOCQUE, 2004).

2.3.1.7 Secagem e armazenamento

As sementes originárias de panículas que sofreram uma secagem prolongada, em ambiente com temperatura e umidade elevadas, apresentam taxa de germinação inferior àquelas provenientes de panículas que sofreram uma secagem rápida por 48 horas. Quando as sementes são armazenadas sob condições desfavoráveis ou inadequadas, a queda da germinação ocorre de maneira vertical e muito rápida (CESNIK e MIOCQUE, 2004).

2.3.1.8 Emasculação com água quente

A ocorrência de autofecundação é algo indesejável para os programas de melhoramento, dado a grande perda de vigor, normalmente observada em consequência da endogamia. Em função disto, os melhoristas procedem a emasculação das panículas, processo no qual as flores são mergulhadas em água aquecida a 52°C durante um período de 3 a 4 minutos. Porém, este procedimento pode interferir na taxa de germinação das sementes, devido a danos ocorridos na parte feminina da flor (MACHADO Jr. et al., 1989).

2.3.2 Efeitos da giberelina na germinação de sementes

A giberelina é um hormônio vegetal que influencia uma grande diversidade de processos de desenvolvimento. Além do alongamento do caule, controla vários aspectos relacionados à germinação de sementes, incluindo a quebra de dormência e a ativação do crescimento vegetativo do embrião (TAIZ e ZEIGER, 2004).

As giberelinas, especialmente o ácido giberélico (GA₃), tem sua ação na germinação, amplamente estudada em sementes de cevada (*Hordeum vulgare*). Após a embebição das sementes, o GA₃ desloca-se para a camada de aleurona, onde induz a síntese e ativação de enzimas hidrolíticas, que devem ser liberadas no endosperma, onde vão atuar favorecendo a quebra das reservas armazenadas, as quais vão nutrir o embrião (JACOBSEN et al., 1995).

Em função disso, o GA₃ tem sido largamente utilizado na aceleração e uniformização da germinação de diversas espécies, havendo muitos relatos de melhoria na germinação pelo seu uso.

De acordo com LONA (1956) a giberelina pode substituir a luz vermelha na promoção da germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa*). Enquanto isso,

MORRIS (1958) verificou que a aplicação de giberelina mostrou resultados positivos na superação da dormência em sementes de cevada (*Hordeum vulgare*). Em trabalho realizado por EIRA (1983), o tratamento de sementes de capim andropogon (*Andropogon gayanus*) com ácido giberélico se mostrou bastante eficiente, apresentando grande incremento na germinação. Por outro lado, GARCIA e CÔCERO (1992) trabalhando com sementes de *Brachiaria brizantha*, não observaram efeito positivo do GA₃ na quebra da dormência.

As sementes de algumas espécies requerem um tratamento com baixas temperaturas para induzir a germinação. Em tais sementes, essa dormência, também, pode ser quebrada pela aplicação de giberelina (TAIZ e ZEIGER, 2004).

2.3.3 Efeitos do nitrato na germinação de sementes

O nitrato, ou mais especificamente o nitrato de potássio (KNO₃), tem sido amplamente utilizado como tratamento pré-germinativo em diversas espécies, sendo que as Regras para Análise de Sementes (RAS) recomendam a concentração de 0,2% para estimular a germinação em diversas espécies, inclusive de gramíneas (BRASIL, 1992). O seu papel não está muito claro, entretanto parece atuar na oxidação do NADPH, aumentando a disponibilidade de NADP para o ciclo das pentoses-fosfato, o que estaria relacionado com superação de dormência em diversas espécies (MARCOS FILHO, 2005).

De acordo com EREZ e LAVEE (1974) o KNO₃ é universalmente conhecido como agente de quebra de dormência em sementes. CARVALHO e NAKAGAWA (2000) observaram que a aplicação desse composto no substrato de germinação é um método amplamente recomendado; e que, aproximadamente, 26,5% das espécies listadas na RAS teriam sua dormência quebrada com a utilização de solução de KNO₃.

EIRA (1983), utilizando uma concentração de 0,2% de KNO_3 , conseguiu bons resultados na quebra de dormência de sementes de capim andropogon (*Andropogon gayanus*). Entretanto, TOLEDO e PEDREIRA (1984), pesquisando com capim Colonião (*Panicum maximum* Jacq.), verificaram que quantidades elevadas de solução de nitrato de potássio (20ml e 16ml) causaram efeito negativo nos resultados dos testes de germinação.

2.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACCHI, O.O.S. Botânica da cana-de-açúcar. In: FILHO ORLANDO, J. (ed.). **Nutrição e Adubação da Cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: Instituto do Açúcar e do Alcool. Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar – PLANALSUCAR. v. 2, 1983. p.25-40.
- BARBOSA, G.V.S.; SOUZA, A.J.R.; ROCHA, A.M.C.; RIBEIRO, C.A.G.; FERREIRA, J.L.; SOARES, L.; CRUZ, M.M.; SILVA, W.C.M. Novas Variedades RB de Cana-de-açúcar para Alagoas. **Boletim Técnico PMGCA**. n 1. Maceió. 2000.
- BARBOSA, G.V.S.; CRUZ, M.M.; SOARES, L.; ROCHA, A.M.C.; RIBEIRO, C.A.G.; SOUZA, A.J.R.; FERREIRA, J.L.; BARRETO, E.J.S.; SILVA, W.C.M. SNATOS, A.V.P. A brief report on sugarcane breeding program in Alagoas, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v.2, n.4, p.613-616, 2002.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum, 1994. 445p.
- BEWLEY, J.D.; HEMPEL, F.D.; McCORMICK, S.; ZAMBRYSKI, P. Reproductive development. In: BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. (Eds.) **Biochemistry and molecular biology of plants**. Maryland: American Society of Plant Physiologists, 2000. p.988-1043.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- BRETT, P.G.C. Seed storage. **Sugarcane Breeders' Newsletter**. International Society of Sugar cane Technologists, v.28, p.4-5, 1971.
- CAMARGO, P.N. **Fisiologia da Cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Agricultura e Horticultura, 1970. 38p.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal-SP: FUNEP, 2000. 588p.
- CARVALHO, N.M. O conceito de vigor em sementes. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. p.1-30

CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. **Ecofisiologia de culturas extrativas: cana-de-açúcar; seringueira; coqueiro; dendezeiro e oliveira.** Cosmópolis: Stollier do Brasil, 2001. 138p.

CESNIK, R.; MIOCQUE, J. **Melhoramento da cana-de-açúcar.** Brasília, DF: Embrapa informação Tecnológica, 2004.307p.

CHASE, A.; SENDULSKY, T. **Primeiro livro de gramíneas:** noções sobre a estrutura com exemplos da flora brasileira. São Paulo: Instituto de Botânica, 1991. 125p.

DANIELS, J., and ROACH, B.T. Taxonomy and evolution in sugarcane. In: HEINZ, D.J (ed.). **Sugarcane improvement through breeding**, Amsterdam: Elsevier, 1987. p.7-84.

DANTAS, B.F; ALVES, E.; ARAGÃO, C.A.; TOFANELLI, M.B.D.; CORRÊA, M.R.; RODRIGUES, J.D.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Germinação de sementes de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc.) tratadas com ácido giberélico. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.2, p.27-34, 2001.

DANTAS, B.; MELO, J.L.D.; **A situação das variedades na zona canavieira de Pernambuco. (1954/55 a 1957/58) e uma nota histórica sobre as variedades antigas.** Boletim Técnico. Recife: IAN/MA, n.11, p.29-82, 1960.

DEER, N. **Cane Sugar.** London: Norman Rodger, 1921, 644p.

EIRA, M. T. Comparação de métodos de quebra de dormência em sementes de capim andropogon. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 5, n. 3, p. 38-49, 1983.

ENGLER, A. **Syllabus der Pflanzenfamilien.** 12 ed. Berlin: Gebruder Borntraeger, 1954. v.1, 367p.

EREZ, A.; LAVEE, S. Recent advances in breaking the dormancy of deciduous fruit trees. **In:** International Horticultural Congress, Proceedings, Warsawa, p.69-78, 1974.

FAUCONNIER, R.; BASSEREAU, D. **La caña de azúcar:** técnicas agrícolas y producciones tropicales. Barcelona: Blume, 1975. 433 p.

GARCIA, J.; CÔCERO, S.M. Superação da dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* cv.Marandu. **Scientia Agricola**, v.49, n.1. 1992. p.9-13.

HEINZ, D.J., TEW, T.L. Hybridization procedures. In: HEINZ, D.J.(ed.). **Sugarcane improvement through breeding.** Amsterdam: Elsevier, 1987. p.313-342.

IPEF. **Informativo sementes IPEF – Abril/98**. 1999. 2 p. Disponível em: <http://www.ipef.especies/germinacaoambiental.html>. Acesso em: 15 out. 2006.

JACOBSEN, J.V.; GUBLER, F.; CHANDLER, P.M. Gibberellin action in germinated cereal grains. In: DAVIES, P.J. (ed.). **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. p.246-271.

KARSSSEN, C.M.; Hormonal regulation of of seed development, dormancy and germination studied by genetic control. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (eds.) **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.333-350.

KARSSSEN, C.M.; HILHORST, H.W.M. Effect of chemical environment on seed germination. In: FENNER, M. (ed.). **Seeds: the ecology of regeneration of plant communities**. Wallingford: CAB International, 1992. p.327-348.

LONA, F. L'acido gibberellico determina la germinazione dei semi di Lactuca scariola in fase di scuto-inibizione. **L'Ateneo Parmense**, v.24, p.641-644, 1956.

