

# COMPARAÇÃO DE GERAÇÕES DE SORGO GRANÍFERO: ANÁLISES AGRONÔMICA E ECONÔMICA<sup>1</sup>

MARILDA PEREIRA PORTO<sup>2</sup>, VICTOR HUGO DA FONSECA PORTO<sup>3</sup>, ANTÔNIO ANDRÉ AMARAL RAUPP<sup>2</sup>, PAULO SILVEIRA JUNIOR<sup>4</sup> e ISABEL HELENA VERNETTI AZAMBUJA<sup>5</sup>

**RESUMO** - Este trabalho foi realizado pela EMBRAPA/UEPAE de Pelotas com o objetivo de analisar as variações que ocorrem na cultura do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L.), quanto ao rendimento de grãos e outras características agronômicas, quando é novamente cultivada a semente colhida do híbrido, ou de uma geração subsequente. O experimento foi conduzido de 1980 a 1982, no campo, no esquema de parcelas subdivididas em blocos ao acaso, com quatro repetições. As cultivares Agrocerec 1002, Pioneer 8311, BR 300, BR 301 e TE Y 101 formaram as parcelas, e as gerações F<sub>1</sub> (ou híbrido), F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub> formaram as subparcelas. Observou-se que as gerações posteriores ao híbrido (F<sub>1</sub>) foram muito variáveis quanto a características agronômicas, principalmente ciclo e altura de planta, o que dificulta a colheita mecânica. A geração F<sub>1</sub> ou híbrido foi significativamente superior em rendimento e estabilidade de produção. As sementes adquiridas todos os anos (de uma cultivar uniforme) são as que oferecem menor risco e maior rentabilidade ao agricultor.

Termos para indexação: *Sorghum bicolor*, híbridos, gerações segregantes, aspectos econômicos.

## COMPARISON BETWEEN GRAIN SORGHUM GENERATIONS: AN AGRONOMIC AND ECONOMIC ANALYSIS

**ABSTRACT** - At EMBRAPA/UEPAE de Pelotas, at Pelotas, RS, Brazil, a study was conducted with grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.), to detect variations in grain yield and other agronomic traits between hybrids and their subsequent generations. Seeds were harvested from four commercial hybrids and used to plant the subsequent crop. In 1980/81 and 1981/82, Agrocerec 1002, Pioneer 8311, BR 300, BR 301 and TE Y 101 cultivars (plots) and F<sub>1</sub> (or hybrid), F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> and F<sub>4</sub> generations (subplots) were planted in a split-plot design. Higher yields were observed in the F<sub>1</sub> or hybrid generation. Many agronomic traits were variable in F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> and F<sub>4</sub> generations, causing difficulties in mechanical harvest. Economical analysis indicated that the purchased seed of a uniform cultivar was economically and agronomically the best option to the farmer.

Index terms: *Sorghum bicolor*, hybrids, segregating generations, economical aspects.

## INTRODUÇÃO

O sorgo granífero é uma gramínea que se caracteriza por ser mais tolerante à seca do que o milho, portanto recomendado para áreas marginais a esta cultura.

Apesar de o sorgo situar-se em 10º lugar em importância econômica e 8º em área cultivada no Rio Grande do Sul (Almeida & Alves 1982), este Estado é o maior produtor do país. Na produção nacional de grãos, no período de 1980 a 1983, o sorgo também oscilou de 8º a 7º lugar (Acompanhamento... 1984).

O cultivo do sorgo granífero no Brasil baseia-se, fundamentalmente, no uso de sementes híbridas. Esse fato obriga o produtor rural a adquirir novas sementes todos os anos e a se defrontar com um comércio irregular, tanto por insuficiência na oferta de sementes em época adequada quanto por seu custo elevado, situando-se muitas vezes, acima do preço da semente de milho.

O "vigor híbrido" é utilizado em sorgo, principalmente, para aumentar seu potencial de produtividade, além de melhorar outras características de-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 14 de abril de 1986.

