

## Capítulo 6

---

### Esquemas e metodologias de desenvolvimento na obtenção de linhagens e híbridos de sorgo

*Cicero Beserra de Menezes  
Claudio Prates Zago  
Jurandir Pereira Segundo  
Geraldo Afonso Carvalho Jr.  
Paulo Mota Ribas*

#### Introdução

No Brasil praticamente cem por cento das cultivares comerciais de sorgo granífero são híbridos simples, oriundos do cruzamento de uma linhagem macho-estéril A e uma linhagem restauradora da fertilidade R. Para sorgo do tipo forrageiro (silagem ou pastejo), em que a uniformidade não é tão importante, híbridos simples modificados e triplos têm sido testados mas, normalmente, se mostram desuniformes (Menezes et al., 2015; Rodrigues et al., 2015).

A noção de grupos heteróticos é amplamente difundida em milho, o intercruzamento entre distintos grupos resulta em incremento na heterozigose e geração de híbridos superiores (Heerwaarden et al., 2012). Tal agrupamento heterótico existe originalmente em sorgo, pela divisão das linhagens em A/B e R (linhagem “A” – macho-estéril; linhagem “B” – mantenedora de A e linhagem R – Restauradora), mas esta classificação é mais exata se feita através de técnicas de biologia molecular (Silva et al., 2021).

A macho-esterilidade citoplasmática foi descoberta em sorgo na raça *Durra*, numa variedade chamada Milo, e na raça *Kafir* encontraram-se genes mantenedores da fertilidade. Assim, os primeiros híbridos desenvolvidos foram dos cruzamentos das raças *Kafir* como linhagens fêmeas (A/B) (Stephens; Holland, 1954; House, 1985). Hoje, essa situação se apresenta mais complexa, com o desenvolvimento de linhagens A/B também em outras raças, dificultando a separação das linhagens em grupos heteróticos somente pela característica de restauração da fertilidade (Silva et al., 2021).

## Melhoramento Genético de Sorgo

O objetivo final dos programas de melhoramento é o desenvolvimento de linhagens que sejam capazes de maximizar a heterose e gerar híbridos com maior produtividade, com adaptação a diferentes ambientes climáticos, diferentes sistemas de produção, pragas e doenças, e com qualidade nutricional do grão e da forragem.

Frequentemente ocorrem surpresas em que o aparecimento ou a intensificação de algum fator biótico ou abiótico impõe criação de programas especiais e emergenciais, como a chegada de novas pragas ou doenças. Fato recente é o surgimento do ataque de pulgão da cana-de-açúcar (*Melanaphis sacchari*) no sorgo (Mendes et al., 2020), fazendo com que os programas de melhoramento direcionem seus esforços para desenvolver cultivares resistentes.

São muitas as dúvidas que surgem no planejamento de um programa de melhoramento, principalmente aqueles mais novos. E como em tantas outras áreas, não existe receita de bolo pronta a seguir. No entanto, pode-se utilizar da experiência de programas mais tradicionais e adaptá-los à estrutura física e ao pessoal existentes, pois estes são os limitantes de todo programa de melhoramento. As primeiras dúvidas que surgem são: Quantos cruzamentos fazer para gerar variabilidade e selecionar progênies? Quantas progênies avaliar e quantas avançar? Quantos cruzamentos fazer e quantos híbridos avançar? No Capítulo 8 do livro “Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas” (Ramalho et al., 2012) algumas destas dúvidas são discutidas.

O objetivo deste capítulo é sugerir um programa tradicional de melhoramento, para servir de base para novos melhoristas, de forma que se possa replicar ou ampliar de acordo com a estrutura física e mão de obra disponível em cada empresa.

Nos bancos de germoplasma de sorgo existem milhares de linhagens disponíveis para uso pelos melhoristas (Venkateswaran et al., 2019). Entretanto, cada programa possui capacidade de avaliação de um número limitado de populações. Há, portanto, a necessidade de seleção destas populações, a qual deve ser bem criteriosa para não haver dispêndio de tempo e recursos do programa.

Assim, serão apresentados dois exemplos de esquemas e organização de programas, baseados no método de pedigree modificado. No primeiro caso, inicia-se com um **número maior de populações**, em que se realiza nas primeiras gerações **seleção intensa entre populações**. No segundo, inicia-se

com um *número menor de populações* e realiza-se *seleção intensa dentro* da população.

### **Metodologia de Seleção para Grande População Inicial e Seleção Intensa entre Populações**

No exemplo a seguir, será considerada a realização de 100 cruzamentos  $B \times B$  ou  $R \times R$  (dialelo parcial do cruzamento de 15 genótipos entre si). O avanço das populações  $B \times B$  são mais difíceis e consomem mais tempo, por causa da necessidade de esterilização das linhagens  $B$ , não sendo possível para um programa de porte pequeno realizar anualmente. No caso das populações  $R \times R$ , a realização desta quantidade de cruzamentos anuais se torna possível e pode dar grande incremento ao programa.

As populações  $B \times B$  devem ser avançadas em pedigree desde  $F_2$ . As populações  $R \times R$  podem ser avançadas em bulk até  $F_4$ , e, após isso, autofecundadas (Tabela 1, 2 e 3). Nas gerações iniciais, é realizada intensa seleção entre as populações, sendo obtidas somente 30 progênies  $F_3$  por população, oriundas de 100 cruzamentos. Neste modelo são recomendados dois locais simultâneos de avaliação da geração  $F_2$ , em estações com alguma diferença ambiental entre elas. As gerações  $F_1$  e  $F_2$  geralmente são obtidas em casa de vegetação (vasos ou canteiros), e a partir daí tudo pode ser realizado no campo, tentando sempre evitar épocas muito frias e chuva na colheita das sementes.

House (1985) cita algumas decisões a serem organizadas antes de se iniciar um bloco de cruzamento: Quantas sementes são necessárias na geração  $F_1$ ? Quantas sementes são obtidas por cruzamentos? Qual a diferença de florescimento entre as linhagens do bloco de cruzamento (e, sabendo disso, quantas datas de semeadura são necessárias para cada linhagem)? Quantos dias de intervalo deve haver entre as datas de semeadura, e quais são as relações entre as entradas? Seguindo este raciocínio, o autor cita alguns exemplos a serem seguidos para auxiliar nestas decisões.

Suponha que um experimento de híbridos esteja sendo planejado para três locais. Cada ensaio terá quatro repetições, com parcelas de quatro fileiras de 5 m de comprimento e espaçamento de 10 cm entre plantas. Existem três locais  $\times$  quatro repetições  $\times$  quatro linhas = 48 linhas no total. Com plantas a cada 10 cm, em uma linha de 5 m, haverá 50 plantas por linha, ou 50 plantas  $\times$  48 linhas totalizando 2.400 plantas no total (House, 1985).

## Melhoramento Genético de Sorgo

*Para efeitos de estimativas de sementes, considerar:*

- 1.000 sementes = 25 g
- 1 panícula = 20 g

Assim,  $2.400 \times 25 \text{ g} / 1000 = 60 \text{ g}$  de sementes são necessárias, se a germinação for 100% e uma planta por cova for necessária. A germinação nunca é 100%; se a porcentagem de germinação não for conhecida, geralmente é seguro assumir 50%. Portanto, são necessários cerca de 120 g de sementes por cruzamento. Considerar que uma panícula estéril produz cerca de 30 g a 40 g de semente, mas por segurança é melhor estimar 20 g. Assim, para se obter 120 g de semente, recomenda-se polinizar pelo menos seis plantas (House, 1985).