LUCCHESI, A.A. Cana-de-açúcar. In: Castro, P.R.C. Kluge, R.A. (Ed). **Ecofisiologia de culturas extrativas: Cana-de-açúcar, Seringueira, Coqueiro, Dendzeiro e Oliva**. Cosmópolis: Editora Stoller do Brasil, 2000. p.13-46.

MACHADO Jr., G.R.; QUEIROZ, J.E.; BRAGA Jr., R.L.C. **Estudo da emasculação variedades de cana-de-açúcar**. Boletim Técnico Copersucar, p. 45:3-5, 1989.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MARTINS, L.; SILVA, W.R. Comportamento da dormência em sementes de braquiária submetidas a tratamentos térmicos e químicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.7, p.997-1003, 2001.

MATSUOKA, S. GARCIA, A.A.F. ARIZONO, H. .Melhoramento de cana-de-açúcar. In: BORÉM, A. (ed) **Melhoramento das espécies cultivadas**. 2.ed. Editora UFV, Viçosa. 1999. p.205-521.

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. New York: The McMillan Company, 1989. 270p.

MORRIS, E.O. Effect of gibberellic acid upon the germination of barley. **Chemistry and Industry**, n. 4, p.97, 1958.

- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1977. 289p.
- RAO. P.S. Sugarcane seed storage for breeding and generic conservation. In: SEMINARIO INTERAMERICANO DE LA CAÑA DE AZÚCAR - VARIEDADES. Florida International University. Miami. USA. 1982.
- RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Unesp, 1995. 99p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- The Biology and Ecology of Sugarcane in Austrália. **Australian Government: Department of Health and Ageing**, 2004.
- TOLEDO, F.F.; PEDREIRA, A.A.S. Quantidade de solução de nitrato de potássio e a germinação de sementes de capim Colonião. **Revista Brasileira de Sementes**, v.6, n.1, p.61-70, 1984.
- VIEIRA, A.R.; VIEIRA, M.G.G.C.; FRAGA, A.C.; OLIVEIRA, J.A.; SANTOS, C.D. Action of gibberellic acid (GA3) on dormancy and activity of alfa-amylase in rice seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.2, p.43-48, 2002.
- VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. de; SADER, R. Testes de vigor e suas possibilidades de uso. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. de. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.31-47.
- WARNER, J.N. Techniques of breeding and testing sugarcane in Hawaii. **Proc. Cong. Int. Soc. Sug. Cane Technol.**, p.415-422, 1954.
- ZIEGLER, P. Carbohydrate degradation during germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (eds.) **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.447-474.

CAPÍTULO 2

QUALIDADE FISIOLÓGICA E TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES DE CANA-DE-AÇÚCAR PROVENIENTES DE DIFERENTES CRUZAMENTOS

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade fisiológica de sementes de cana-de-açúcar, bem como o efeito do ácido giberélico (GA_3) e do nitrato de potássio (KNO_3) na sua germinação. Para determinação da porcentagem de espiguetas férteis foram tomadas quatro amostras de 0,5 g provenientes de quatro cruzamentos distintos (RB92579 x RB92606, RB92606 x RB92579, RB92579 x ? e RB92606 x ?). De cada amostra foram determinados os valores totais de espiguetas e, em seguida, uma a uma, tiveram suas cariopses extraídas manualmente e contabilizadas, calculando-se a porcentagem de fertilidade. Para determinação da qualidade fisiológica as espiguetas e as cariopses foram submetidas a testes de germinação, emergência e ao índice de velocidade de germinação (IVG). Para avaliar o efeito do GA_3 e KNO_3 foram utilizadas as seguintes concentrações: 0, 50, 100, 150 e 200 mg L⁻¹ de GA_3 e 0 e 0,2% de KNO_3 , sendo o teste conduzido em laboratório, com espiguetas provenientes do cruzamento bi-parental RB92579 x RB92606. O delineamento adotado em todos os testes foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições de 200 espiguetas e quatro repetições de 50 cariopses. As contagens foram realizadas diariamente, adotando-se o critério tecnológico. Os resultados obtidos mostraram que os cruzamentos diferiram entre si quanto ao número de espiguetas e de cariopses por grama e, conseqüentemente, quanto à porcentagem de espiguetas férteis e de porcentagem de germinação. Os cruzamentos

bi-parentais apresentaram maior número de espiguetas, enquanto os cruzamentos múltiplos mostraram maior produção de cariopses. Sementes obtidas do cruzamento RB92576 x RB92606 apresentaram porcentagens de espiguetas férteis e de germinação muito baixas. Em relação aos tratamentos pré-germinativos, observou-se efeito positivo do GA₃ no estímulo da germinação, elevando-a ao nível de espiguetas férteis do cruzamento. Os tratamentos contendo KNO₃ não diferiram da testemunha, mesmo na presença de GA₃, indicando que este composto pode ter anulado o efeito promotor de germinação do GA₃.

Palavras-chave: Saccharum sp., germinação, ácido giberélico, nitrato de potássio.

PHYSIOLOGICAL QUALITY AND CHEMICAL TREATMENT OF SUGAR CANE SEEDS PROCEEDING FROM DISTINCT CROSSINGS

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the physiological quality of sugar cane, as well as the giberelic acid (GA₃) and the effect of potassium nitrate (KNO₃) in its germination. In order to determine the percentage of fertile spikelets, four 0,5g samples from distinct crossings (RB92579 x RB92606, RB92606 x RB92579, RB92579 x ? e RB92606 x ?) were taken. The total values of the spikelets for each sample were determined and, subsequently, one-by-one, they had their caryopsis manually extracted and counted; the percentage of fertility was then calculated. To determine de physiological quality, the spikelets and the caryopsis undergone germination and emergency tests, and were also subjected to the germination speed index. The following concentrations were used to

evaluate the effect of the GA₃ and KNO₃: 0, 50, 100, 150 e 200 mg L⁻¹ de GA₃ e 0 e 0,2% de KNO₃. The tests were conducted in laboratory, with seeds from the bi-parental crossing RB92579 x RB92606. For all of the tests, completely randomized design was adopted with four replications of 200 seeds and four replications of 50 caryopsis. Countings were carried out in a daily base, by adopting the technological criteria. Results showed that the two crossings differed as for the number of spikelets and caryopsis for gram and, consequently, as for the percentage of fertile spikelets and for the percentage of germination. The bi-parental crossings numbered higher for the spikelets, while the multiple ones showed the largest production of caryopsis. Seeds from the RB92576 X RB92606 crossing presented very low percentages of fertile spikelets and of germination. Regarding the pre-germinating treatments, it was observed a positive effect of GA₃ on the stimulus of germination, which reached the level of fertile spikelets of the crossing. Treatments which contained KNO₃ did not differ from the control, even in presence of GA₃, pointing to the fact that this compound can have annulled the promoting effect of germination of GA₃.

Key-words: Saccharum sp., germination, giberelic acid, potassium nitrate

3.1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar foi, por muito tempo, tida com uma espécie de propagação exclusivamente vegetativa, acreditando-se que não produzisse sementes, idéia que persiste em literatura relativamente recente, a exemplo de CHASE e SENDULSKY (1991), os quais afirmam que as espiguetas da cana, geralmente, não produzem sementes. Entretanto, no final do século XIX foram obtidas plantas originadas de

sementes em diversas partes do mundo (FAUCONNIER e BASSEREAU, 1975), o que representou um marco no desenvolvimento da cultura, pois tornou-se possível a realização dos primeiros trabalhos de seleção dessa gramínea.

Por serem muito pequenas e heterozigóticas, as sementes de cana têm seu uso praticamente restrito ao processo de melhoramento genético da cultura. Para CHILTON et al. (1965), a base de um bom programa de melhoramento está na sua capacidade de produzir sementes de boa qualidade com alto poder germinativo, pois é partir delas que serão originadas as plântulas que poderão vir a dar origem a uma nova variedade comercial.

Diferente dos cereais, os quais são gramíneas anuais selecionadas para melhorar sua fertilidade, produzindo grandes quantidades de grãos, a cana-de-açúcar, única gramínea perene cultivada para alimentação humana, é selecionada para a esterilidade, visto que o processo de florescimento reduz a quantidade de açúcar armazenada no caule (RAO, 1982; CHASE e SENDULSKY, 1991). Sendo assim, a cana-de-açúcar é uma espécie que apresenta baixa taxa de formação de sementes, e estas geralmente, apresentam baixa viabilidade.

Entretanto, devido à dependência da semente para a produção de novas variedades, os programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar se ressentem da necessidade de conhecimento dos fatores ligados à produção de sementes dessa espécie, tanto em quantidade, como em qualidade. Nestes programas, as hibridizações são realizadas, utilizando-se basicamente dois tipos de cruzamentos, bi-parental e múltiplo. No primeiro, é realizada a hibridização entre dois genótipos de interesse, enquanto que no segundo, apenas a identidade da planta mãe é conhecida, sendo o pólen oriundo livremente de diversos indivíduos. O efeito desses métodos de cruzamento sobre a formação de sementes viáveis é desconhecido, necessitando de investigação.

PEREZ (2004) relata que a dormência de sementes de muitas espécies é causada pela influência inibidora das estruturas que envolvem o embrião, as quais incluem gluma, pálea e lema, ocorrentes em gramíneas. Porém, em relação à cana-de-açúcar, o processo de deslincamento, que consiste na remoção dos pêlos situados na base das espiguetas, tem o objetivo de reduzir o volume de material e melhorar a eficiência germinativa (SILVA, 1975).