Trabalho realizado na EMBRAPA/UEPAE de Pelotas, atualmente Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado (CPATB). Convênio EMBRAPA/UFPEL. Caixa Postal 553, CEP 96100 Pelotas, RS.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/CPATB, Convênio EMBRAPA/UFPEL, Caixa Postal 553, CEP 96100 Pelotas, RS.

<sup>3</sup> Economista, M.Sc., EMBRAPA/CPATB.

<sup>4</sup> Eng. - Agr., Prof. - Titular do Instituto de Física e Matemática da UFPEL e pesquisador do Convênio EMBRAPA/UFPEL.

<sup>5</sup> Economista, EMBRAPA/CPATB.

sejáveis na lavoura, principalmente a uniformidade.

Esses híbridos são formados pelo cruzamento de duas linhas puras, ou seja, são os denominados híbridos simples. Em plantas autógamas, o híbrido simples é denominado de geração  $F_1$ , e as gerações posteriores de  $F_2$ ,  $F_3$ , etc.

Este trabalho teve como objetivo mostrar e avaliar o que acontece em uma lavoura de sorgo granífero, em termos de uniformidade e rentabilidade, quando a semente colhida do híbrido é utilizada para formar novas lavouras, em gerações (anos) posteriores.

### MATERIAL E MÉTODOS

Nos anos agrícolas 1980/81 e 1981/82 foi conduzido na área experimental da EMBRAPA/UEPAE de Pelotas, um experimento em parcelas subdivididas, dispostas no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Em 1980/81, os tratamentos nas parcelas constaram dos híbridos TE Y 101, Agrocerec 1002, Pioneer 8311, BR 301 e BR 300 e nas subparcelas as gerações  $F_1$  (ou híbrido),  $F_2$  (semente colhida do híbrido) e  $F_3$  (2ª geração após o híbrido). Em 1981/82 foi eliminado o híbrido TE Y 101 e incluída a geração  $F_4$  (3ª após o híbrido).

As parcelas foram constituídas de seis fileiras de cinco metros, com espaçamento de 0,70 m e densidade de 15 plantas/m, sendo que as observações foram realizadas nas duas fileiras centrais, eliminando-se 0,5 m de cada extremidade das fileiras (área útil de 5,6 m<sup>2</sup>). Com a finalidade de isolar as parcelas entre si, evitando-se os cruzamentos naturais, as duas fileiras laterais de cada parcela foram cultivadas com sorgo forrageiro (plantas altas).

Foram realizadas observações visuais quanto à uniformidade nas épocas de floração e maturação, tamanho e tipo de panícula, comprimento de pedúnculo e características dos grãos (tamanho e cor). Foram medidas as variações de altura das plantas (cm) e de rendimento de grãos (kg/ha). Essas medidas foram submetidas à análise de variância e ao teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Para análise econômica utilizou-se o PACTA - Programa de Avaliação Comparativa de Tecnologias Alternativas. O PACTA (Cruz 1980) é um programa de simulação, baseado no critério de simetria de Hanoch & Levy (1970), que compara as margens brutas das alternativas tecnológicas<sup>6</sup> sob o ponto de vista de rentabilidade e risco<sup>7</sup>.

Margem bruta é a receita proveniente da venda de um produto (neste trabalho, o sorgo) descontando-se somente os custos variáveis que incidiram na sua produção, e está definida pela equação:

$$MB = P_y \cdot Y - CV$$

onde "MB" é a margem bruta (Cr\$/ha); "P<sub>y</sub>" é o preço do sorgo em Cr\$/kg (considerando-se o valor médio de Cr\$ 28,78, da distribuição de preços do período de março a maio/83); "Y" é a produtividade em kg/ha (considerando-se o valor médio de distribuição da produtividade das repetições dos tratamentos do experimento dos anos agrícolas 1980/81 e 1981/82); e "CV" os custos variáveis (quando o agricultor adquire as sementes da geração  $F_1$ , considerando-se o custo da semente do híbrido de Cr\$ 400,00/kg; quando o agricultor utiliza as gerações  $F_2$  e  $F_3$  como semente, considerando-se o preço de Cr\$ 28,78/kg).

