

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Meio Ambiente  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# Melhoramento da Cana-de-açúcar

*Roberto Cesnik  
Jacques Miocque*

*Embrapa Informação Tecnológica  
Brasília, DF  
2004*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Informação Tecnológica**

Parque Estação Biológica – PqEB – Av. W3 Norte (final)  
Caixa Postal 040315  
CEP 70770-901 Brasília, DF  
Fone: (61) 340-9999  
Fax: (61) 340-2753  
vendas@sct.embrapa.br  
www.sct.embrapa.br

**Embrapa Meio Ambiente**

Rodovia SP 340, Km 127,5, Tanquinho Velho  
Caixa Postal 69  
CEP 13820-970 Jaguariúna, SP  
Fone: (19) 3867-8750  
Fax: (19) 3867-8740  
sac@cnpma.embrapa.br  
www.cnpma.embrapa.br/public

**Embrapa Informação Tecnológica**

Coordenação editorial: *Lillian Alvares e Lucilene Maria de Andrade*  
Revisão de texto e tratamento editorial: *Raquel Siqueira de Lemos*  
Normalização bibliográfica: *Maria Amélia de Toledo Leme e Daui Antunes Corrêa*  
Projeto gráfico e editoração eletrônica: *Júlio César da Silva Delfino*  
Tratamento das ilustrações: *Júlio César da Silva Delfino*  
Capa: *Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

**Foto da capa**

*Roberto Cesnik*

**1ª edição**

1ª impressão (2004): 1.000 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.160).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP  
Embrapa Informação Tecnológica

---

Cesnik, Roberto.

Melhoramento da cana-de-açúcar. / Roberto Cesnik, Jacques Miocque. –  
Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2004.  
307 p. : il. ; 22 cm.

ISBN 85-7383-282-7

1. Agricultura. 2. Cana-de-açúcar – Brasil. 3. Citogenética. 4. Cultivo.  
5. Fisiologia. 6. Melhoramento genético vegetal. 7. Produção. 8. Variedade.  
I. Miocque, Jacques. II. Embrapa Meio Ambiente. III. Título.

CDD 631.52361

---

© Embrapa 2004

## Agradecimentos

---

Somos gratos a todos os que contribuíram de uma forma ou de outra para que esta obra viesse a lume e, mais particularmente, às seguintes pessoas: João Lúcio de Azevedo, Norma Takayama Musumeci, Maria Amélia de Toledo Leme, Regina Lúcia Siewert Rodrigues, Nilce Chavez Gattaz, Camila Oresco dos Santos, Márcio Funghi de Salles Barbosa, Gilberto Nicolella, Cristina Tordin, Luiz Alberto Henriques, Gersio Montresor, João Giro Filho, Ricardo de Queiroz Mamede, Rubismar Stolf, Lucilene Maria de Andrade e José Batista Dantas.

Gostaríamos de salientar o apoio que nos foi dado pelo Grupo Malzoni, representado pelos irmãos Roberto Malzoni e Eduardo Malzoni, durante os anos de pesquisas e observações que foram feitas nas Usinas Santa Fé e Santa Luiza, de propriedade da empresa.

Agradecer ainda o apoio dado por Itaforte Bioprodutos e Açúcar Itaquerê, que co-patrocinaram a impressão desta obra em parceria com a Embrapa Informação Tecnológica e a Embrapa Meio Ambiente, nas pessoas de Geraldo Stachetti Rodrigues e Ariovaldo Luchiari Júnior, pelo apoio e compreensão em todos os momentos.

Um agradecimento especial às nossas esposas, Clelia Stolf Cesnik e Imtrud Miocque, e aos nossos filhos Carlos Eduardo Stolf Cesnik, Paulo Henrique Stolf Cesnik, Corine Miocque Standersky, Christine Miocque e Richard Miocque, que estiveram em todos os momentos ao nosso lado, durante os longos anos da nossa jornada agrônoma, nos incentivando e colaborando conosco, particularmente quando, nas horas em que deveríamos estar em lazer junto deles, estávamos trabalhando nesta obra, muitas vezes até altas horas da noite. Foram eles que, com paciência e com palavras de otimismo, acalentaram o nosso ideal de proporcionar ao leitor uma parcela dos nossos conhecimentos práticos e teóricos.

# Apresentação

---

Com a crise do petróleo e a emergência de novas fontes de energia, a cana-de-açúcar ganha destaque dada as possibilidades reais do etanol no mercado de energias renováveis. Nesse sentido, a experiência brasileira é emblemática ao implementar, nos anos 80, o Proálcool, um programa pioneiro de produção de álcool carburante voltado para abastecer a frota automotiva nacional, tanto para adição na gasolina quanto para abastecimento de motores exclusivos a álcool. Uma verdadeira revolução na cadeia produtiva da cana-de-açúcar que teve como âncora a sólida base científica construída desde os anos 60 com programas de pesquisa como os da Copersucar e do Planalsucar.