Em virtude da baixa germinabilidade observada em sementes de cana-de-açúcar oriundas de determinados cruzamentos, torna-se necessário investigar o uso de tratamentos pré-germinativos que visem otimizar esse processo (SILVA 2006¹, comunicação pessoal). Neste sentido, sabe-se que a giberelina é um hormônio vegetal que controla vários aspectos relacionados à germinação de sementes, incluindo a quebra de dormência e a ativação do crescimento vegetativo do embrião (KARSSSEN, 1995; ZIEGLER, 1995; TAIZ e ZEIGER, 2004), o qual vem sendo utilizado, obtendo-se bons resultados em diversas espécies de gramíneas, como cevada (MORRIS, 1958), capim andropogon (EIRA, 1983), capim marmelada (DANTAS et al., 2001) e arroz (VIEIRA et al, 2002). O nitrato de potássio é outro composto químico conhecido por estimular a germinação em sementes de diversas espécies (KARSSSEN e HILHORST, 1992; MARTINS e SILVA, 2001), entretanto, não foram encontrados relatos envolvendo esses tratamentos em sementes de cana-de-açúcar.

O presente trabalho teve como objetivos caracterizar a produção e qualidade fisiológica de sementes de cruzamentos, bi-parentais e múltiplos, envolvendo as variedades de cana-de-açúcar RB92579 e RB92606, bem como verificar o efeito da adição de ácido giberélico e nitrato de potássio ao substrato sobre germinação das sementes provenientes do cruzamento RB92579 x RB92606.

¹ Silva, E. L. Funcionário responsável pela produção de plântulas do Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar (PMGCA/CECA/UFAL) da RIDESA.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no galpão de produção de plântulas do Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar (PMGCA) e no Laboratório de Análise de Sementes, ambos localizados no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), no município de Rio Largo.

3.2.1 Obtenção das sementes

As sementes utilizadas neste trabalho foram obtidas a partir de hibridações realizadas na Estação de Floração e Cruzamento Serra do Ouro (EFCSO), em Murici – AL, localizada a 9°13'S e a 35°50'O, durante a jornada de cruzamentos realizada no período de abril a julho de 2006.

Os cruzamentos utilizados para a obtenção das sementes foram:

RB92579 x RB92606, cruzamento bi-parental realizado no dia 22/05/2006;

RB92606 x RB92579 cruzamento bi-parental realizado no dia 22/05/2006;

RB92579 x ? cruzamento múltiplo realizado no 29/05/2006;

RB92606 x ? cruzamento múltiplo realizado no 29/05/2006.

Uma vez concluídos os processos de cruzamento, as panículas foram colhidas, colocadas em sacos de papel tipo Kraft com duas folhas e, em seguida, levadas à sala de secagem, onde permaneceram durante 24 horas à temperatura de 34°C e umidade relativa de 55%.

Depois do processo de secagem, as sementes foram separadas manualmente da ráquis e, em seguida, armazenadas em sala de resfriamento com temperatura de 21,5°C±4,5°C e umidade relativa de 44%±14%, permanecendo neste local até o momento da semeadura.

3.2.2 Determinação da porcentagem de espiguetas férteis

Foram tomadas quatro amostras de 0,5 g de espiguetas de cada cruzamento, as quais tiveram contabilizadas o número de espiguetas e cariopses. As cariopses foram extraídas manualmente, com auxílio de uma lâmina, pinça e lupa. Nesse processo, foram retiradas as glumas, lemas e páleas das unidades de dispersão até se obter as cariopses nuas. De posse dos dados, calculou-se a porcentagem de espiguetas férteis.

3.2.3 Testes de germinação em laboratório

O teste foi conduzido em condição de laboratório. Além da germinação propriamente dita, ainda foi avaliado o comportamento germinativo de espiguetas e de cariopses nuas.

Tanto para o teste em laboratório quanto em galpão, foram utilizadas quatro repetições de 200 espiguetas e quatro repetições de 50 cariopses. Estas foram distribuídas entre duas folhas de papel de filtro, as quais foram umedecidas com água destilada até obter 2,5 vezes o peso do substrato seco. Em seguida, foram acondicionadas em caixas de acrílico do tipo “gerbox” e mantidas em germinador, com temperatura constante de 30°C e fotoperíodo de 12 horas, utilizando luz branca, tipo luz do dia.

3.2.4 Testes de germinação em galpão

A semeadura foi realizada em bandejas plásticas, contendo como substrato uma mistura de terra+torta de filtro+fibra de coco, na proporção de 2:1:1. A área superficial das bandejas foi dividida em quatro partes, para obtenção de quatro parcelas por bandeja. As espiguetas e as cariopses foram distribuídas manualmente sobre o substrato, e em seguida, levemente molhadas para facilitar a aderência ao mesmo. Após a

semeadura, as caixas foram cobertas com plástico transparente, para evitar perda de umidade, e mantidas sob galpão com luz difusa.

3.2.5 Tratamento das espiguetas e teste de germinação

As espiguetas do cruzamento bi-parental RB92579 x RB92606 foram tratadas com ácido gibrélico (GA_3) e nitrato de potássio (KNO_3), isolados ou em associação, nas concentrações: 0, 50, 100, 150 e 200 $mg L^{-1}$ de GA_3 e 0 e 0,2% de KNO_3 .

As espiguetas foram distribuídas entre folhas de papel de filtro, previamente umedecidas nas respectivas concentrações das soluções até a saturação, acondicionadas em caixas de acrílico do tipo “gerbox”, as quais foram mantidas em germinador à temperatura constante de 30°C e fotoperíodo de 12 horas, até que não se observasse mais germinação por quatro dias seguidos. A duração total do teste variou de sete a oito dias.

A contagem da germinação foi realizada diariamente, adotando-se o critério tecnológico, no qual considera-se germinada a semente que deu origem a uma plântula normal, apresentando as estruturas essenciais, conforme prescrição das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). De posse dos dados, calculou-se a porcentagem e o índice de velocidade de germinação (IVG), este de acordo com MAGUIRE (1962).

3.2.6 Delineamento experimental e teste estatístico

As análises estatísticas foram realizadas considerando o delineamento inteiramente casualizado. Os dados dos experimentos de germinação foram submetidos ao teste do Qui-quadrado, a 1% de probabilidade de erro. Já as médias do IVG foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cruzamentos diferiram entre si, pelo teste de qui-quadrado, quanto ao número de espiguetas e de cariopses por grama, e conseqüentemente quanto à porcentagem de espiguetas férteis (Tabela 1). Observou-se que houve maior produção de espiguetas nos cruzamentos bi-parentais, porém os cruzamentos múltiplos apresentaram maior produção de cariopses.

Dentre todos os cruzamentos avaliados, o RB92579 x ? foi o que apresentou o maior número de espiguetas por massa (4.697 em 2g). Além disso, esse cruzamento também foi o que proporcionou a maior quantidade de cariopses (1.152 em 2g), apresentando um percentual de espiguetas férteis de 24,53%. O cruzamento RB92606 x ? apresentou o menor número de espiguetas por massa. Entretanto, foi um dos que produziu mais cariopses, alcançando o maior percentual de fertilidade (31,87%). Dentre os cruzamentos bi-parentais, o RB92579 x RB92606 apresentou a menor porcentagem de espiguetas férteis (Tabela 1 e Figura 1).

Diversos fatores podem resultar em diminuição no potencial de produção de sementes, que vão desde falhas no desenvolvimento das anteras e dos óvulos, incompatibilidade devida a interações negativas entre o pólen e o pistilo dos genótipos envolvidos, bem como falhas no desenvolvimento do próprio embrião (BEWLEY et al., 2000). Além disso, segundo FAIREY (1993), a deficiência na polinização é um dos principais fatores envolvidos na redução da produção de sementes, sendo que em gramíneas até 40% dos floretes podem não ser polinizados adequadamente.

Na Figura 1 pode-se observar que as cariopses obtidas para os diferentes cruzamentos, apresentaram diferenças quantitativas e qualitativas. Constatou-se que o

cruzamento RB92579 x RB92606 além de apresentar o menor número de espiguetas férteis produziu cariopses visivelmente menores.

Tabela 1: Resultado do número de espiguetas e de cariopses formadas em diferentes cruzamentos de cana-de-açúcar, realizados na Serra do Ouro, Murici, Alagoas.

Cruzamentos	Peso da amostra (g)	Número de espiguetas	Número de Cariopses	Espiguetas férteis (%)
RB92579 x RB92606	2,0	4.485	136	3,03
RB92606 x RB92579	2,0	4.139	741	17,90
RB92579 x ?	2,0	4.697	1.152	24,53
RB92606 x ?	2,0	3.423	1.091	31,87
Qui-quadrado = 1.224,76				
Bi-parental	4,0	8.624	877	10,70
Múltiplo	4,0	8.120	2243	27,62
Qui-quadrado = 576,91				

Houve diferença significativa entre os cruzamentos, pelo teste de qui-quadrado, quanto à porcentagem de germinação de espiguetas, para os dois ambientes (Tabela 2). As sementes oriundas do cruzamento múltiplo RB92606 x ? apresentaram as maiores porcentagens de germinação e emergência de plântulas com resultados estatisticamente superiores aos alcançados pelas sementes dos demais cruzamentos avaliados.



Figura 1. Cariopses obtidas a partir de 2,0 g de espiguetas provenientes de diferentes cruzamentos.

No teste de germinação em galpão, os cruzamentos RB92579 x ? e RB92606 x RB92579 apresentaram percentual de germinação de 23,6% e 18,4%, respectivamente, o segundo e terceiro melhor índice (Tabela 2).