**Tabela 1.** Sugestões de estratégias a serem usadas no melhoramento de sorgo, considerando 100 cruzamentos/ano.

Gerações	Número de plantas	Tamanho da parcela
F <sub>1</sub>	3/cruzamento	3 vasos/cruzamento
F <sub>2</sub>	320/população	8 fileiras de 4 m
F <sub>3</sub>	30/população	1 fileira de 4 m
F <sub>4</sub>	1 a 20/família selecionada	1 fileira de 4 m
F <sub>4:5</sub>	10 a 30/família selecionada	1 fileira de 4 m
F <sub>4:6</sub>	1 a 30/família selecionada	2 fileiras de 4 m

Adaptado de Ramalho et al. (2012).

**Tabela 2.** Modelo esquemático do processo de desenvolvimento de linhas A/B

Ano	Safra	Operação	Número	Observações
1	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produção de <math>F_1</math>s</li> <li>- Cruzamentos manuais de <math>B \times B</math></li> <li>- 300 vasos</li> </ul>	100 Cruzamentos entre linhas B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Casa de vegetação</li> <li>- 2 a 3 plantas/cruzamento</li> </ul>
				
1	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autofecundação dos <math>F_1</math>s</li> <li>- 100 fileiras</li> </ul>	100 Populações $B \times B$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 fileira de dois metros/população</li> <li>- Proteger plantas no florescimento</li> <li>- Avançar 80%</li> <li>- Canteiro em casa de vegetação</li> </ul>
				
2	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleção de <math>F_2</math>s</li> <li>- Locais: 2</li> <li>- 1280 fileiras</li> <li>- Colheita de semente 720 <math>F_{2,3}</math></li> </ul>	80 Populações em $F_2$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polinização aberta</li> <li>- 8 fileiras de 4 m/população <math>\cong</math> 300 plantas</li> <li>- Inserir testemunha para sanidade e ciclo.</li> <li>- Selecionar 90% das populações (10 plantas/população)</li> </ul>
				
2	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avaliação e seleção de <math>F_{2,3}</math>s</li> <li>- Locais: 2</li> <li>- 1440 fileiras</li> <li>- Colheita de semente <math>F_{2,4}</math></li> </ul>	720 Progênies em $F_3$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 fileiras de 4 m/progênie</li> <li>- Seleção entre (17,5%) e dentro (5%)*</li> <li>- Autofecundar 2 plantas/progênie selecionada</li> </ul>
				

Continua...

## Melhoramento Genético de Sorgo

**Tabela 2.** Continuação

Ano	Safra	Operação	Número	Observações
3	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avaliação e seleção de <math>F_{3,4}</math>s</li> <li>- Locais: 1</li> <li>- Colheita de sementes <math>B F_{2,5}</math></li> <li>- Testcrosses <math>(B) \times 2</math> testadores <math>R (A_3)</math></li> <li>- Colheita 500 híbridos <math>R (A_3) \times B</math></li> </ul>	250 Progênies em $F_4$ $250 \times 2$ Testadores = 500 híbridos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 fileira de 4 m/ progênie</li> <li>- Autofecundar B</li> <li>- Selecionar 1 planta por progênie B</li> <li>- Plantar B e R em área separada</li> <li>- 1 fileira de 4 m/ progênie B</li> <li>- 50 fileiras de 4 m/ linhagem R</li> <li>- Usar R macho-estéril com citoplasma <math>A_3</math> para não necessitar emasculação**</li> <li>- Cada B polinizar quatro plantas R, para produzir híbridos testcrosses.</li> </ul>
3	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avaliação de híbridos testcrosses</li> <li>- Locais: 2</li> </ul>	500	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parcela de 2 linhas de 3 m</li> <li>- 2 repetições</li> <li>- Inserir pelo menos 2 testemunhas comerciais</li> <li>- Seleção de 60% das linhagens, com base o desempenho dos híbridos</li> </ul>
4	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cruzamentos linhagem <math>A \times B F_{2,5}</math>s</li> <li>- Autofecundação de B</li> <li>- Colheita de sementes <math>F_1 A / B</math></li> <li>- Colheita de sementes <math>F_{2,6} B</math></li> </ul>	150 Progênies em $F_5$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Linhagens selecionadas com base nos ensaios de competição dos testcrosses serão esterilizadas</li> <li>- Linhagem A macho-estéril em citoplasma <math>A_1</math>, com pedigree próximo da linhagem B.</li> <li>- 1 fileira de 2 m/progênie</li> </ul>

Continua...

**Tabela 2.** Continuação

Ano	Safra	Operação	Número	Observações
4	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RC<sub>1,2</sub> Linhagem</li> <li>A × B F<sub>2,6</sub> (retrocruzamento)</li> <li>- Avanço B (Autofecundação)</li> <li>- Colheita de sementes RC<sub>1,2</sub> A / B</li> <li>- Colheita de sementes F<sub>2,7</sub> B</li> </ul>	<p>150</p> <p>Pares em</p> <p>(ARC<sub>1</sub> × B F<sub>6,s</sub>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autofecundar 2 plantas por linhagem B</li> <li>- Polinizar 3 plantas da linhagem A</li> <li>- 1 fileira de 2 m/progênie</li> <li>- Realizar seleção entre e dentro de progênie (80%)</li> </ul>
				
5	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RC<sub>2,2</sub> Linhagem</li> <li>A × B F<sub>2,7</sub> (retrocruzamento)</li> <li>- Avanço de geração B F<sub>2,7</sub> (Autofecundação)</li> <li>- Colheita de sementes RC<sub>3,2</sub> A / B</li> <li>- Colheita de sementes F<sub>2,8</sub> B</li> </ul>	<p>120</p> <p>Pares em</p> <p>(ARC<sub>2</sub> × B F<sub>7,s</sub>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autofecundar 2 plantas por linhagem B</li> <li>- Polinizar 3 plantas da linhagem A</li> <li>- 1 fileira de 2 m/progênie</li> <li>- Realizar seleção entre e dentro de progênie</li> </ul>
				
5	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RC<sub>3,2</sub> Linhagem</li> <li>A × B F<sub>2,8</sub> (retrocruzamento)</li> <li>- Avanço B (Autofecundação)</li> <li>- Colheita de sementes RC<sub>4,2</sub> A / B</li> <li>- Colheita de sementes F<sub>9</sub> B</li> </ul>	<p>100</p> <p>Pares em</p> <p>(ARC<sub>3</sub> × B F<sub>8,s</sub>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autofecundar 2 plantas por linhagem B</li> <li>- Polinizar 3 plantas da linhagem A</li> <li>- 1 fileira de 2 m/progênie</li> <li>- Realizar seleção entre e dentro de progênie (80%)</li> </ul>
				
6	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RC<sub>4,2</sub> Linhagem</li> <li>A × B F<sub>2,9</sub> (retrocruzamento)</li> <li>- Avanço B Autofecundação</li> <li>- Colheita de sementes RC<sub>5,2</sub> A / B</li> <li>- Colheita de sementes F<sub>2,10</sub> B</li> </ul>	<p>80</p> <p>Pares em</p> <p>(ARC<sub>4</sub> × B F<sub>9,s</sub>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autofecundar 2 plantas por linhagem B</li> <li>- Polinizar 3 plantas da linhagem A</li> <li>- 1 fileira de 2 m/progênie</li> <li>- Realizar seleção entre e dentro de progênie (60%)</li> </ul>
				
				Continua...