*Melhoramento da Cana-de-açúcar* conta, a partir da visão privilegiada de dois pesquisadores, protagonistas diretos da evolução dos principais programas de melhoramento, parte dessa história: a pesquisa em cana-de-açúcar no Brasil desde os anos 60 até o início dos 90. Nesse período, a cultura mereceu atenção especial na estratégia de comércio exterior: como geradora de divisas de exportação ou ainda como substituta de importações. Certamente, um investimento decisivo para a atual competitividade que tanto o álcool quanto o açúcar brasileiro detêm no mercado internacional.

Nos primeiros capítulos do livro, os autores contam um pouco da história da cana-de-açúcar no Brasil e apresentam as suas principais características botânicas e agrônômicas, bem como aspectos relacionados à identificação de variedades. Nos capítulos seguintes, tratam de aspectos ligados à fisiologia da planta, da multiplicação vegetativa, as fases de crescimento, maturação, dos aspectos nutricionais, da floração e também da influência do vento no manejo da planta.

Nos capítulos centrais, os autores tratam com detalhes os métodos de melhoramento da cana-de-açúcar, as suas características reprodutivas, os materiais genéticos e a coleção de variedades utilizados nos cruzamentos, bem como a filosofia de melhoramento. Além disso, discorrem também sobre problemas citogenéticos relacionados ao melhoramento, às especificidades e aos procedimentos

relacionados aos cruzamentos e às etapas subseqüentes, bem como os métodos estatísticos utilizados para a análise dos resultados.

Os autores finalizam a obra contando um rápido histórico de contribuição dos principais programas de pesquisa em cana-de-açúcar no período relatado: Programa da Copersucar, Programa do Instituto de Genética da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Esalq/USP – e Planalsucar.

Assim, *Melhoramento da Cana-de-açúcar*, além de trazer um relato dos principais resultados obtidos pelos programas de pesquisa até meados de 90, constitui-se em importante registro histórico da experiência de sucesso que é a cadeia de produção sucroalcooleira da cana-de-açúcar. História essa que nos tempos contemporâneos passa a incluir inovações como a co-geração de energia.

*Paulo Choji Kitamura*  
Chefe-Geral da Embrapa Meio Ambiente

## Prefácio

---

A agricultura brasileira desempenha um papel importante no desenvolvimento do País, gerando emprego, renda e divisas. Nesse contexto está inserida a cana-de-açúcar, matéria-prima para a fabricação do açúcar e do álcool, além de outros subprodutos, tendo nos colocado como líder mundial no setor. A cana-de-açúcar está ligada diretamente à própria história e desenvolvimento do Brasil.

Apesar de, em épocas passadas, os preços internacionais e nacionais terem desestimulado esse setor do agronegócio, e de muitos agricultores terem reduzido o manejo cultural, diminuindo com isso a sua produção, atualmente a taxa interna de retorno tem aumentado significativamente, fazendo com que o setor tenha um novo impulso.

Historicamente, as diferentes variedades de cana-de-açúcar, depois de alguns anos de cultivo contínuo, se degeneram, por causas ainda desconhecidas, necessitando ser substituídas por outras. Isso tem acontecido em todos os países produtores. Nesse contexto, o melhoramento dessa cultura assume uma importância muito grande e nela se insere o aparecimento deste livro, que dá as diretrizes do seu melhoramento genético.

*Melhoramento da Cana-de-açúcar* reúne não só o largo conhecimento adquirido por seus autores no decorrer de suas pesquisas no melhoramento dessa cultura, como também o que de mais importante, considerado por eles, na literatura nacional e internacional. Assim, o primeiro capítulo aborda o histórico dessa cultura e como ela chegou ao Brasil. As variedades botânicas e diferentes cultivares têm uma abordagem toda especial. Os autores incluem, nesse capítulo, a descrição da planta, por meio de caracteres adotados por autores de outros países. A fisiologia tem um capítulo assim como os aspectos agronômicos do crescimento e maturação. Um capítulo é dedicado aos métodos de melhoramento de maneira geral, um outro, ao melhoramento da cana-de-açúcar e outro, a alguns programas de melhoramento desenvolvidos no Brasil. Um capítulo enfatizando os problemas citogenéticos e outro, os princípios básicos da estatística experimental, ajudam os técnicos a dirimir dúvidas.