As espiguetas provenientes do cruzamento bi-parental RB92579 x RB92606 apresentaram a mais baixa porcentagem de germinação, tanto nos experimentos conduzidos em condições de galpão quanto em laboratório. Este resultado ocorreu devido ao baixo índice de fertilidade nesse cruzamento. Entretanto, diferente do que ocorreu com os demais cruzamentos, onde os valores de percentual de germinação aproximaram-se dos de espiguetas férteis (Tabelas 1 e 2), neste cruzamento o percentual de germinação apresentou valores próximos de 1/3 de fertilidade, indicando que das cariopses formadas, provavelmente menos da metade estavam viáveis ou com condições para completar a germinação.

As cariopses obtidas do cruzamento RB92579 x RB92606 apresentaram tamanho inferior ao das cariopses dos demais tratamentos (Figura 1). Sabe-se que, dentro da mesma espécie, existe variação quanto ao tamanho das sementes (ROACH e WULFF, 1987), sendo um dos fatores que influenciam a germinação (WULFF, 1995), visto que quanto maior o tamanho, mais reservas estão disponíveis para nutrir o embrião, durante o processo germinativo.

Tabela 2. Resultados dos testes de germinação e do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de espiguetas de cana-de-açúcar oriundas de diferentes cruzamentos.

Cruzamentos	Ambiente	Total de sementes	Sementes germinadas	Germinação (%)	IVG*
RB92579 x RB92606	Galpão	800	9	1,1	0,44 c
RB92606 x RB92579		800	147	18,4	11,22 b
RB92579 x ?		800	189	23,6	12,69 b
RB92606 x ?		800	310	38,8	24,33 a
Qui-quadrado = 355,17					
RB92579 x RB92606	Laboratório	800	7	0,9	0,52 c
RB92606 x RB92579		800	172	21,5	20,41 b
RB92579 x ?		800	204	25,5	21,70 b
RB92606 x ?		800	295	36,9	34,66 a
Qui-quadrado = 324,53					
Bi-parental		3200	335	10,5	8,15 B
Múltiplo		3200	998	31,2	23,35 A
Qui-quadrado = 416,51					

*Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Quando os resultados de germinação são comparados entre os dois tipos de cruzamento (bi-parental ou múltiplo) observam-se maiores valores de porcentagem e velocidade de germinação em progênies dos cruzamentos múltiplos (Tabela 2). Entretanto, faz-se necessário avaliar um maior número de cruzamentos para que se possa concluir a respeito. Diferente do que ocorreu com este trabalho, o tipo de

cruzamento (múltiplo ou bi-parental) não teve efeito sobre a germinação das sementes em trabalho realizado por MARTINS (2006), a qual observou a germinação de sementes (espiguetas) de cana-de-açúcar oriundas de 29 cruzamentos, sendo 13 múltiplos e 16 bi-parentais, obtendo porcentagens de germinação que variaram de 1 a 15% (com dados originais transformados em $\sqrt{x}/100$).

O ambiente (galpão ou laboratório) não teve efeito sobre a porcentagem de germinação das espiguetas (Tabela 3), pelo teste de qui-quadrado. Entretanto, na condição de laboratório houve maior velocidade de germinação (IVG), indicando que nesta condição as sementes expressam melhor o seu vigor.

Tabela 3. Resultados de germinação e do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de espiguetas de cana-de-açúcar submetidas a diferentes ambientes.

Ambientes	Total de sementes	Sementes germinadas	Germinação (%)	IVG
Galpão	3.200	655	20,6	12,17 b
Laboratório	3.200	678	21,2	19,32 a

Qui-quadrado = 0,50

Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Houve efeito dos cruzamentos sobre a porcentagem de germinação das cariopses nuas (Tabela 4). O cruzamento múltiplo RB92606 x ? foi o que apresentou o maior percentual de germinação e emergência de plântulas 40% e 58,5% respectivamente, resultado estatisticamente superior ao alcançado pelos demais cruzamentos avaliados. Nenhuma cariopse oriunda do cruzamento bi-parental RB92579 x RB92606 germinou, nas duas condições testadas, o que demonstra o baixo índice de viabilidade das mesmas.

Considerando-se o número de espiguetas férteis e a porcentagem de germinação das espiguetas, esperava-se que as cariopses nuas apresentassem percentuais de germinação próximos de 100% em todos os cruzamentos, excetuando-se o RB92579 x RB92606, entretanto, não foi o que ocorreu, obtendo-se porcentagem máxima de

germinação das cariopses abaixo de 60% (Tabela 4). Provavelmente, o processo de extração das estruturas que acompanham a cariopses tenha causado danos mecânicos às mesmas, reduzindo a qualidade fisiológica das sementes, como discutido por SMITH e BERJAK (1995), os quais enfatizam que os danos mecânicos reduzem a qualidade das sementes além de facilitar a invasão fúngica. Outra hipótese a ser levantada é a de que os envoltórios das sementes de cana-de-açúcar desempenhem função de proteção, seja contra choques, seja contra patógenos, a exemplo do que ocorre em diversas outras espécies (BOESEWINKEL e BOUMAN, 1995), e a sua remoção resulte em aumento da suscetibilidade das cariopses a estes fatores.

Tabela 4. Resultados de germinação e do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de cariopses de cana-de-açúcar provenientes de diferentes cruzamentos.

Cruzamentos	Ambiente	Total de sementes	Sementes germinadas	Germinação (%)	IVG*
RB92579 x RB92606	Laboratório	200	0	0,0	0,00 c
RB92606 x RB92579		200	42	21,0	3,21 b
RB92579 x ?		200	43	21,5	3,25 b
RB92606 x ?		200	80	40,0	6,34 a
Qui-quadrado = 97,94					
RB92579 x RB92606	Galpão	200	0	0,0	0,00 c
RB92606 x RB92579		200	46	23,0	4,65 b
RB92579 x ?		200	60	30,0	6,25 b
RB92606 x ?		200	117	58,5	13,16 a
Qui-quadrado = 173,41					

*Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Comparando-se os resultados dos testes de germinação em galpão, onde não houve controle da temperatura, com os resultados dos testes realizados em laboratório, onde a temperatura foi mantida constante a 30°C (Tabela 5), pode-se observar que os resultados foram estatisticamente superiores para o último, fato que não ocorreu com as espiguetas, cuja germinação não diferiu nos ambientes avaliados. Desse modo ficou

evidente que as cariopses tornaram-se mais suscetíveis às condições estressantes do campo, por sofrer algum tipo de dano ou pela perda da possível proteção conferida pelos envoltórios.

Tabela 5: Resultados de germinação e do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de cariopses de cana-de-açúcar submetidas a diferentes ambientes.

Ambientes	Total de sementes	Sementes germinadas	Germinação (%)	IVG*
Galpão	800	165	20,63	3,22 b
Laboratório	800	223	27,88	6,01 a

Qui-quadrado = 11,45

*Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

3.3.1 Efeito da giberelina e do nitrato de potássio

Analisando-se a porcentagem de germinação de sementes de cana-de-açúcar, obtidas do cruzamento RB92579 x RB92606, submetidas a diferentes concentrações de GA₃ associado ou não ao KNO₃, observou-se efeito positivo da giberelina no estímulo da germinação, elevando-a ao nível de espiguetas férteis do cruzamento (Figura 2). Estes resultados indicam que, com a aplicação de GA₃, provavelmente todas as cariopses presentes nas espiguetas germinaram. Trabalhando com sementes de Capim Andropogon (*Andropogon gayanus*), EIRA (1983) utilizando soluções de 250, 500 e 1000ppm de GA₃ também conseguiu acréscimos na germinação.

Como o papel das giberelinas na germinação está relacionado com a indução da atividade de enzimas envolvidas na degradação de reservas para nutrir o embrião (ZIEGLER, 1995), provavelmente as sementes provenientes deste cruzamento apresentam deficiência na quantidade de GA₃ endógeno, sendo insuficiente para desencadear os processos de quebra das reservas orgânicas da semente, e consequentemente, o processo germinativo.

Segundo VIEIRA et al. (2002) diversos autores têm enfatizado que, em sementes de cereais, a presença do ácido giberélico em níveis endógenos adequados, parece ser essencial para a germinação, uma vez que este hormônio é continuamente requerido durante o processo de germinação.

Analisando-se os tratamentos contendo nitrato de potássio, pode-se observar que estes não diferiram da testemunha, mesmo na presença de GA₃ (qui-quadrado = 1,01), indicando que a concentração de KNO₃ usada pode ter tido anulado o efeito promotor de germinação do ácido giberélico (Figura 2). Fato contrário ao que é relatado por MARCOS FILHO (2005) o qual cita que o nitrato de potássio atua em sinergismo com o GA₃. É provável que a concentração de nitrato utilizada tenha sido elevada para as sementes de cana-de-açúcar, visto que, segundo KARSSSEN e HILHORST (1992), concentrações supra-ótimas de nitrato inibem a germinação, talvez por efeito tóxico, inibição específica ou efeito osmótico. TOLEDO e PEDREIRA (1984) verificaram que tratamentos com a aplicação de 16 mL e 20 mL de solução de KNO₃ a 0,2%, causou efeito negativo nos resultados dos testes de germinação, em relação ao tratamento com 12 mL em sementes de capim Colonião (*Panicum maximum* Jacq.).

Analisando-se os resultados de IVG para os diferentes tratamentos, pode observar que de acordo com o teste Tukey a 5% de probabilidade de erro, não houve diferença significativa entre os mesmos (Figura 3). Apesar de não diferirem estatisticamente entre si, as sementes tratadas com GA₃ apresentaram IVG superior quando comparado aos tratamentos com GA₃ + KNO₃ ou KNO₃ isolado. Os melhores resultados foram obtidos quando utilizou-se as concentrações de 200, 150, 50 e 100ppm de GA₃ respectivamente.