O PACTA oferece ao pesquisador subsídios com os quais ele tem condições de informar ao agricultor não apenas se uma tecnologia é rentável mas também se ela é mais rentável que outra tecnologia em comparação.

Além disso, como o processo biológico é sujeito a incertezas climáticas e outras fontes de risco, o programa poderá indicar se a adoção de uma tecnologia, por parte do agricultor, apresentará menor ou maior risco do que outra tecnologia em comparação.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observações visuais das características agrônomicas mostraram uniformidade no  $F_1$  e uma grande variação entre plantas nas gerações  $F_2$ ,  $F_3$  e  $F_4$  quanto ao ciclo da cultura, sendo encontradas, na mesma data, plantas em emissão de panícula, em início de floração, em fim de floração e em enchimento de grão, o que provocou o amadurecimento das plantas em épocas diferentes. Também as características de panícula e dos grãos mostraram muitas diferenças entre plantas de uma mesma parcela nas gerações subsequentes ao híbrido, fato normal, já que a expectativa é que ocorra uma segregação bastante grande quando são cruzadas duas cultivares diferentes.

A Tabela 1 mostra a altura de plantas no ano agrícola 1980/81, onde foram medidas, nas gerações  $F_2$  e  $F_3$  (desuniformes para a característica), dez plantas altas e dez plantas baixas em cada parcela. A partir desses dados verificou-se que seria mais importante conhecer a percentagem de plantas que

<sup>6</sup> Entendem-se por tecnologia alternativa, para fins deste programa, os resultados previstos de cada tratamento, do experimento a ser analisado neste trabalho.

<sup>7</sup> Na literatura econômica, "risco" significa o nível de segurança que o agricultor terá ao adotar uma nova tecnologia, em comparação tanto a uma tradicional como também a uma outra nova tecnologia.

seriam colhidas com a colheita mecânica do que propriamente conhecer a altura de cada planta. Para isso, estabeleceu-se uma altura média, passando no centro do pedúnculo das plantas da subparcela F<sub>1</sub> (geração uniforme) de cada cultivar (parcela), separando as plantas baixas das médias e uma altura 40 cm acima da primeira, separando as plantas médias das altas.

Os dados obtidos são apresentados na Tabela 2,

onde se observa que, para todos os híbridos, a percentagem de plantas com altura equivalente ao F<sub>1</sub> (plantas médias) diminui drasticamente já na geração F<sub>2</sub> e tende a estabilizar-se nas próximas gerações (F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub>), num valor em torno de 50%, exceto para o híbrido Pioneer 8311. Este mostrou uma tendência decrescente na percentagem de plantas médias, diferindo estatisticamente de F<sub>1</sub> a F<sub>4</sub>.

TABELA 1. Dados de altura<sup>1</sup> das plantas de cinco híbridos, em três gerações, no ano agrícola de 1980/81. Pelotas, RS.

| Híbrido      | Geração<br>F <sub>1</sub><br>ou<br>Híbrido | F <sub>2</sub> |                | F <sub>3</sub> |                |
|--------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
|              |  | Plantas altas  | Plantas baixas | Plantas altas  | Plantas baixas |
| cm           |  |                |                |                |                |
| AG 1002      | 126  | 154            | 100            | 153            | 96             |
| BR 300       | 162  | 193            | 98             | 193            | 107            |
| BR 301       | 127  | 163            | 104            | 159            | 95             |
| Pioneer 8311 | 113  | 127            | 77             | 151            | 73             |
| TE Y 101     | 117  | 138            | 99             | 152            | 99             |

<sup>1</sup> Cada dado é média de 40 plantas.