## Melhoramento Genético de Sorgo

Tabela 2. Continuação

Ano	Safra	Operação	Número	Observações
6	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RC<sub>5,2</sub> Linhagem A × B F<sub>10</sub> (retrocruzamento)</li> <li>- Avanço de geração B F<sub>10</sub> (Autofecundação)</li> <li>- Colheita de sementes RC<sub>6,2</sub> A / B</li> <li>- Colheita de sementes F<sub>11</sub> B</li> <li>- Testcrosses A × R</li> </ul>	<p>50 Pares em (ARC<sub>5</sub> × B F<sub>10</sub>s)</p> <p>50 × 5 (Testador) = 250 híbridos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 fileira de 2 m/progênie</li> <li>- Plantar A e R em área separada do avanço A / B</li> <li>- 1 fileira de 2 m por progênie A</li> <li>- polinizar 15 plantas com cada R</li> <li>- 20 fileiras de 2 m por progênie R</li> </ul>
7	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avaliação de híbridos</li> <li>- Testcrosses A × R</li> <li>- Locais: 4</li> </ul>	250	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parcela de 2 linhas de 5 m</li> <li>- 3 repetições</li> <li>- Inserir 2 testemunhas comerciais.</li> <li>- Avançar 10% das linhagens com base nos resultados dos testcrosses</li> </ul>
7	2	- Síntese de novas populações com as linhagens-elites do programa para novo ciclo de seleção.	<p>05 Pares de linhagens A × B</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Multiplicar linhagens selecionadas a partir da semente genética obtida na geração anterior.</li> </ul>

\* Estas porcentagens podem variar dependendo do desempenho das famílias. O importante é não realizar seleção muito severa, de forma a afetar a variabilidade das populações. Programas com estrutura maiores podem realizar seleção mais branda.

\*\* Caso não se tenha no programa linhagem-elite R em citoplasma A<sub>3</sub> é recomendável realizar os cruzamentos testes de B em F<sub>2;5</sub> ou F<sub>2;6</sub>.

**Tabela 3.** Modelo esquemático do processo de desenvolvimento de linhas R

Ano	Safra	Operações	Número	Observações
1	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produção de F<sub>1</sub>s</li> <li>- Cruzamento manual R × R</li> </ul>	100 Cruzamentos entre linha R	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Casa de vegetação, vaso ou canteiro</li> <li>- 3 vasos, com 3 plantas de cada parental (300 vasos) ou 1 fileira de 2m no canteiro (100 fileiras)</li> </ul>
		↓		
1	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autofecundação dos F<sub>1</sub>s</li> </ul>	100 populações R × R	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 fileira de dois metros/população</li> <li>- Proteger plantas no florescimento</li> <li>- Avançar 80%</li> </ul>
		↓		
2	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleção de F<sub>2</sub>s</li> <li>- Colheita de sementes F<sub>3</sub></li> </ul>	80 populações em F <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polinização aberta</li> <li>- 8 fileiras de 4 m/população ≅ 320 plantas</li> <li>- Inserir linhagem conhecida como testemunha para sanidade e ciclo.</li> <li>- Selecionar 90% das populações (20 plantas/população)</li> <li>- Plantas altas e ciclo muito longo</li> </ul>
		↓		
2	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avaliação dos F<sub>3</sub>s</li> <li>- Avanço de geração F<sub>4</sub> (polinização aberta)</li> <li>- Locais: 2</li> <li>- 2800 fileiras</li> </ul>	1.400 progênie em F <sub>3</sub> (≅ 20/população)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 fileira de 4 m/ progênie</li> <li>- Seleção entre (15%) e dentro (5%)*</li> <li>- Colher 2 plantas/progênie selecionada</li> </ul>
		↓		

Continua...

## Melhoramento Genético de Sorgo

**Tabela 3.** Continuação

Ano	Safra	Operações	Número	Observações
3	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cruzamento <math>F_4 \times 2</math> Testadores A</li> <li>- Avanço de geração <math>F_{4,5}</math> (Autofecundação)</li> <li>- Testcrosses</li> <li>- 2 testadores-elites <math>(A) \times R F_4</math></li> <li>- Colheita de <math>\cong 800</math> híbridos <math>A \times R</math></li> </ul>	<p>420 progênes <math>F_4</math> 2 testadores <math>\times 400 R \cong</math> 800 híbridos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parear A e R</li> <li>- 1 fileira de 4 m de cada</li> <li>- Autofecundar 2 plantas de R</li> <li>- Cada R polinizar 3-4 plantas da fêmea</li> <li>- Descartar linhagens ruins de pólen</li> </ul>
				
3	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avaliação de híbridos: 800 Testcrosses</li> <li>- Locais : 2</li> <li>- Avaliação de progênes <math>F_{4,5}</math></li> <li>- Colheita de sementes <math>F_{4,6}</math></li> </ul>	<p>400 progênes <math>F_5</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parcela de 2 linhas de 3 m</li> <li>- 3 repetições</li> <li>- Inserir pelo menos 2 testemunhas comerciais</li> <li>- 1 fileira de 2 m/progênie</li> <li>- Autofecundação</li> <li>- Avançar 12,5% das linhagens com base nos resultados dos testcrosses</li> </ul>
				
4	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avanço de geração <math>F_{6,s}</math> (Autofecundação)</li> <li>- Colheita de sementes <math>F_{4,7}</math></li> <li>- Topcrosses <math>A \times R</math></li> </ul>	<p>50 progênes <math>F_6</math> 10 testadores <math>\times 50</math> linhagens <math>\cong 500</math> híbridos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 fileiras de 4 m</li> <li>- Colher em bulk</li> <li>- Cruzar linhagens selecionadas com 8-10 fêmeas A.</li> <li>- Produzir sementes para ensaios em pelo menos quatro locais (300 g de sementes)</li> </ul>
				

Continua...

Tabela 3. Continuação

Ano	Safra	Operações	Número	Observações
4	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avanço de geração <math>F_{7,s}</math> (Autofecundação)</li> <li>- Colheita de sementes <math>F_n</math></li> <li>- Avaliação de progênies <math>F_{4,7}</math></li> <li>- Colheita de sementes <math>F_n</math></li> <li>- Testcrosses</li> <li>- 4 fileiras/parcela</li> <li>- 3 repetições</li> <li>- 5 metros/fileira</li> <li>- 5 locais</li> <li>- 5 testemunhas comerciais</li> </ul>	<p>50 progênies <math>F_n</math></p> <p>500 híbridos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autofecundar 20 plantas por fileira;</li> <li>- Selecionar 1 planta para avanço de geração;</li> <li>- Avançar 10% das linhagens com base nos resultados dos testcrosses</li> </ul>
↓				
5	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Síntese de novas populações com as linhagens elites do programa para novo ciclo de seleção</li> </ul>	5 linhagens R	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Multiplicar linhagens selecionadas a partir da semente genética obtida na geração anterior</li> </ul>

### Metodologia de Seleção para Pequena População Inicial e Seleção Branda entre Populações

No exemplo a seguir, considera-se a realização de 10 cruzamentos  $B \times B$  e  $R \times R$  (dialelo parcial do cruzamento de cinco genótipos entre si). (Tabela 4, 5 e 6). Nas gerações iniciais, é realizada intensa seleção dentro das populações, e baixa seleção entre populações, utilizando-se somente um local de seleção.

Neste modelo será realizada anualmente síntese de novas populações B e R. As populações são avançadas em polinização aberta  $F_4$ , selecionando plantas dentro da fileira, usando método de pedigree. Após esta geração são autofecundadas plantas selecionadas.