A associação do GA_3 com o KNO_3 provavelmente ocasionou algum tipo de efeito negativo gerando os menores índices de velocidade de germinação principalmente quando utilizou-se as concentrações de 100, 150 e 200ppm de $GA_3 + KNO_3$.

As sementes tratadas com KNO_3 isolado apresentaram resultados levemente superiores aos obtidos pelos tratamentos com GA_3 associado ao KNO_3 .

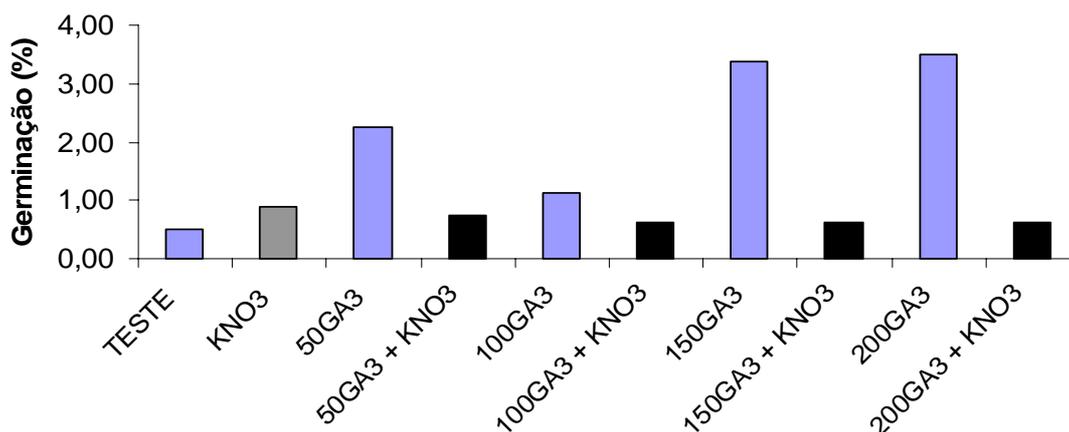


Figura 2: Porcentagem de germinação de sementes de cana-de-açúcar, provenientes do cruzamento RB92579 x RB92606, submetidas a diferentes concentrações de ácido giberélico (GA_3), associado ou não a nitrato de potássio (KNO_3), a 0,2%.

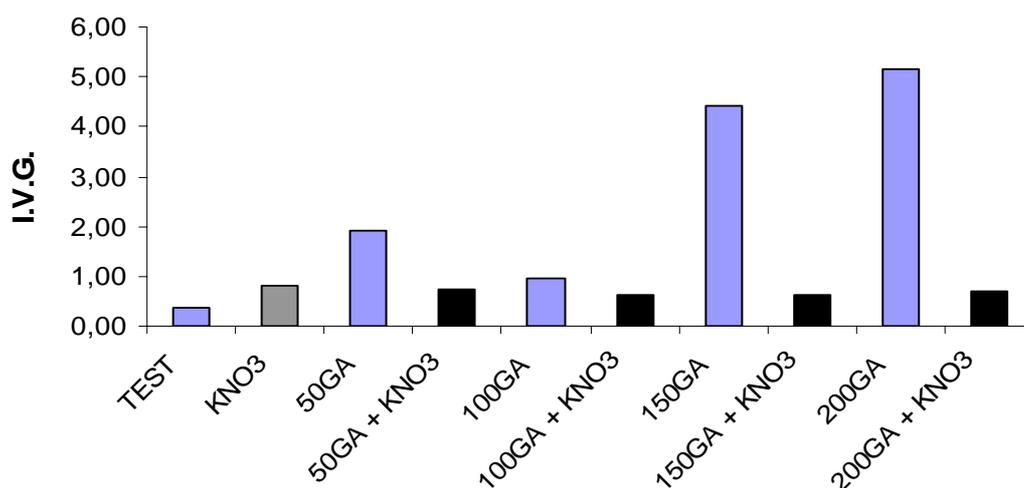


Figura 3: Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de sementes de cana-de-açúcar, provenientes do cruzamento RB92579 x RB92606, submetidas a diferentes concentrações de ácido giberélico (GA_3), associado ou não a nitrato de potássio (KNO_3), a 0,2%.

3.4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que:

O potencial de produção de sementes de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp), tanto em quantidade como em qualidade, varia em função do cruzamento efetuado;

As cariopses nuas têm seu potencial de germinação reduzido em relação às espiguetas que permanecem com seus envoltórios;

O ácido giberélico, até a concentração de 200 mg L⁻¹, aplicado ao substrato, promove aumento na porcentagem e velocidade de germinação de espiguetas de cana-de-açúcar.

O nitrato de potássio, a 0,2%, não promove estímulo e anula o efeito promotor de germinação do ácido giberélico em espiguetas de cana de açúcar.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEWLEY, J.D.; HEMPEL, F.D.; McCORMICK, S.; ZAMBRYSKI, P. Reproductive development. In: BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. (Eds.) **Biochemistry and molecular biology of plants**. Maryland: American Society of Plant Physiologists, 2000. p.988-1043.

BOESEWINKEL, F.D.; BOUMAN, F. The seed: structure and function. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (eds.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.1-24.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

CHASE, A.; SENDULSKY, T. **Primeiro livro de gramíneas**: noções sobre a estrutura com exemplos da flora brasileira. São Paulo: Instituto de Botânica, 1991. 125p.

CHILTON, S.J.P.; PALIATSEAS; E.D.; PERDOMO, R. Production of true seed of sugarcane in Louisiana. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 12, 1965, Puerto Rico. **Proceedings...** Puerto Rico: I.S.S.C.T., 1965. p.785-789.

DANTAS, B.F; ALVES, E.; ARAGÃO, C.A.; TOFANELLI, M.B.D.; CORRÊA, M.R.; RODRIGUES, J.D.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Germinação de sementes de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc.) tratadas com ácido giberélico. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.2, p.27-34, 2001.

EIRA, M. T. Comparação de métodos de quebra de dormência em sementes de capim andropogon. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 5, n. 3, p. 38-49, 1983.

FAIREY, D.T. Pollination and seed set in herbage species: a review of limiting factors. **Journal of Applied seed production**, v.11, n.1(suppl.), p.6-9, 1993.

FAUCONNIER, R.; BASSEREAU, D. **La caña de azucar: técnicas agrícolas y producciones tropicales**. Barcelona: Blume, 1975. 433 p.

KARSSSEN, C.M.; Hormonal regulation of of seed development, dormancy and germination studied by genetic control. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (eds.) **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.333-350.

KARSSSEN, C.M.; HILHORST, H.W.M. Effect of chemical environment on seed germination. In: FENNER, M. (ed.). **Seeds: the ecology of regeneration of plant communities**. Wallingford: CAB International, 1992. p.327-348.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, p.176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MARTINS, L.; SILVA, W.R. Comportamento da dormência em sementes de braquiária submetidas a tratamentos térmicos e químicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.7, p.997-1003, 2001.

MARTINS, T.D. **Fungos associados às sementes de cana-de-açúcar (cariopses) no Brasil: identificação, patogenicidade e controle**. 102p. 2006. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

MORRIS, E.O. Effect of gibberellic acid upon the germination of barley. **Chemistry and Industry**, n. 4, p.97, 1958.

PEREZ, S.C.J.G.A. Envoltórios. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Orgs.) **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.124-134.

RAO. P.S. Sugarcane seed storage for breeding and generic conservation. In: SEMINARIO INTERAMERICANO DE LA CAÑA DE AZÚCAR - VARIEDADES. Florida International University. Miami. USA. 1982.

ROACH, D.A.; WULFF, R.D. Maternal effects in plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.18, p.209-235, 1987.

SILVA, W.M. De-fuzzing of true sugarcane seeds. **Sugarcane Breeders' Newsletter**,. International Society of Sugarcane Technologists, v.35, p.21-23, 1975.

SMITH, M.T.; BERJAK, P. Deteriorative changes associated with the loss of viability of stored desiccation- tolerant and desiccation- sensitive seeds. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (eds.) **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.701-746.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TOLEDO, F.F.; PEDREIRA, A.A.S. Quantidade de solução de nitrato de potássio e a germinação de sementes de capim Colonião. **Revista Brasileira de Sementes**, v.6, n.1, p.61-70, 1984.

VIEIRA, A.R.; VIEIRA, M.G.G.C.; FRAGA, A.C.; OLIVEIRA, J.A.; SANTOS, C.D. Action of gibberellic acid (GA3) on dormancy and activity of alfa-amylase in rice seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.2, p.43-48, 2002.

WULFF, R.D. Environmental and maternal effects on seed quality and germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (eds.) **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.491-506.

ZIEGLER, P. Carbohydrate degradation during germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (eds.) **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.447-474.