TABELA 2. Percentagens médias de plantas altas, médias, baixas e do total passível de colheita mecânica (altas e médias) de cada tratamento, medidas na colheita, no ano agrícola de 1981/82. Pelotas, RS.

| Híbrido        | Geração<br>Altura | F <sub>1</sub> | F <sub>2</sub> | F <sub>3</sub> | F <sub>4</sub> |
|----------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                |                   | %              |                |                |                |
| Agroceres 1002 | altas             | 3,31 bC        | 11,95 bBC      | 41,25 aA       | 18,56 bB       |
|                | médias            | 90,59 aA       | 48,63 aBC      | 41,85 aC       | 57,94 aB       |
|                | baixas            | 6,09 bC        | 39,43 aA       | 16,90 bB       | 23,50 bB       |
|                | altas + médias    | 93,90          | 60,58          | 83,10          | 76,50          |
| BR 300         | altas             | 0,60 bC        | 13,54 bB       | 26,89 aA       | 24,33 bA       |
|                | médias            | 88,47 aA       | 43,14 aB       | 39,31 aB       | 39,14 aB       |
|                | baixas            | 10,93 bB       | 43,31 aA       | 33,80 aA       | 36,53 abA      |
|                | altas + médias    | 89,07          | 56,68          | 66,20          | 63,47          |
| BR 301         | altas             | 0,97 bC        | 12,89 bB       | 26,48 aA       | 21,81 bAB      |
|                | médias            | 87,16 aA       | 44,64 aB       | 38,58 aB       | 46,88 aB       |
|                | baixas            | 11,86 bB       | 42,48 aA       | 34,94 aA       | 31,31 bA       |
|                | altas + médias    | 88,13          | 57,53          | 65,06          | 68,69          |
| Pioneer 8311   | altas             | 0,26 bC        | 11,97 bB       | 11,57 bB       | 28,54 aA       |
|                | médias            | 87,21 aA       | 65,03 aB       | 50,47 aC       | 39,02 aD       |
|                | baixas            | 12,53 bC       | 23,00 bBC      | 37,95 aA       | 32,44 aAB      |
|                | altas + médias    | 87,47          | 77,00          | 62,04          | 67,56          |

Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Letras maiúsculas para comparação na horizontal = gerações dentro de alturas para cada híbrido.

Letras minúsculas para comparação na vertical = altura dentro de gerações, para cada híbrido.

Analisando o aspecto de colheita mecânica, as porcentagens de plantas passíveis de serem colhidas (plantas altas + médias grifadas na Tabela 2) mostraram tendências diferentes, entre gerações, dentro de cada híbrido. Sem considerar a geração F<sub>1</sub>, onde é esperado que todas as plantas sejam colhidas, observaram-se valores extremos de 56,68%, de colheita na geração F<sub>2</sub> do híbrido BR 300, e 83, 10%, na geração F<sub>3</sub> do híbrido Agrocere 1002. É claro que a regulagem da colheitadeira pode ser feita de modo que alcance plantas mais baixas do que os valores mostrados na Tabela 1, mas esse fato acarretaria um acúmulo de massa verde na máquina, aumentando a umidade das sementes.

As Tabelas 3 e 4 mostram os rendimentos de grãos obtidos nos anos agrícolas 1980/81 e 1981/82, respectivamente, com os pesos corrigidos para 13% de umidade.

Constatou-se, nos dois anos agrícolas, que a geração F<sub>1</sub> ou híbrido, produziu mais e diferiu estatisticamente, nessa característica, das demais gerações. A queda de rendimento, entre gerações, é própria de cada híbrido e também variou de um ano para o outro. De modo geral o potencial de rendimento de cada híbrido manteve suas diferenças em todas as gerações, sendo que os híbridos BR 300 e BR 301 foram mais produtivos que os demais, em ambos os anos agrícolas.