## Melhoramento Genético de Sorgo

**Tabela 4.** Sugestões de estratégias a serem usadas no melhoramento de sorgo, considerando nove cruzamentos/ano.

Gerações	Número de plantas	Tamanho da parcela
F <sub>1</sub>	3/cruzamento	3 vasos/cruzamento
F <sub>2,3</sub>	400/população	8 fileiras de 5 m
F <sub>3,4</sub>	200/população	4 fileiras de 5 m
F <sub>4,5</sub>	50/população	1 fileira de 5 m
F <sub>5,6</sub>	50/população	1 fileira de 5 m
F <sub>6,7</sub>	50/população	1 fileira de 5 m
F <sub>7,n</sub>	50/população	1 fileira de 5 m

Adaptado de Ramalho et al. (2012).

**Tabela 5.** Modelo esquemático do processo de desenvolvimento de linhas A/B

Ano	Safra	Operação	Número	Observações
1	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produção de F<sub>1</sub>s</li> <li>- Cruzamentos manuais de B × B</li> <li>- 30 vasos</li> </ul>	10 cruzamentos entre linhas B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Casa de vegetação</li> <li>- 2 a 3 plantas/cruzamento</li> </ul>
		↓		
1	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autofecundação dos F<sub>1</sub>s</li> <li>- 10 fileiras</li> <li>- ou 50 vasos</li> </ul>	10 populações B × B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 fileira de 5 metros/população ou 5 vasos/população em casa de vegetação (2 plantas/vaso)</li> <li>- Proteger plantas no florescimento</li> </ul>
		↓		
2	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleção de F<sub>2</sub>s</li> <li>- 80 fileiras F<sub>2</sub></li> <li>- Colheita de 800 progênies F<sub>2,3</sub></li> </ul>	10 populações em F <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduzir em polinização aberta</li> <li>- 8 fileiras de 5 m, ≅ 400 plantas/população</li> <li>- Selecionar 20% dentro de cada populações (80 plantas/população)</li> </ul>
		↓		

Continua...

**Tabela 5.** Continuação

Ano	Safra	Operação	Número	Observações
2	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleção de F<sub>3</sub>s</li> <li>- 3200 fileiras F3</li> <li>- Colheita de semente F<sub>3:4</sub></li> </ul>	800 progênies em F3 (80 / população)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduzir em polinização aberta</li> <li>- 4 fileiras de 5 m/ progênie (200 plantas)</li> <li>- Seleção de 20% entre progênies da mesma população (16/população)</li> <li>- Colher 3 plantas por progênie selecionada</li> </ul>
3	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleção de F<sub>4</sub>s</li> <li>- Colheita de 300 progênies F<sub>4:5</sub></li> </ul>	480 progênies F4 (48 / população)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autofecundar 5 plantas por progênie</li> <li>- 1 fileira de 5 m/ progênie</li> <li>- Seleção de 20% entre progênies da mesma população <math>\cong</math> 10 progênies</li> <li>- Colher 3 plantas por progênie selecionada</li> </ul>
3	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cruzamentos linhagem A <math>\times</math> B F<sub>5</sub>s</li> <li>- Avanço B (Autofecundação)</li> <li>- Colheita do F<sub>1</sub> A / B</li> <li>- Colheita das linhagens F<sub>2:6</sub> B</li> <li>- 300 fileiras A</li> <li>- 300 fileiras B F<sub>5:6</sub></li> </ul>	300 linhagens BF <sub>5</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plantio de fileiras emparelhadas, linhagem com citoplasma A<sub>1</sub> e B F<sub>5</sub>.</li> <li>- Cruzar 3 plantas da linhagem B F<sub>5</sub> com plantas A<sub>1</sub> e identificar os pares</li> <li>- Colher os 3 pares e selecionar o de melhor "producibilidade"</li> </ul>

Continua...

## Melhoramento Genético de Sorgo

**Tabela 5.** Continuação

Ano	Safra	Operação	Número	Observações
4	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cruzamento do <math>F_1</math> (<math>A \times B</math>) <math>\times</math> <math>B F_6</math></li> <li>- Avanço B (Autofecundação)</li> <li>- Colheita do <math>RC_{1:2}</math></li> <li>- Colheita das linhagens <math>F_{6:7} B</math></li> </ul>	300 pares ( $A \times B F_5$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plantio de fileiras emparelhadas, <math>F_1</math> (<math>A \times B F_5</math>'s) e <math>B F_6</math></li> <li>- Cruzar 3 plantas da linhagem <math>B F_6</math> com plantas <math>A \times B F_5</math> e identificar os pares</li> <li>- Selecionar 70% das linhagens dentro de cada população</li> <li>- Colher os 3 pares das linhagens selecionadas e escolher o de melhor "producibilidade"</li> </ul>
				
4	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cruzamento do <math>RC_1</math> (<math>F_1 \times B F_6</math>) <math>\times</math> <math>B F_7</math></li> <li>- Avanço B (Autofecundação)</li> <li>- Colheita do <math>RC_{2:2}</math></li> <li>- Colheita das linhagens <math>BF_{7:8}</math></li> </ul>	210 pares de $RC_1 \times B F_6$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plantio de fileiras emparelhadas, <math>RC_1</math> (<math>F_1 \times B F_6</math>'s) e <math>B F_7</math></li> <li>- Cruzar 03 plantas da linhagem <math>B F_6</math> com plantas <math>A \times B F_6</math> e identificar os pares</li> <li>- Selecionar 70% das linhagens dentro de cada população</li> <li>- Colher os 3 pares das linhagens selecionadas e escolher o de melhor "producibilidade"</li> </ul>
				

Continua...

Tabela 5. Continuação

Ano	Safra	Operação	Número	Observações
5	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cruzamento do RC<sub>2</sub> (RC<sub>1</sub> × BF<sub>7</sub>) × B F<sub>8</sub></li> <li>- Avanço de geração B F<sub>n</sub> (Autofecundação)</li> <li>- Colheita do RC<sub>3,2</sub></li> <li>- Colheita das linhagens B F<sub>n</sub></li> </ul>	<p>≅ 150 pares de RC<sub>2</sub> x BF<sub>7</sub></p>	<p>Plantio de fileiras emparelhadas, RC<sub>2</sub> (RC<sub>1</sub> × B F<sub>7</sub>'s) e B F<sub>8</sub></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cruzar 3 plantas da linhagem B F<sub>7</sub> com plantas A x B F<sub>7</sub>s e identificar os pares</li> <li>- Selecionar 70% das linhagens dentro de cada população</li> <li>- Colher os 3 pares das linhagens selecionadas e escolher o de melhor "producibilidade"</li> </ul>
↓				
5	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cruzamento do RC<sub>3</sub> (RC<sub>2</sub> × BF<sub>8</sub>) × B F<sub>n</sub></li> <li>- Autofecundação da geração B F<sub>n</sub></li> <li>- Colheita do RC<sub>4,2</sub></li> <li>- Colheita das linhagens BF<sub>n</sub></li> <li>- 2 testadores-elites (R)</li> <li>- Colheita de 300 híbridos A × RC<sub>3</sub> x R</li> </ul>	<p>150 pares RC<sub>3</sub> x BF<sub>8</sub> 150 × 2 (Testadores) = 300 híbridos</p>	<p>Plantio de fileiras emparelhadas, RC<sub>3</sub> (RC<sub>2</sub> × B F<sub>8</sub>'s) e B F<sub>n</sub></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cruzar 3 plantas da linhagem B F<sub>n</sub> com plantas A × B F<sub>8</sub>s e identificar os pares</li> <li>- Colher os 3 pares das linhagens selecionadas e escolher o de melhor "producibilidade"</li> <li>- Cruzar 3 a 5 plantas das linhagens A RC<sub>3</sub> com 2 testadores R</li> </ul>
↓				

Continua...