CAPÍTULO 3

ARMAZENAMENTO E TAMANHO MÍNIMO DA AMOSTRA PARA DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÁGUA DE SEMENTES DE CANA-DE-AÇÚCAR PROVENIENTES DE DIFERENTES CRUZAMENTOS

RESUMO

O teor de água das sementes é uma característica importante nos estudos de sua longevidade e sua determinação não está padronizada para cana-de-açúcar, cujas sementes, produzidas nos programas de melhoramento genético, necessitam ser armazenadas para uso posterior. O presente trabalho teve por objetivo determinar o tamanho mínimo da amostra para determinação do teor de água de espiguetas (sementes) bem como avaliar o comportamento germinativo de sementes de cana-de-açúcar, provenientes de cruzamentos distintos, submetidas a diferentes períodos de armazenamento. Na determinação do tamanho mínimo da amostra foram utilizadas espiguetas de dois cruzamentos (RB92579 x ? e RB92606 x ?). De cada cruzamento foram utilizadas amostragens com diferentes massas (0,2, 0,4, 0,6, 0,8 e 1,0 grama) para as quais utilizou-se quatro repetições. Para avaliar o efeito do armazenamento, foram realizados experimentos mensais instalados em dois ambientes (galpão e laboratório). Os mesmos foram conduzidos no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições de 200 espiguetas por cruzamento. As variáveis analisadas foram o percentual e o índice de velocidade de germinação. A amostra com 0,6 g de sementes foi a que apresentou o menor coeficiente de variação, mostrando-se adequada para a realização dos testes de umidade. Os resultados obtidos mostram que os cruzamentos diferiram estatisticamente entre si quanto a porcentagem de sementes germinadas. Em

relação ao efeito do armazenamento, constatou-se redução na germinação das espiguetas ao longo do tempo. Os melhores resultados foram obtidos quando os testes foram conduzidos na condição de laboratório. Quanto ao vigor das sementes, houve diferença significativa entre os cruzamentos, sendo que as condições de laboratório favoreceram a expressão do vigor das sementes, observando-se valores superiores de IVG neste ambiente.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar, armazenamento, umidade.

ABSTRACT

STORAGE AND MINIMUM SIZE OF SAMPLE TO DETERMINE THE WATER CONTENT IN SUGAR CANE SEEDS FROM DISTINCT CROSSINGS

The water content of the seeds is an important characteristic in the studies on its longevity. Its determination, however, is not yet standardized for sugar cane, whose seeds, produced in genetic improvement programs, need to be stored to be used later. This work aimed to establish the minimum size of the sample in order to determine the level of humidity of spikelets (seeds), as well as evaluate the germinating behavior of sugar cane seeds which were obtained from distinct crossings and have undergone distinct periods of storage. In the determination of the minimum size of the sample, spikelets from two crossings (RB92579 x ? e RB92606 x ?) were used. From each crossing, samples of distinct mass (0,2, 0,4, 0,6, 0,8 e 1,0 grama) were used. For these samples, four replications were carried out. Aiming to evaluate the effect of the storage, two monthly experiments were set up in two environments (field and laboratory). The design used was the completely randomized one. For each crossing, four replications of

200 seeds were carried out. The analyzed variables were the percentage of germination and the germination speed index. The sample with 0,6 g of seeds presented the smaller coefficient of variation, showing to be adequate for the realization of the humidity tests. The results show that the crossings statistically differed one from other with regard to the percentage of germinated seeds. With regard to the effect of storage, reduction in the germination of seeds was verified throughout time. The best results were obtained when the tests were conducted in laboratory condition. As for the vigor of seeds, there was significant difference among the crossings. The laboratory condition favored the expression of vigor of the seeds for in this environment the higher values of germination speed index were observed.

Key-words: sugar cane, storage, humidity

4.1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma cultura de grande importância econômica e social para o Brasil. Atualmente o setor canavieiro está presente nas mais diversas regiões do país, impulsionando a economia local através da geração de emprego e renda.

De acordo com dados do Anuário Brasileiro de Cana-de-açúcar (2005), 6 milhões de hectares são ocupados por lavouras de cana no Brasil, o que faz do país o maior pólo sucroalcooleiro do mundo, liderando o *ranking* global de produção e exportação do setor. Além disso, a cana-de-açúcar representa 8% do Produto Interno Bruto (PIB) agrícola nacional, sendo ainda responsável por cerca de 1 milhão de empregos diretos.

Vários foram os fatores que contribuíram para que o setor canavieiro do país atingisse o patamar que ocupa atualmente. Dentre esses, o trabalho realizado pelos

programas de melhoramento genético foi um dos que mais ajudaram a alavancar o setor. Isso se deu através do desenvolvimento de pesquisas e da liberação contínua de variedades com alta produtividade, resistentes a pragas e doenças e bem adaptadas às diferentes condições de clima e solo, das diversas regiões produtoras de cana-de-açúcar do Brasil, em substituição às variedades antigas e menos produtivas. Segundo MATSUOKA et al. (1999), as variedades atuais, se manejadas adequadamente, possibilitam rendimento agroindustrial de no mínimo 30% a mais em relação às variedades antigas.

Dentre as diversas etapas que compreendem o processo de melhoramento genético da cana-de-açúcar, uma das mais importantes é a produção de sementes de boa qualidade, com alto poder germinativo. Essa qualidade vai depender da forma como o seu processo de produção foi conduzido. Qualquer problema ocorrido na floração, hibridação, maturação, secagem ou armazenamento, pode influenciar na capacidade germinativa das sementes e, conseqüentemente, na quantidade e na qualidade das plântulas produzidas, o que pode comprometer todo o processo de seleção. Por outro lado, se manejadas adequadamente, as sementes podem expressar todo o seu potencial germinativo (VAN BREEMAN, 1964).

A cana-de-açúcar é uma cultura com baixa taxa de formação de sementes, sendo as mesmas de pouca viabilidade, mas, reduzindo-se o seu grau de umidade e armazenando-a a baixas temperaturas, consegue-se manter sua viabilidade (RAO, 1982). Sementes de cana-de-açúcar não dessecadas e armazenadas a 28°C chegam a perder 90% de sua viabilidade em apenas 80 dias (RAO, 1980).

Segundo CESNIK e MIOCQUE (2004) uma das formas de armazenamento mais utilizadas atualmente consiste em secar as sementes em estufa até obter-se umidade máxima de 10% e em seguida colocá-las em recipiente contendo sílica gel para manter

constante a baixa umidade. Assim conservadas, as sementes podem manter seu poder germinativo por mais tempo.

ROACH (1969) indica que a melhor forma de avaliar a influência do armazenamento na qualidade da semente é através da realização de testes de germinação. Segundo esse mesmo autor, estes testes ainda promovem um indicativo do comportamento de cada cruzamento permitindo uma comparação entre os mesmos.

O teor de umidade é um parâmetro diretamente associado aos aspectos relativos à qualidade fisiológica das sementes. Seu conhecimento auxilia na escolha da época ideal de colheita e dos métodos de secagem, beneficiamento e, principalmente, de conservação a serem empregados. Por influenciar tantos fatores fisiológicos essenciais ao controle de qualidade das sementes, existe grande necessidade de desenvolvimento de métodos adequados à sua determinação (ANDRADE et al., 2001; MARCOS FILHO, 2005). Existem diversos métodos para a determinação do teor de umidade, estes são classificados como diretos ou básicos e consistem na retirada da água por aquecimento em estufas. Nestes são empregadas temperaturas pré-determinadas, avaliando-se o teor de água através das variações de peso das amostras (MARCOS FILHO et al., 1987).

Dentro dos métodos diretos, as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992) citam as seguintes indicações: estufa a baixa temperatura constante: $103 \pm 2^\circ\text{C}$ por 17 horas; estufa a alta temperatura constante: $130 - 133^\circ\text{C}$ por uma hora; estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas.

As sementes de cana-de-açúcar, talvez por apresentarem uso restrito, não constam nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), tornando-se necessário estabelecer metodologia adequada à determinação de sua umidade.

Considerando sua importância para os programas de melhoramento e conseqüentemente para o desenvolvimento da cultura, o presente estudo teve como

objetivo determinar o tamanho mínimo da amostra para realização dos testes de umidade, bem como avaliar o efeito de diferentes períodos de armazenamento no comportamento germinativo de sementes de cana-de-açúcar provenientes de cruzamentos distintos.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Obtenção das sementes

As sementes utilizadas foram obtidas a partir de hibridações realizadas na Estação de Floração e Cruzamento Serra do Ouro (EFCSO), em Murici – AL, localizada a 9°13'S e a 35°50'O, durante a jornada de cruzamento realizada no período de abril a julho de 2006.

Os cruzamentos utilizados para a obtenção das sementes foram:

- RB92579 x RB92606, cruzamento bi-parental realizado no dia 22/05/2006;
- RB92606 x RB92579 cruzamento bi-parental realizado no dia 22/05/2006;
- RB92579 x ? cruzamento múltiplo realizado no 29/05/2006;
- RB92606 x ? cruzamento múltiplo realizado no 29/05/2006.

Uma vez concluídos os processos de cruzamento, as panículas foram colhidas, colocadas em duas folhas de sacos de papel do tipo Kraft e, em seguida, levadas à sala de secagem, onde permaneceram durante 24 horas a uma temperatura de 34°C e umidade relativa de 55%.

Depois do processo de secagem, as sementes foram separadas manualmente da ráquis e, em seguida, armazenados em sala de resfriamento com temperatura de 21°C±4,5°C e umidade relativa de 44%±14%, permanecendo neste local até a realização dos testes.

4.2.2 Determinação do teor de umidade

Para a determinação do teor de água, foram utilizadas apenas sementes provenientes de dois cruzamentos (RB92579 x ? e RB92606 x ?). De cada cruzamento, foram retiradas cinco amostras com diferentes massas (0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 g), sendo que para cada uma das amostras realizaram-se quatro repetições.

Inicialmente, cada lote a ser avaliado foi colocado em latinhas de alumínio, previamente pesadas, as quais variaram de tamanho em função do volume do material. As amostras de 1, 0 e 0,8 g foram acondicionadas em recipientes de 318 cm³, as de 0,6 e 0,4g de 113 cm³ e as de 0,2 g de 56,5 cm³. Depois disso, foram novamente pesados obtendo-se o peso inicial da amostra. Na etapa seguinte, os materiais foram levados à estufa onde permaneceram durante período de 24 horas à temperatura de 105°C±3°C. Após esse período, as amostras foram retiradas cuidadosamente da estufa e levadas para dessecador onde permaneceram, aproximadamente, 10 minutos. Por fim, o material foi novamente pesado obtendo-se o peso final da amostra.