TABELA 3. Dados de rendimento de grão de cinco híbridos, em três gerações, no ano agrícola de 1980/81, Pelotas, RS.

| Híbridos \ Geração  | Híbrido ou F <sub>1</sub> | F <sub>2</sub> | F <sub>3</sub> | Efeito de híbridos |
|---------------------|---------------------------|----------------|----------------|--------------------|
|                     | kg/ha                     |                |                |                    |
| BR 300              | 5036 aA                   | 4054 aB        | 3754 aB        | 4281 a             |
| BR 301              | 4705 aA                   | 3451 aB        | 3031 abB       | 2729 a             |
| AG 1002             | 4741 aA                   | 1866 bcB       | 2357 bcB       | 2988 b             |
| Pioneer 8311        | 3366 bA                   | 2223 bB        | 2513 bcB       | 2701 bc            |
| TE Y 101            | 3031 bA                   | 1397 cB        | 2004 cB        | 2144 c             |
| Efeitos de gerações | 4176 A                    | 2732 B         | 2598 B         |                    |

Teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Letras maiúsculas para comparação na horizontal = gerações dentro dos híbridos.

Letras minúsculas para comparação na vertical = híbridos dentro de gerações.

TABELA 4. Dados de rendimento de grãos de quatro híbridos, em quatro gerações, no ano agrícola de 1981/82, Pelotas, RS.

| Híbrido \ Geração  | F <sub>1</sub> | F <sub>2</sub> | F <sub>3</sub> | F <sub>4</sub> | Efeito de híbridos |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|
|                    | kg/ha          |                |                |                |                    |
| BR 300             | 6787 aA        | 5821 aB        | 5414 aB        | 5329 aB        | 5838 a             |
| BR 301             | 6471 aA        | 5555 abAB      | 5151 abB       | 5241 abB       | 5598 a             |
| Pioneer 8311       | 5277 bA        | 4635 bAB       | 3583 cC        | 4153 bBC       | 4412 b             |
| Agrocere 1002      | 4913 bA        | 3518 bB        | 4246 cA        | 4430 abAB      | 4277 b             |
| Efeito de gerações | 5862 A         | 4882 B         | 4599 B         | 4781 B         |                    |

Teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Letras maiúsculas para comparação na horizontal = gerações dentro de híbridos.

Letras minúsculas para comparação na vertical = híbridos dentro de gerações.

As Tabelas 5 e 6 apresentam as alternativas tecnológicas pesquisadas, com suas respectivas produtividades (média dos dois anos), margem bruta média e a dominância das alternativas, quanto às margens brutas, quando comparadas duas a duas.

Nessas tabelas pode-se notar que a melhor alternativa em condições de risco e rentabilidade foi a D (BR 300, 1ª geração), pois apresentou a maior margem bruta, Cr\$ 165.324,00 (Tabela 5), e em condições de risco dominou todas as outras alternativas (Tabela 6). Outro aspecto importante que também se pode notar nas Tabelas 5 e 6 é que, tanto em condições de rentabilidade como de risco, a primeira geração, dos quatro híbridos, foi sempre superior às suas demais gerações.

Analisando-se as gerações avançadas (F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>) nota-se que a geração F<sub>2</sub> do híbrido BR 300, em condições de rentabilidade e risco, só foi dominada pela sua própria F<sub>1</sub> e pela F<sub>1</sub> do híbrido BR 301, equivalendo-se à alternativa H e dominando todas as demais alternativas.

Esta boa performance do BR 300 permite ao agricultor, no caso de problemas na comercializa-

ção de sementes, utilizar, como semente, a geração F<sub>2</sub> deste híbrido, que ainda terá uma boa produtividade e rentabilidade por área plantada.