Um capítulo detalhando o processo prático da condução de um programa desde a semente até a obtenção de uma variedade é escrito com riqueza de detalhes.

Enfim, é importante salientar que o melhoramento genético da cana-de-açúcar é a maneira mais tradicional de se aumentar a produtividade da cultura tanto em toneladas por hectare como no teor de açúcar, e esta obra dá as diretrizes necessárias para que isso aconteça.

*João Lúcio de Azevedo*  
Ex-diretor da Esalq/USP  
Ex-presidente da Sociedade Brasileira  
De Genética, Biênios: 84-86 e 96-98

# Sumário

---

|  |     |
|--|-----|
| <b>Introdução</b> .....                                    | 19  |
| <b>Capítulo 1 – Histórico</b> .....                        | 23  |
| <b>Capítulo 2 – Botânica</b> .....                         | 31  |
| Classificação .....  | 31  |
| Descrição da Planta .....                                  | 34  |
| Identificação das Variedades .....                         | 47  |
| <b>Capítulo 3 – Fisiologia</b> .....                       | 51  |
| Multiplicação Vegetativa.....                              | 51  |
| Crescimento .....  | 61  |
| Maturação .....  | 64  |
| Necessidades .....   | 69  |
| Floração .....   | 80  |
| Influência do Vento .....                                  | 86  |
| <b>Capítulo 4 – Métodos de Melhoramento</b> .....          | 99  |
| Variedades Autógamas .....                                 | 100 |
| Variedades Alógamas .....                                  | 101 |
| Filosofias Básicas do Melhoramento da Cana-de-açúcar ..... | 102 |
| <b>Capítulo 5 – Problemas Citogenéticos</b> .....          | 117 |
| Número de Cromossomos .....                                | 118 |
| Origem das Espécies .....                                  | 119 |
| Cruzamentos Interespecíficos .....                         | 121 |
| Cruzamentos Intergenéricos .....                           | 124 |
| Autofecundação .....                                       | 125 |
| Partenogênese .....  | 127 |
| Mecanismos de Incompatibilidade .....                      | 128 |
| Macho-esterilidade .....                                   | 129 |
| <b>Capítulo 6 – Cruzamentos</b> .....                      | 131 |
| Seleção de Progenitores.....                               | 132 |



|   |            |
|---|------------|
| Características da Área de Cruzamento .....                     | 134        |
| Coleção de Variedades para Cruzamentos .....                    | 138        |
| Características de um Progenitor .....                          | 143        |
| Um Pouco da História da NA 56-79 .....                          | 145        |
| Bancos Internacionais de Germoplasma .....                      | 145        |
| Tipos de Cruzamentos .....                                      | 148        |
| Procedimentos Utilizados nos Cruzamentos .....                  | 155        |
| <b>Capítulo 7 – Da Semente à Variedade .....</b>                | <b>159</b> |
| Sementes .....  | 159        |
| Caixas para Semeadura .....                                     | 163        |
| Semeadura .....   | 166        |
| Germinação .....  | 168        |
| Repicagem .....   | 171        |
| Transplante em FT1 .....  | 176        |
| Seleção dos Progenitores .....                                  | 185        |
| Procedimentos da Seleção .....                                  | 187        |
| Campos de Multiplicação .....                                   | 198        |
| Variedade .....   | 198        |
| Eficiência das Seleções .....                                   | 200        |
| <b>Capítulo 8 – Crescimento e Maturação .....</b>               | <b>203</b> |
| Crescimento da Cana-de-açúcar .....                             | 203        |
| <b>Capítulo 9 – Estatística Experimental .....</b>              | <b>223</b> |
| Princípios Básicos da Experimentação<br>em Cana-de-açúcar ..... | 224        |
| Delineamentos Estatísticos .....                                | 229        |
| Repetibilidade .....  | 235        |
| Herdabilidade .....   | 235        |
| Correlações .....   | 237        |
| Resposta Correlacionada à Seleção .....                         | 238        |
| Progresso Esperado na Seleção .....                             | 239        |
| <b>Capítulo 10 – Programas de Melhoramento .....</b>            | <b>241</b> |
| Programa da Copersucar .....                                    | 241        |
| Programa da Estação Experimental de Campos .....                | 244        |
| Programa da Estação Experimental de Pernambuco .....            | 245        |

|  |            |
|--|------------|
| Programa do Instituto Agronômico de Campinas ..... | 246        |
| Programa do Instituto de Genética.....             | 248        |
| Programa do Planalsucar .....                      | 254        |
| <b>Referências</b> .....                           | <b>265</b> |
| <b>Bibliografia Recomendada</b> .....              | <b>277</b> |