Para a determinação da umidade, que é expressa em porcentagem, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\% \text{ de Umidade (U)} = 100 (P - p) / P - t$$

onde:

P = peso inicial – o peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente úmida;

p = peso final – o peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente seca;

t = tara – o peso do recipiente com sua tampa.

4.2.3 Armazenamento das sementes

Para avaliação do potencial de armazenamento das sementes dos diferentes cruzamentos, estas foram acondicionadas em sacos de papel, tipo Kraft com duas

folhas, e levadas à câmara refrigerada onde permaneceram até a realização dos testes de germinação. As temperaturas mínima e máxima e a umidade relativa (%), às 8:00 e 12:00 horas da sala, durante o período de armazenamento das sementes, estão apresentadas na Figura 4.

4.2.4 Testes de germinação

O teste de germinação foi realizado mensalmente, durante o período de julho de 2006 a janeiro de 2007. Os experimentos foram instalados, simultaneamente, em ambiente controlado (Laboratório de Sementes) e não controlado (Galpão de produção de plântulas do Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar), ambos localizados no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), no município de Rio Largo.

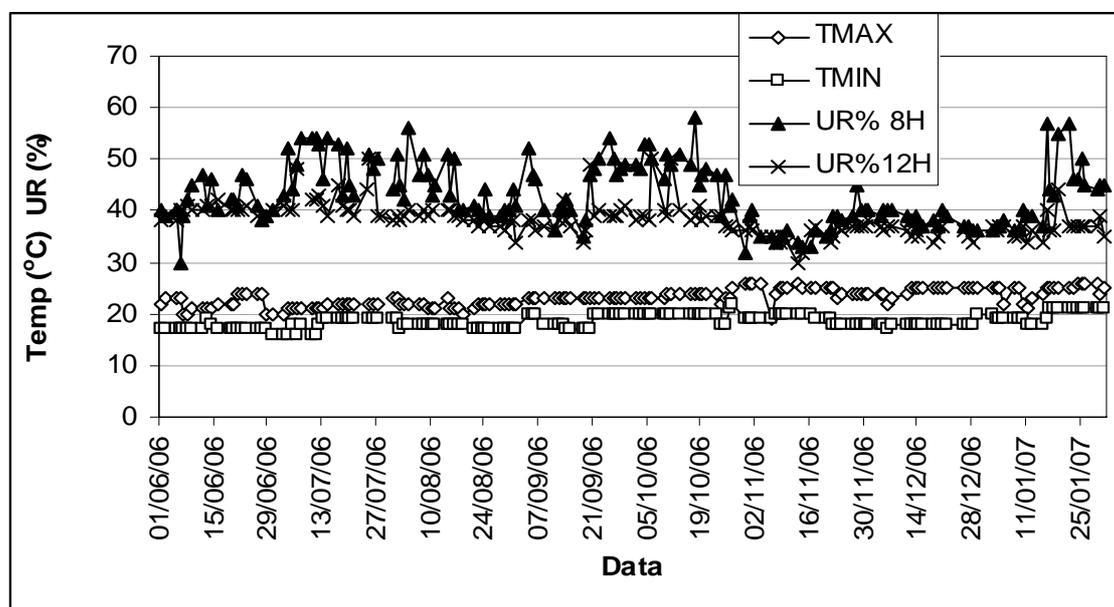


Figura 4. Temperaturas máxima e mínima e umidade relativa, às 8:00h e 12:00h, da câmara refrigerada, durante o período de armazenamento das espiguetas utilizadas no experimento.

4.2.4.1 Laboratório

Para cada cruzamento, foram realizados testes mensais com quatro repetições de 200 espiguetas, distribuídas em caixas de acrílico do tipo “gerbox”. As espiguetas foram colocadas entre duas folhas de papel de filtro, umedecidas com água destilada, até completar 2,5 vezes o peso das folhas e mantidas em câmara de germinação com temperatura constante de 30°C. A avaliação da germinação foi efetuada diariamente, sendo que as plântulas germinadas eram computadas e, em seguida, retiradas do “gerbox”.

4.2.4.2 Campo (Galpão de produção de plântulas)

Foram utilizadas quatro repetições de 200 sementes para cada cruzamento. O semeio foi realizado em caixas de plástico, com 27cm de largura por 38cm de comprimento, contendo como substrato a mistura de terra+torta de filtro+fibra de coco, na proporção de 2:1:1. As espiguetas foram colocadas nas caixas, espalhadas manualmente, e em seguida, levemente molhadas de forma que ficassem em contato com o substrato. Durante o semeio, uma estrutura de madeira foi colocada sobre as bordas da caixa de germinação, com a finalidade de impedir que as sementes fossem levadas pela ação do vento. Após a semeadura, as caixas foram cobertas com plástico transparente, para evitar a perda de umidade, e mantidas sob galpão a temperatura ambiente com luz difusa. As avaliações foram realizadas diariamente após o início da germinação. A duração total do teste variou de sete a oito dias.

4.2.5 Determinação do vigor

Para a determinação do vigor das sementes, utilizou-se o Índice de Velocidade de Germinação (IVG), o qual foi calculado de acordo com a fórmula descrita por MAGUIRE (1962):

$$IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n$$

onde:

$G_1, G_2 \dots G_n$ = número de plântulas normais computadas na primeira, segunda e última contagem;

$N_1, N_2 \dots N_n$ = número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação.

O índice de velocidade de germinação para cada amostra foi calculado como a média dos valores obtidos para as quatro repetições de 200 sementes.

Mensalmente, durante um período de sete meses, sementes de cada um dos cruzamentos avaliados foram submetidas a testes de umidade. Os testes foram constituídos de 2 repetições de 0,4 gramas de material por cruzamento. As etapas do processo para determinação da umidade são as mesmas descritas no item anterior.

4.2.6. Delineamento e análise estatística utilizada

As análises estatísticas foram realizadas considerando o delineamento inteiramente casualizado. Os dados dos experimentos de germinação foram submetidos ao teste do Qui-quadrado, a 1% de probabilidade de erro. Já as médias do IVG foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Tamanho mínimo da amostra para determinação do teor de água.

Os valores do teor de água das sementes, em base úmida ou em base seca, mais elevados foram obtidos para as amostras de menor massa (0,2 e 0,4 g), as quais apresentaram médias estatisticamente superiores às das demais massas (1,0; 0,8 e 0,6 g), sendo que estas não diferiram entre si (Tabela 6). Estes resultados mostram que, quando são utilizadas amostras muito pequenas, corre-se o risco de superestimar o teor de

umidade das sementes. Analisando-se o coeficiente de variação obtido para cada tratamento (massas amostrais) observa-se que a amostra de 0,6 g foi a que apresentou o menor valor para esse parâmetro, mostrando que esse tamanho de amostra pode ser utilizado para determinação do teor de umidade nas espiguetas de cana-de-açúcar.

Segundo ANDRADE et al. (2001) os fatores que normalmente limitam o tamanho da amostra (quantidade de sementes) para determinação do teor de umidade são a capacidade dos recipientes usados no procedimento do teste e a disponibilidade de sementes. Em cana-de-açúcar, devido à baixa densidade das sementes (pequena massa ocupa volume relativamente grande), o tamanho do recipiente torna-se fator limitante para amostras muito grandes.

Tabela 6. Teor de umidade, em base úmida (B.U.) e em base seca (B.S.), em função do tamanho da amostra de espiguetas de cana-de-açúcar, com respectivos coeficientes de variação (C.V.).

Peso da amostra (g)	Volume do recipiente (cm ³)	Umidade (%)*		C.V. (%)	
		B.U.	B.S.	B.U.	B.S.
1,0	318,0	12,81 a	14,70 a	6,64	7,58
0,8	318,0	13,35 a	15,40 a	3,97	4,59
0,6	113,0	13,71 a	15,89 a	2,67	3,11
0,4	113,0	15,43 b	18,25 b	4,31	5,09
0,2	56,5	17,65 c	21,45 c	7,10	8,68

*Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$). Cada média representa oito amostras de sementes provenientes de dois cruzamentos.

4.3.2 Armazenamento das sementes

A porcentagem de germinação variou significativamente entre e dentre os cruzamentos testados (Figura 5). Entretanto, entre as sementes resultantes dos

cruzamentos houve variabilidade de germinação ao longo do tempo, não sendo possível estabelecer relação entre germinação e tempo de armazenamento no período estudado. Esta variabilidade pode ter ocorrido devido à dificuldade de homogeneização das amostras, acarretando em variação, principalmente quanto à porcentagem de espiguetas férteis entre as mesmas.

As espiguetas obtidas do cruzamento RB92579 x RB92606 apresentaram porcentagens de germinação muito baixas em todas as épocas avaliadas, tanto em galpão quanto em laboratório (Figura 5). Isto pode, provavelmente, ser reflexo do baixo potencial de fertilidade de espiguetas apresentado por tal cruzamento.

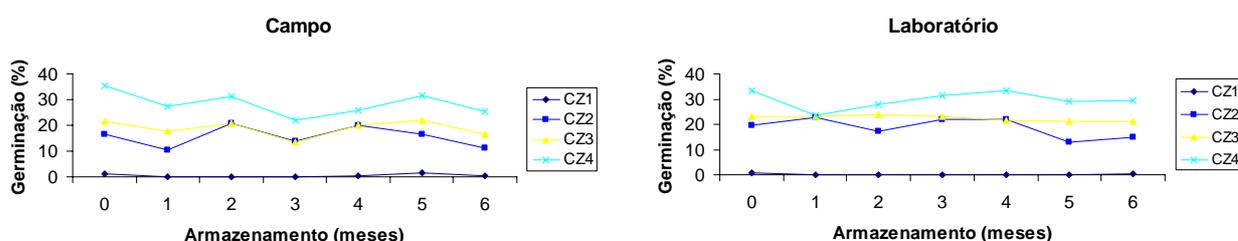


Figura 5. Porcentagem de germinação de espiguetas de cana-de-açúcar provenientes de quatro cruzamentos distintos (CZ1 – RB92579 x RB92606, CZ2 – RB92606 x RB92579, CZ3 – RB92579 x ?, CZ4 – RB92606 x ?) em função do tempo de armazenamento em câmara refrigerada.