## Melhoramento Genético de Sorgo

**Tabela 5.** Continuação

Ano	Safra	Operação	Número	Observações
6	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cruzamento do <math>RC_4</math> (<math>RC_3 \times BF_n</math>) <math>\times</math> <math>B F_n</math></li> <li>- Autofecundação da geração <math>B F_n</math></li> <li>- Colheita do <math>RC_5</math> (linhagem finalizada "A")</li> <li>- Colheita das linhagens B</li> <li>- Testcrosses</li> <li>- 2 a 4 fileiras/parcela</li> <li>- 2 repetições</li> <li>- 5 metros/fileira</li> <li>- 1 local</li> <li>- 2 a 3 testemunhas comerciais</li> </ul>	<p>150 pares  <math>RC_4 \times BF_n</math>            300 híbridos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plantio de fileiras emparelhadas, <math>RC_4</math> (<math>RC_3 \times B F_n</math>) e <math>B F_n</math></li> <li>- Cruzar 06 plantas da linhagem <math>B F_n</math> com plantas <math>A \times B F_n</math> e identificar os pares</li> <li>- Colher todos os pares de linhagens A e B</li> <li>- Selecionar a melhor planta para avanço da semente genética</li> <li>- Fazer bulk das demais para síntese de híbridos preliminares</li> <li>- Avançar 20% das linhagens com base nos resultados dos testcrosses</li> </ul>
				
6	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Multiplicação da linhagem A</li> <li>- Autofecundação da linhagem B</li> <li>- Colheita da linhagem estéril (A)</li> <li>- Colheita da linhagem fértil (B)</li> <li>- Testcrosses <math>A \times R</math></li> </ul>	<p>30 linhagens A  <math>30 \times 5</math>            (Testador) =            150 híbridos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Multiplicar o par selecionado na geração anterior (semente genética), produzir 2 kg de A e B.</li> <li>- Colher todas as plantas cruzadas e autofecundadas</li> <li>- Cruzar 8 a 10 plantas das linhagens A com 5 testadores R</li> </ul>
				

Continua...

**Tabela 5.** Continuação

Ano	Safra	Operação	Número	Observações
7	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Testcrosses</li> <li>- 4 fileiras/parcela</li> <li>- 3 repetições</li> <li>- 5 metros/fileira</li> <li>- 5 locais</li> <li>- 5 testemunhas comerciais</li> </ul>	150 híbridos	- Avançar 10% das linhagens com base nos resultados dos testcrosses
				
7	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Síntese de novas populações com as linhagens elites do programa para novo ciclo de seleção</li> </ul>	5 pares de linhagens	- Multiplicar linhagens selecionadas a partir da semente genética obtida na geração anterior

**Tabela 6.** Modelo esquemático do processo de desenvolvimento de linhas R

Ano	Safra	Operação	Número	Observações
1	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produção de <math>F_1</math>s</li> <li>- Cruzamentos manuais de R x R</li> <li>- 30 vasos</li> </ul>	10 cruzamentos entre linhas R	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Casa de vegetação</li> <li>- 2 a 3 plantas/cruzamento</li> </ul>
				
1	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autofecundação dos <math>F_1</math>s</li> <li>- 10 fileiras</li> <li>- ou 50 vasos</li> </ul>	10 populações R x R	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 fileira de 5 metros/população ou 5 vasos/população em casa de vegetação (2 plantas/vaso)</li> <li>- Proteger plantas no florescimento</li> </ul>
				

Continua...

## Melhoramento Genético de Sorgo

**Tabela 6.** Continuação

Ano	Safra	Operação	Número	Observações
2	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleção de <math>F_2</math>s</li> <li>- 80 fileiras <math>F_2</math></li> <li>- Colheita de 800 progênies <math>F_3</math></li> </ul>	10 populações em $F_2$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduzir em polinização aberta</li> <li>- 8 fileiras de 5 m, <math>\cong</math> 400 plantas / população</li> <li>- Selecionar 20% dentro de cada populações (80 plantas/população)</li> </ul>
				
2	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleção de <math>F_3</math>s</li> <li>- 3.200 fileiras <math>F_3</math></li> <li>- Colheita de semente <math>F_4</math></li> </ul>	800 progênies em $F_3$ (80 / população)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduzir em polinização aberta</li> <li>- 4 fileiras de 5 m / progênie (200 plantas)</li> <li>- Seleção de 20% entre progênies da mesma população (16/ população)</li> <li>- Colher 3 plantas por progênie selecionada</li> </ul>
				
3	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleção de <math>F_4</math>s</li> <li>- Colheita 300 progênies <math>F_{4,5}</math></li> </ul>	480 progênies $F_4$ (48 / população)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduzir em polinização aberta</li> <li>- 1 fileira de 5 m / progênie</li> <li>- Seleção de 20% entre progênies da mesma população <math>\cong</math> 10 progênies</li> <li>- Colher 3 plantas por progênie selecionada</li> </ul>
				

Continua...

Tabela 6. Continuação

Ano	Safra	Operação	Número	Observações
3	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avanço de geração F<sub>4,5</sub></li> <li>- Colheita 290 progênes F<sub>6</sub>- 2 testadores-elites (A)</li> <li>- Colheita de 580 híbridos</li> </ul>	290 progênes F <sub>5</sub> (29 / população) 290 × 2 (Testadores) = 580 híbridos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autofecundar 5 plantas por fileira</li> <li>- 1 fileira de 5 m/ progênie</li> <li>- Selecionar 1 planta para avanço de geração</li> <li>- Cruzar 3 a 5 plantas das linhagens RF<sub>4</sub> com 2 testadores A</li> </ul>
		↓		
4	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avanço de geração F<sub>4,6</sub></li> <li>- Colheita 290 progênes F<sub>7</sub></li> <li>- Testcrosses</li> <li>- 2 a 4 fileiras/parcela</li> <li>- 2 repetições</li> <li>- 5 metros/fileira</li> <li>- 1 local</li> <li>- 2 a 3 testemunhas comerciais</li> </ul>	290 progênes F <sub>6</sub> (29 / população) 580 híbridos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autofecundar 5 plantas por fileira</li> <li>- 1 fileira de 5 m/ progênie</li> <li>- Selecionar 1 planta para avanço de geração</li> <li>- Avançar 20% das linhagens com base nos resultados dos testcrosses</li> </ul>
		↓		
4	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avanço de geração F<sub>7</sub></li> <li>- Colheita 52 progênes F<sub>n</sub></li> <li>- Testcrosses A × R</li> </ul>	58 linhagens F <sub>7</sub> 58 × 5 (Testador) = 290 híbridos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autofecundar 20 plantas por fileira</li> <li>- 1 fileira de 5 m/ progênie</li> <li>- Selecionar 1 planta para avanço de geração</li> <li>- Cruzar 8 a 10 plantas das linhagens A com 5 testadores R</li> </ul>
		↓		

Continua...