TABELA 5. Produtividade e margem bruta média (Cr\$/ha) das alternativas tecnológicas; anos agrícolas de 1980/81 e 1981/82.

| Alternativa tecnológica         | Produtividade média kg/ha | Margem bruta média Cr\$/ha |
|---------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| A: Agrocere 1002-F <sub>1</sub> | 4827                      | 134.118                    |
| B: Agrocere 1002-F <sub>2</sub> | 2692                      | 77.136                     |
| C: Agrocere 1002-F <sub>3</sub> | 3302                      | 94.675                     |
| D: BR 300-F <sub>1</sub>        | 5911                      | 165.324                    |
| E: BR 300-F <sub>2</sub>        | 4937                      | 141.744                    |
| F: BR 300-F <sub>3</sub>        | 4584                      | 131.594                    |
| G: BR 301-F <sub>1</sub>        | 5588                      | 156.026                    |
| H: BR 301-F <sub>2</sub>        | 4503                      | 129.248                    |
| I: BR 301-F <sub>3</sub>        | 4091                      | 117.396                    |
| J: Pioneer 8311-F <sub>1</sub>  | 4322                      | 119.576                    |
| K: Pioneer 8311-F <sub>2</sub>  | 3429                      | 98.350                     |
| L: Pioneer 8311-F <sub>3</sub>  | 3048                      | 87.379                     |

Fonte: Programa PACTA, usando-se os dados do experimento.

TABELA 6. Dominância das alternativas tecnológicas, quanto a margens brutas, comparadas duas a duas.

| 1ª AT \ 2ª AT | Alternativas tecnológicas (AT) |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------------|--------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|               | A                              | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
| A             | —                              | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| B             | 0                              | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C             | 0                              | 1 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D             | 1                              | 1 | 1 | — | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| E             | 2                              | 1 | 1 | 0 | — | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| F             | 0                              | 1 | 1 | 0 | 0 | — | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| G             | 1                              | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | — | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| H             | 0                              | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 1 | 1 | 1 | 1 |
| I             | 0                              | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 1 | 1 |
| J             | 0                              | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | — | 1 | 1 |
| K             | 0                              | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 1 |
| L             | 0                              | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — |

Fonte: Programa PACTA, usando-se os dados do experimento.

Obs.: A leitura deverá ser feita no sentido horizontal, sendo que "0" significa que a primeira alternativa foi dominada pela segunda em condições de risco; "1", que a primeira alternativa domina a segunda em condições de risco; e "2", dupla eficiência, ou seja, nenhuma das duas alternativas é inferior sob condições de risco. Ex.: A alternativa "E" tem a mesma eficiência em relação a "A", é dominada pelas alternativas "D" e "G" e domina as demais.

## CONCLUSÕES

1. Em condições normais de oferta de semente híbrida, é, agronômica e economicamente, vantajoso, adquiri-la todos os anos.

2. Entretanto, se ocorrerem problemas na comercialização desta semente, o agricultor ainda poderá manter uma boa produtividade e rentabilidade por hectare, utilizando como semente a geração  $F_2$  do híbrido BR 300.

3. O uso de sementes de uma cultivar uniforme (seja híbrido ou linha pura) em lavoura facilita o manejo da cultura, principalmente a colheita, e promove maior rendimento e estabilidade de produção em relação a suas gerações posteriores; conseqüentemente, diminui o risco do agricultor.

## REFERÊNCIAS

ACOMPANHAMENTO das safras nacionais. *Summa Agric. Pec.*, (67):1, 1984.

ALMEIDA, F.A. de & ALVES, S.M.M.M. Área, produção, rendimento e valor da produção das dez principais culturas agrícolas, por estado. Brasília, EMBRAPA-DID, 1982. 60p.

CRUZ, E.R. PACTA - Programa de Avaliação Comparativa de Tecnologias Alternativas; guia do usuário. Brasília, EMBRAPA-DDM, 1980. 7p.

HANOCH, G. & LEVY, H. Efficient portfolio selection with quadratic and cubic utility. *J. Bus.*, 43(2): 181-9, 1970.