Mesmo no cruzamento cujas sementes apresentaram os valores mais elevados de germinação (RB92606 x ?), observou-se que a porcentagem não excedeu 35%. Isto mostra que a cana-de-açúcar pode apresentar limitações quanto à produção de sementes viáveis, que é notadamente inferior a outras gramíneas estudadas (FAIREY, 1993). Este fato pode ser devido ao próprio processo de seleção que ocorre nesta espécie, direcionado para evitar o florescimento, como discutido por CHASE e SENDULSKY (1991).

Analisando-se os resultados, independentemente dos cruzamentos estudados, pode-se observar que houve queda significativa na porcentagem de germinação ao longo do tempo (Tabela 7). Considerando-se a germinação no tempo zero e após seis meses do início do armazenamento, esta queda foi de aproximadamente 35% para as condições de campo e 21% para a de laboratório (Tabela 7).

Tabela 7. Resultados gerais de germinação, teor de água e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de espiguetas de cana-de-açúcar proveniente de cruzamentos distintos, a partir de testes realizados em campo e em laboratório, em função do tempo de armazenamento em câmara refrigerada.

Amb.	Tempo de Armazenamento (meses)	Total de espiguetas	Espiguetas germinadas	Germinação (%)	Umid. (%)	IVG*
	Média			16,27	10,21	9,04 B
	0	3.200	655	20,47	-	12,17 a
	1	3.200	443	13,84	-	6,92 c
	2	3.200	583	18,22	11,25	8,75 bc
Galp.	3	3.200	396	12,38	10,47	7,11 c
	4	3.200	474	14,81	9,89	8,88 bc
	5	3.200	572	17,88	9,72	11,55 ab
	6	3.200	427	13,34	9,71	7,92 bc
Qui-quadrado = 49,41 ao nível de 1% de significância						
	Média			18,15	10,21	16,50 A
	0	3.200	678	21,19	-	19,32 a
	1	3.200	521	16,28	-	15,71 abc
	2	3.200	552	17,25	11,25	15,94 abc
Lab.	3	3.200	610	19,06	10,47	17,53 abc
	4	3.200	618	19,31	9,89	17,97 ab
	5	3.200	505	15,78	9,72	13,86 c
	6	3.200	536	16,75	9,71	15,20 bc
Qui-quadrado = 25,30						
Qui-quadrado = 23,82** para comparação entre ambientes.						

*Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$). Cada média representa oito amostras de sementes provenientes de dois cruzamentos.

Essa perda no potencial germinativo pode ocorrer, em maior ou menor grau dependendo da espécie, devido à deterioração das sementes, processo que ocorre a partir da maturidade fisiológica (SMITH e BERJAK, 1995) e de fatores ambientais, especialmente temperatura e umidade (CARVALHO, 1994; SMITH e BERJAK, 1995; MARCOS FILHO, 2005).

Observou-se maior porcentagem de germinação quando os testes foram conduzidos nas condições ideais, superando estatisticamente os resultados obtidos na condição de campo (Tabela 7). Isto provavelmente ocorreu porque, na condição ambiente, geralmente ocorre variação dos fatores ambientais, especialmente temperatura, a qual pode em alguns momentos do dia atingir valores elevados, causando danos às sementes.

Semelhante ao que ocorreu com a porcentagem de germinação, o vigor das sementes, avaliado pelo IVG, diferiu entre os cruzamentos (Figura 6). Além disso, também houve variação ao longo do período de armazenamento. Confirmando os resultados de germinação, as condições de laboratório favoreceram maior expressão do vigor das sementes, observando-se sempre valores superiores de IVG neste ambiente, a exceção do cruzamento RB92606 x RB92579 e aos 5 meses de armazenamento no cruzamento RB92579 x RB92606.

Comparando-se o tempo de armazenamento, independentemente dos cruzamentos estudados, observa-se que houve queda do IVG ao longo do tempo (Tabela 7) isto é evidenciado especialmente, para as condições de laboratório onde houve diferença significativa entre o IVG obtido para sementes recém-colhidas e aquelas armazenadas por cinco e seis meses. A condição de laboratório, devido à uniformidade de temperatura, permitiu avaliar com mais precisão o vigor refletindo o caráter inerente às próprias sementes, visto que a condição de campo por apresentar flutuações nestas

condições ao longo do tempo pode apresentar condições distintas entre os meses de avaliação e assim, inserir o componente ambiental como fonte de variação sobre a característica avaliada, no caso o IVG.

Este aspecto é discutido por NAKAGAWA (1994) quando enfatiza que a condição de campo traz o inconveniente da dificuldade de padronização, embora um dos objetivos dos testes de vigor seja o de verificar o potencial de emergência em campo, em condições as mais amplas possíveis.

A queda no IVG, claramente observada ao longo do tempo de armazenamento, confirma a perda de vigor, mostrando que o armazenamento em sala refrigerada não é capaz de deter o processo de deterioração das sementes de cana-de-açúcar, comprometendo a sua qualidade fisiológica, as quais devem permanecer nesta condição por curtos períodos. Entretanto, essa perda de vigor foi minimizada quando comparada ao que é relatado por RAO (1980), o qual relatou perdas de 90% da germinação em sementes de cana-de-açúcar, não dessecadas, armazenadas em condições ambientais (temperatura de 28^oC).

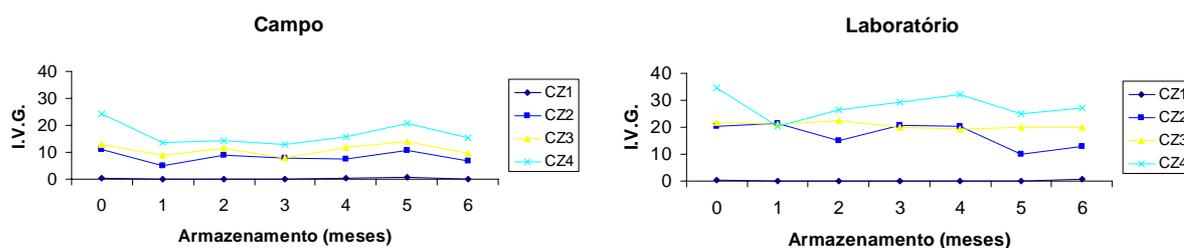


Figura 6. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes (espiguetas) de cana-de-açúcar provenientes de quatro cruzamentos distintos (CZ1 – RB92579 x RB92606, CZ2 – RB92606 x RB92579, CZ3 – RB92579 x ?, CZ4 – RB92606 x ?) em função do tempo de armazenamento em câmara refrigerada.

4.4 CONCLUSÕES

Em face dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

O tamanho mínimo da amostra para determinação dos testes de umidade em sementes (espiguetas) de cana-de-açúcar é de 0,6g;

As sementes armazenadas por até seis meses em câmara refrigerada perdem a qualidade fisiológica.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A.C.S.; RAMOS, F.N.; SOUZA, A.F.; LOUREIRO, M.B.; SOUZA, A.D.O.; CRUZ, A.P.M Tamanho mínimo e preparo da amostra na determinação do grau de umidade de sementes de *Parkia multijuga* Benth. (Leguminosae Mimosoideae). **Revista Árvore**, v.25, n.2, p.203-207, 2001.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE CANA-DE-AÇÚCAR. 2005. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta Santa Cruz, 2005. p.136.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

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

CARVALHO, N.M. O conceito de vigor em sementes. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. p.1-30

CHASE, A.; SENDULSKY, T. **Primeiro livro de gramíneas**: noções sobre a estrutura com exemplos da flora brasileira. São Paulo: Instituto de Botânica, 1991. 125p.

FAIREY, D.T. Pollination and seed set in herbage species: a review of limiting factors. **Journal of Applied seed production**, v.11, n.1(suppl.), p.6-9, 1993.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, p.176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M. & SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MATSUOKA, S.; GARCIA, A.A.F.; ARIZONO, H. Melhoramento da cana-de-açúcar. In: BORÉM, A. (Org.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: EDUFV, 1999. p.204-251.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação de plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. p.49-85.

RAO, P. S. Fertility, seed storage and seed viability in sugarcane. In: **“Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists”**, 1980. p. 1236-1240.

RAO. P.S. Sugarcane Seed Storage for Breeding and Genetic Conservation. **Trabajo presentado ante el Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar -Variedades**. Florida International University. Miami. USA. 1982.

ROACH. B. T. Improvements in Fertility of Crosses at Macknade. **Sugarcane Breeder’s Newsletter. Int. Soc. of Sugar Cane Tech. (I.S.S.C.T.)**. v. 23:, p. 22-24, 1969.

SMITH, M.T.; BERJAK, P. Deteriorative changes associated with the loss of viability of stored dessication- tolerant and dessication- sensitive seeds. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (eds.) **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.701-746.

VAN BREEMAN. J. Discussions on Sugarcane Variety Selection (Held in Barbados). **Sugar Cane Breeder.s Newsletter. Int. Soc. Sug. Cane Tech. (I.S.S.C.T.)**. v. 12, p.17.22, 1964.