## Melhoramento Genético de Sorgo

**Tabela 6.** Continuação

Ano	Safra	Operação	Número	Observações
5	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Testercrosses</li> <li>- 4 fileiras/parcela</li> <li>- 3 repetições</li> <li>- 5 metros/fileira</li> <li>- 5 locais</li> <li>- 5 testemunhas comerciais</li> </ul>	290 híbridos	- Avançar 10% das linhagens com base nos resultados dos testercrosses
↓				
5	2	- Síntese de novas populações com as linhagens elites do programa para novo ciclo de seleção	5 linhagens R	- Multiplicar linhagens selecionadas a partir da semente genética obtida na geração anterior

### Organização das Parcelas de Melhoramento no Campo

A organização do campo de melhoramento é importante para permitir um trabalho sistematizado de avaliação e vistoria. Os esquemas teóricos (Tabela 7) servem como indicação dos índices de seleção e sequência de trabalho. Nada substitui o olhar do melhorista no campo de linhagens segregantes.

Em uma carta de 1941, Henry Wallace, fundador da Pioneer e posteriormente vice-presidente dos Estados Unidos, escreveu para Raymond Baker: “Como você sabe, eu sempre fui mais interessado no material genético superior do que nas metodologias em si. Não há nenhum substituto para a observação do homem que vive próximo do seu material e que possa perceber um lance de sorte quando o vê.”

Abaixo, um esquema sugestivo de organização das gerações no campo.

**Tabela 7.** Esquema sugestivo de organização das gerações no campo.

Blocos	Frente do campo	
	Safrinha	Verão
1	Linhagens $F_n$	Linhagens $F_n$
2	Progênies $F_6$	Progênies $F_7$
3	Progênies $F_4$	Progênies $F_5$
4	Progênies $F_2$	Progênies $F_3$
5	Bloco de emasculação	$F_{1s}$
6	Campo de esterilização	Campo de esterilização
7	Campo de síntese de híbridos	Campo de síntese de híbridos

A geração de linhagens é parte essencial do programa de melhoramento. Novas linhagens serão utilizadas em cruzamentos dialélicos com as demais linhagens-elites do programa, buscando a geração de híbridos superiores, bem como serão incorporadas ao banco genético e utilizadas na síntese de novas populações, gerando novos ciclos de seleção.

### Desenvolvimento e Avanço de Híbridos de Sorgo

Tão importante quanto a geração de linhagens é o programa de testes e avanço de híbridos, com o propósito de avaliação, seleção, atendimento aos requisitos legais de registro, lançamento e comercialização.

Abaixo, pode ser observado (Tabela 8) um modelo esquemático sugestivo do processo de ensaios de avaliação de híbridos. Normalmente as primeiras etapas, iniciando nos ensaios de topcrosses e preliminares, são conduzidas dentro das unidades de pesquisa ou áreas polo, sob a coordenação da equipe de pesquisa. Os ensaios Preliminares II ou reteste de híbridos superiores e ensaios com o propósito de geração de dados para suportar o registro oficial dos híbridos (VCU) são realizados pelas equipes de desenvolvimento de produtos. Nas etapas avançadas e pré-comerciais deve-se envolver as equipes comerciais e marketing, para a partir desta etapa iniciar um programa de geração de demanda, com o propósito do lançamento comercial do novo híbrido.

## Melhoramento Genético de Sorgo

**Tabela 8.** Modelo esquemático do processo de desenvolvimento híbridos de sorgo

Ano	Safra	Operações	Quantidade	Observações
1	1	- Produção de híbridos preliminares - R × 2 Testadores A) (polinização manual) - (A × 2 Testadores R) (polinização manual)	Número de híbridos função dos modelos anteriores	- Parcela: 2 linhas de 3 m - 2 repetições - 2 Locais
			↓	
1	2	- Produção de híbridos preliminares - R × 2 Testadores A) (polinização manual) - (A × 2 Testadores R) (polinização manual)	Número de híbridos função dos modelos anteriores	- Parcela: 2 linhas de 3 m - 2 repetições - 2 Locais
			↓	
2	1	- Avaliação preliminar de híbridos I	400	- Parcela: 2 linhas de 3 m - 3 repetições - 5 Locais
			↓	
2	2	- Avaliação de preliminar de híbridos II	100	- Parcela: 2 linhas de 5 m - 3 repetições - 10 Locais
			↓	
3	1	- Avaliação de híbridos avançados I - (Ensaio de VCU 1)	25	- Parcela: 4 linhas de 5 m - 3 repetições - 25 Locais
			↓	

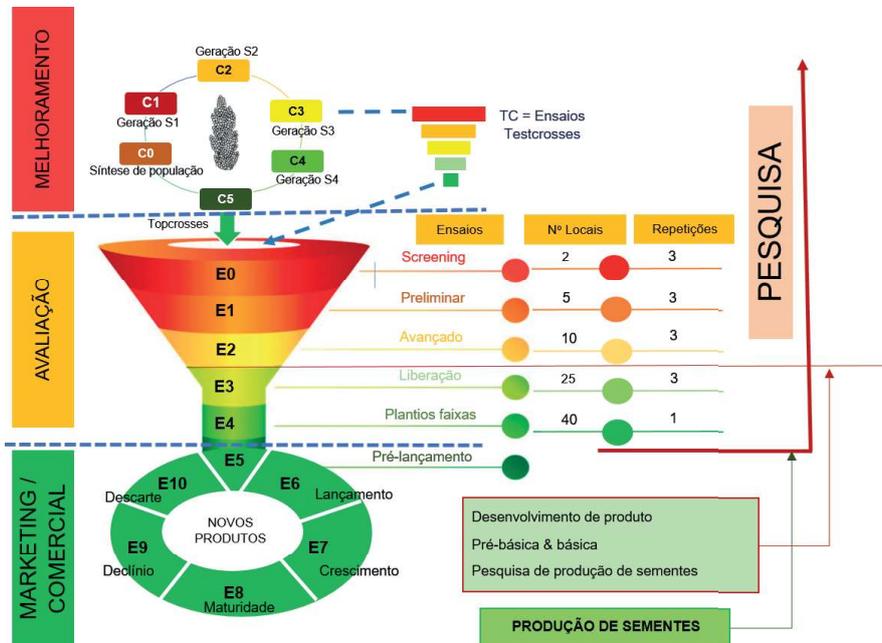
Continua...

Tabela.8 Continuação

Ano	Safra	Operações	Quantidade	Observações
3	2	- Avaliação de híbridos avançados IV - (Ensaio de VCU 2)	25	- Parcela: 4 linhas de 5 m - 3 repetições - 10 Locais
			↓	
4	1	- Avaliação de híbridos avançados - (Ensaio de VCU 3); Ensaio em rede	5	- Parcela: 4 linhas de 5 m - 3 repetições - 25 Locais
			↓	
4	2	- Avaliação de híbridos avançados - (Ensaio de VCU 4); Ensaio em rede	5	- Parcela: 4 linhas de 5 m - 3 repetições - 25 Locais
			↓	
5	1	- Validação de híbridos pré-comerciais - Unidades de observação (UOs)	2	- Parcela: 8 linhas de 10 m - 40 Locais
			↓	
5	2	- Validação de híbridos pré-comerciais - Unidades de observação (UOs)	2	- Parcela: 8 linhas de 10 m - 40 Locais

Na Figura 1 são descritos os estágios de desenvolvimento de híbridos de sorgo, considerando desde os primeiros cruzamentos-testes (Testcrosses) até o descarte do híbrido. Como escrito acima, o objetivo é apresentar uma proposta que possa servir de modelo para que cada programa siga, aumente ou reduza seus cruzamentos de acordo com sua estrutura física e de pessoal.

## Melhoramento Genético de Sorgo



**Figura 1.** Estágios de desenvolvimento de híbridos de sorgo. Fonte: Helix Sementes e Mudas Ltda.

## Estágios de Desenvolvimento e Ciclo de vida de Híbridos de Sorgo

Abaixo é apresentada ainda uma planilha com sugestão dos estágios de desenvolvimento e ciclo de vida de híbridos de sorgo no mercado. Os estágios de testes e ensaios são hipotéticos, e as nomenclaturas podem variar entre as diferentes empresas, bem como o número de locais de testes e volumes.

### Descrição dos Estágios de Desenvolvimento de Híbridos de Sorgo

Estágio TC: "TESTCROSSES"

Estágio	Atividades	Responsável	Ensaio (Número)		
			Locais	Fileira	Repetição
E-TC	Ensaio de "Testcrosses"	Pesquisa	2	2	3

### Estágio E0: Screening

Estágio	Atividades	Responsável	Ensaio (Número)		
			Locais	Fileira	Repetição
E0 Screening	Ensaio de “Screening”	Pesquisa	2	2	3
	Produção de semente dos híbridos – <b>1,0 kg</b>	Pesquisa			

### Estágio E1: Preliminar

Estágio	Atividades	Responsável	Ensaio (Número)		
			Locais	Fileira	Repetição
E1 Preliminar	Ensaio preliminar de híbridos	Pesquisa	5	2	3
	Produção de semente dos híbridos – <b>2,0 kg</b>	Pesquisa			

### Estágio E2: Avançado\*

Estágio	Atividades	Responsável	Ensaio (Número)		
			Locais	Fileira	Repetição
E2 Avançado	Ensaio avançado de híbridos, ensaios em rede	Pesquisa e Transferência	10	4	3
	Produção de semente dos híbridos – 8,0 kg	Pesquisa			
	Produção de sementes dos parentais - Macho: <b>5,0 kg</b> - Fêmea: <b>10,0 kg</b>	Pré-Básica			

\* Produção de 40 panículas oriundas de uma panícula de cada linhagem nova. Realizar ensaios de pesquisa de produção de sementes (produtibilidade das linhagens, grow out) e split de florescimento em área comercial.

## Melhoramento Genético de Sorgo

### Estágio E3: Liberação\*

Estágio	Atividades	Responsável	Ensaio (Número)		
			Locais	Fileira	Repetição
E3 Liberação	Ensaio Liberação (Híbridos novos, Híbridos comerciais e Híbridos de outras empresas)	Pesquisa e Transferência	25	4	3
	Produção de sementes dos híbridos selecionados – <b>1.000,0 kg</b>	Pré-Básica			
	Produção de sementes dos Parentais - Macho – <b>20,0 kg</b> - Fêmea – <b>40,0 kg</b>	Pré-Básica			

\* Iniciar multiplicação da semente genética. Continuar ensaios de produtividade para os híbridos novos

### Estágio E4: Faixas (Strip test)\*

Estágio	Atividades	Responsável	Ensaio (Número)		
			Locais	Fileira	Repetição
E4 Faixas	Plantio em Faixas, unidades de observação (UOs)	Transferência	40	4	3
	Produção de sementes dos parentais: - Macho – <b>1.000 kg</b> - Fêmea – <b>3.000 kg</b>	Básica			

\* Ensaios em áreas de cooperados, revendas, cooperativas. Se os plantios em faixas forem feitos no verão do ano, será possível multiplicar as sementes dos híbridos em pré-lançamento no inverno do próximo ano, podendo-se adiantar um ano no lançamento do híbrido.

### Estágio E5: Pré-lançamento

Estágio	Atividades	Responsabilidade
E5 Pré-Lançamento	Produção de Semente Comercial – <b>5.000 sacos de 10 kg</b>	Produção

### Estágio E6: Lançamento

Estágio	Atividades	Responsabilidade
Estágio E6 Lançamento	Reteste em Ensaios de Performance	Pesquisa
	Reteste em Ensaios em Faixas	Transferência
	Reteste em Ensaios Oficiais	Pesquisa/ Transferência
	Reteste em Ensaios de Cooperativas	Transferência
	Produção de sementes	Produção
	Elaboração de Material Promocional	Marketing
	Distribuição acompanhada	Marketing

### Estágio E7: Crescimento

Estágio	Atividades	Responsabilidade
Estágio E7 Crescimento	Reteste em Ensaios de Performance	Pesquisa
	Reteste em Ensaios em Faixas	Transferência
	Reteste em Ensaios Oficiais	Pesquisa/ Transferência
	Reteste em Ensaios de Cooperativas	Transferência
	Produção de sementes	Produção
	Distribuição acompanhada	Marketing

### Estágio E8: Maturidade

Estágio	Atividades	Responsabilidade
Estágio E8 Maturidade	Reteste em Ensaios de Liberação	Pesquisa
	Reteste em Ensaios em Faixas	Transferência
	Reteste em Ensaios Oficiais	Pesquisa/ Transferência
	Reteste em Ensaios de Cooperativas	Transferência
	Produção de sementes	Produção

## Melhoramento Genético de Sorgo

### Estágio E9: Declínio

Estágio	Atividades	Responsabilidade
Estágio E9 Declínio	Compatibilizar os estoques de semente básica com o plano de vendas tentando evitar sobras de sementes básicas	Semente básica
	Não incluir o produto em nenhuma atividade ou evento promocional	Marketing

### Estágio E10: Descarte

Estágio	Atividades	Responsabilidade
Estágio E10 Descarte	Retirada do mercado	Marketing

Fonte: Helix Sementes e Mudas Ltda.

Não menos importante que a criação de linhagens, realização de ensaios e posicionamento de produtos, tem-se a produção de sementes de boa qualidade, quantidade e custos, do híbrido lançado, para que este possa apresentar os resultados que sustentaram seu lançamento.

Portanto, a fase seguinte é a realização de ensaios de pesquisa de produção, com o propósito de definir a melhor recomendação para produção de sementes do híbrido. Nesta etapa, é essencial definir a melhor época de produção, local de plantio, espaçamento e população dos parentais, recomendação de fertilidade, fungicida e inseticida.

Um dos parâmetros mais críticos na produção de sementes é a definição do intervalo de plantio entre os parentais (split) para garantir a coincidência no florescimento masculino e feminino. Abaixo apresentamos os procedimentos para esta avaliação.

### **Procedimento para Avaliação do Florescimento de Progenitores de Sorgo**

1. Realizar ensaio de coincidência de florescimento (split) na mesma época e no mesmo local da produção comercial de sementes;
2. Plantar, a cada dois ou três dias, uma fileira de 20 m ou duas de 10 m ( $\cong$  200 plantas) de cada progenitor, observando o espaçamento entrelinhas usualmente utilizado nos campos de produção de sementes;
3. Anotar a data do plantio e a data da emergência de cada progenitor;
4. Iniciar a avaliação quando a primeira planta do progenitor masculino estiver liberando pólen e/ou a primeira planta do progenitor feminino estiver receptiva;
5. Fazer as avaliações diariamente no período que compreende o início até o final da floração, para ambos os progenitores;
6. Em cada avaliação, anotar o número de plantas do progenitor masculino liberando pólen e o número de plantas receptivas do progenitor feminino;
7. Preencher a ficha de avaliação (Tabela 9 ).
8. Determinar, em dias após o plantio (DAP), o período de florescimento (início e fim) de cada progenitor em cada época de plantio, preenchendo o Tabela 10;
9. Identificar, no período de florescimento, o DAP em que se registrou maior número de plantas do progenitor masculino liberando pólen e maior número de plantas do progenitor feminino receptivas. Inserir essa informação no Tabela 10;
10. Calcular, considerando as informações da Tabela 10, a diferença em dias na floração entre os progenitores. Para isso considerar o DAP em que se registrou maior número de plantas do progenitor masculino liberando pólen e maior número de plantas do progenitor feminino receptivas. Inserir essa informação no Tabela 10;
11. Definir, com base na diferença de floração entre os progenitores em cada época de plantio avaliada, o melhor split para o sincronismo de florescimento dos mesmos.

## Melhoramento Genético de Sorgo

A pesquisa de produção deve criar uma ficha de produção de cada parental, que permita identificá-los nos campos de produção para facilitar a fase de *rouging*. De posse da ficha, os técnicos serão capazes de reconhecê-los e identificar prováveis misturas ou plantas atípicas. Esta ficha deve conter o máximo de informações fenológicas e de comportamento, para auxiliar em todas as operações de campo.

A ficha de recomendação técnica de produção, apresentada abaixo, sintetiza todas estas informações e permitirá produzir com segurança o híbrido desenvolvido pela empresa e com isso garantir a performance do produto, o crescimento da empresa e sua sustentabilidade.

**Tabela 9.** Anotação de florescimento dos parentais do híbrido

Nome do híbrido: \_\_\_\_\_ Data do plantio: \_\_\_\_\_

LM-Linhagem mãe: \_\_\_\_\_ LP-Linhagem pai: \_\_\_\_\_

Data da avaliação	Dias após o plantio - DAP	LM	LP
		Número de plantas receptivas	Número de plantas liberando pólen

*Floração do progenitor masculino: momento em que houver o início da liberação de pólen pelas flores localizadas no terço central da panícula.*

*Floração do progenitor feminino: momento em que houver o início de receptividade das flores localizadas na parte central da panícula.*



## Melhoramento Genético de Sorgo

### Ficha Técnica de Linhagem Restauradora de Sorgo

Identificação da linhagem:



Crescimento Vegetativo



Panícula no florescimento



Flor restauradora

Características morfológicas	
Antocianina no coleótilo:	
Altura da planta (cm):	
Cor da lesão folha:	
Coloração da folha:	
Qualidade do colmo:	
Cor nervura central:	
Enraizamento:	

Panícula no florescimento	
Formato da panícula:	
Densidade da panícula:	
Coloração do estigma:	
Coloração da gluma:	
Volume de pólen:	
Blasting:	
Presença de arista:	

Panícula na maturidade	
Coloração do grão:	
Qualidade do grão:	
Cor da gluma:	
Cor da lesão:	
Ciclo (Graus-Dias):	
Peso 1.000 sementes (g):	
Peso hectolitro (kg):	



Panícula na maturidade



Cor da gluma

Ficha Técnica de Linhagem Macho-Estéril de Sorgo

Identificação da linhagem:	
----------------------------	--



Crescimento Vegetativo



Panicula estéril (A)



Flor estéril -  
Amarelo-clara

Características morfológicas	
Antocianina no coleótilo:	
Altura da planta (cm):	
Cor da lesão folha:	
Coloração da folha:	
Qualidade do colmo:	
Cor nervura central:	
Enraizamento:	

Panicula no florescimento	
Formato da panícula:	
Densidade da panícula:	
Coloração do estigma:	
Coloração da gluma:	
Volume de pólen:	
Blasting:	
Presença de arista:	

Panicula na maturidade	
Coloração do grão:	
Qualidade do grão:	
Cor da gluma:	
Cor da lesão:	
Ciclo (Graus-Dias):	
Peso 1.000 sementes (g):	
Peso hectolitro (kg):	



Panicula fértil (B) -  
Amarela



Cor da lesão

Fotos: Cícero Beserra Menezes

## Melhoramento Genético de Sorgo

### Exemplo de Recomendação Técnica de Produção de Sementes

Identificação dos parentais

**Híbrido:** BRS

Parentais	
Linhagem Fêmea A	Linhagem Macho R

Período recomendando para plantio

Altitude	Meses											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
< 600 m	Amarelo	Verde	Verde	Amarelo	Vermelho							
> 600 m	Vermelho											
Risco	baixo	médio	alto									

Proporção fêmea:macho e espaçamento

Proporção	Espaçamento (cm)		
	Fêmea:Fêmea	Fêmea:Macho	Macho:Macho
12:4	45 / 60	45 / 60	45 / 60

População de plantas por hectare

População ( x 1.000 plantas/ha)	
Fêmea	Macho
180 - 200	180 - 200

Rouging

Atípicas	Restauradora	Rouging			Nº de dias do plantio ao pólen	
		Atenção	Início	Grau de dificuldade	Fêmea	Macho
Retirar antes do florescimento	Retirar durante florescimento	Alta	Florescimento	Média	59 - 64	60 - 65

Split de plantio fêmea: macho

Época	Plantio		
	Fêmea	1º macho	2º macho
15/02	P*	P	7 DAP**
01/03	P	P	7 DAP
15/03	P	P	10 DAP
01/04	P	P	10 DAP

\* P : plantio; DAP\*\* : Dias após plantio

Colheita:

- Dessecar quando o grão de sorgo estiver com umidade entre 18% e 20%.
- Colher com 15% de umidade.

### Referências

- HEERWAARDEN, J. van; HUFFORD, M. B.; ROSS-IBARRA, J. Historical genomics of North American maize. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 31, p. 12420-12425, 2012.
- HOUSE, L. R. **A guide to sorghum breeding**. 2nd ed. Patancheru: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 1985.
- MENDES, S. M.; VIANA, P. A.; OLIVEIRA, I. R. de; MENEZES, C. B. de; WAQUIL, J. M.; TOMPSON, W. Problema no sorgo: pulgão-da-cana-de-açúcar. **A Granja**, ano 76, n. 854, p. 52-53, fev. 2020.
- MENEZES, C. B. de; SILVA, A. F. da; TARDIN, F. D. Sorgo safrinha. In: PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. (ed.). **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 293-308. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012. 522 p.

RODRIGUES, J. A. S.; MENEZES, C. B. de; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; TABOSA, J. N. Utilização do sorgo na nutrição animal. In: PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. (ed.). **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 229-246. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

SILVA, K. J.; PASTINA, M. M.; GUIMARÃES, C. T.; MAGALHÃES, J. V.; PIMENTEL, L. D.; SCHAFFERT, R. E.; PINTO, M. O.; SOUZA, V. F.; BERNARDINO, K. C.; SILVA, M. J.; BORÉM, A.; MENEZES, C. B. Genetic diversity and heterotic grouping of sorghum lines using SNP markers. **Scientia Agricola**, v. 78, n. 6, e20200039, 2021.

STEPHENS, J. C.; HOLLAND, P. F. Cytoplasmic male sterility for hybrid sorghum seed production. **Agronomy Journal**, v. 46, p. 20-23, 1954.

VENKATESWARAN, K.; ELANGO VAN, M.; SIVARAJ, N. Origin, domestication and diffusion of *Sorghum bicolor*. In: ARUNA, C.; VISARADA, K. B. R. S.; VENKATESH BHAT, B.; TONAPI, V. A. **Breeding sorghum for diverse end uses**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2019. p. 15-31.