

Capítulo 17

Tecnologia de produção de sementes de sorgo

*Crislene Vieira dos Santos
Pedro César de Oliveira Ribeiro
Karla Jorge da Silva
Cícero Beserra de Menezes*

Introdução

O sorgo apresenta multiplicidade de usos, e pode ser caracterizado como uma máquina energética, uma vez que é usado na produção de grãos, forragem, biomassa, etanol, biogás, vassoura, dentre outros. Essa gama de funcionalidades é dada principalmente pela diversidade genética encontrada na classe *Sorghum*. Na Figura 1 A, adaptada de Morris et al. (2013), pode-se observar a distribuição das raças e sub-raças, divididas em grandes regiões (Figura 1B). A maior proporção de diversidade é contida em regiões africanas, com certa predominância das sub-raças *caudatum-guinea*, *bicolor-caudatum*, *caudatum-durra*, *bicolor-durra* e das raças *guinea* e *durra* (Morris et al., 2013).

Toda essa diversidade apresentada pela cultura do sorgo indica aos melhoristas o ponto de partida de seus programas, que se iniciam com a escolha de genitores (linhagens) para compor os cruzamentos que darão origem à população de melhoramento. A escolha de populações e linhagens deve ser realizada com base em características de importância agronômica e na capacidade de combinação entre as linhagens. Assim, conhecer as fontes de variabilidade é a chave para realizar recombinações entre linhagens que resultem em descendentes potenciais. Por fim, todo o trabalho do melhoramento estará contido na semente, unidade básica que carrega consigo o material genético.

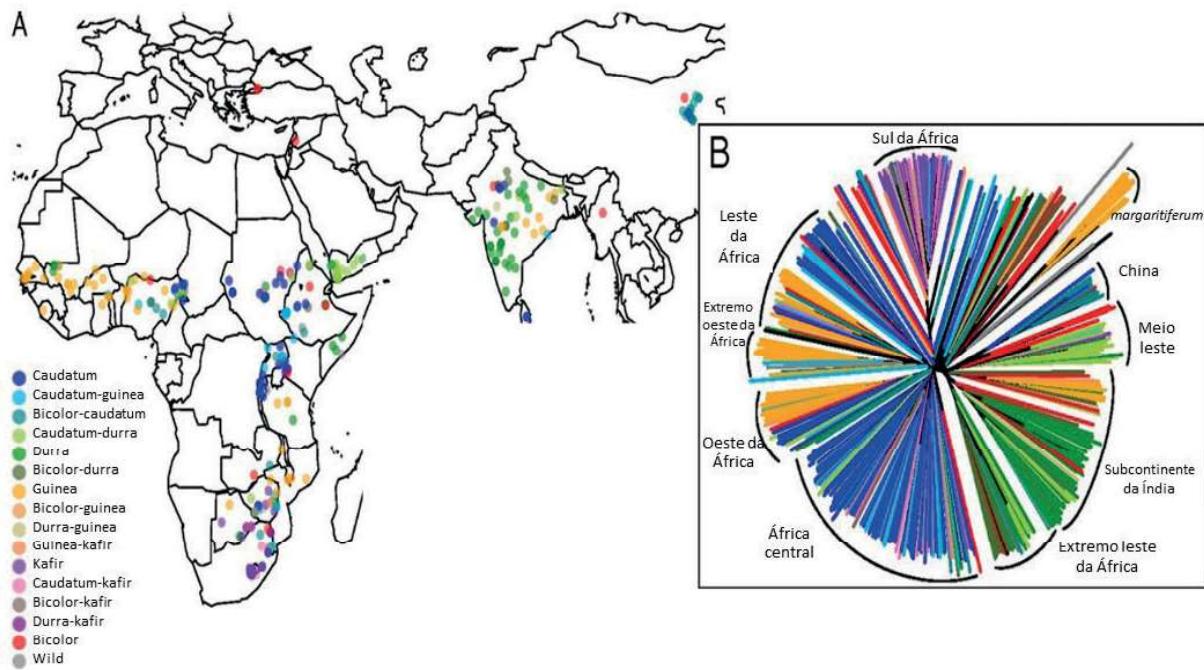


Figura 1. Mapa de diversidade genética A) das raças e sub-raças da classe *Sorghum*, e B) distribuição das classes em grandes regiões do mundo.

Fonte: Adaptado de Morris et al. (2013).

A semente é sem dúvida o insumo agrícola de maior valor agregado e menor custo, se comparado aos demais insumos utilizados na implementação das lavouras (Utino et al., 2014). E, assim como todas as atividades agrícolas, a produção de sementes também necessita de leis, normas, padrões de qualidade e fiscalização para seu desenvolvimento. A Lei de Sementes e Mudas e a Lei de Produção de Cultivares (LPC) (Brasil 2003) são as principais leis regulamentadoras das diretrizes de produção de sementes.

Os cuidados com a produção de sementes de sorgo vão desde estabelecimento de campos de produção, planejamento, escolha da categoria da semente, escolha da área, escolha de cultivar, época de semeadura, preparo do solo, manejo da cultura com tratos, irrigação, passando por isolamento adequado dos campos isolados, até o *roguing* (controle de sorgo selvagem e tigueras na lavoura), dentre outros (Androcióli, 2014). Contudo, Ribas (2000) relata que estas práticas de regulamentação na cultura do sorgo só foram adotadas no final dos anos 60, com a ampliação da produção e distribuição de sementes melhoradas.

A partir de 1970, a produção de sorgo se expandiu no Sul do País, por

meio da introdução dos híbridos "anões", recém-lançados na Argentina. A utilização deste germoplasma em sorgo foi proposta para facilitar o processo de produção e colheita de sementes híbridas em campos sementeiros, uma vez que as plantas apresentavam porte em torno de 120 cm, diminuindo, assim, as perdas na colheita por acamamento de plantas, que era um dos principais fatores de prejuízos na produção (Packer; Rooney, 2014). Até então, os estados sulistas obtinham a liderança da produção de sementes e grãos de sorgo, como maiores produtores e consumidores, chegando a uma área de 25 mil hectares, o que representava aproximadamente 30% da área total de cultivo de sorgo no Brasil (Ribas, 2000). Este crescimento e expansão das áreas de cultivo de sorgo estimularam as pesquisas visando à produção de sementes genéticas, certificadas de acordo com os requisitos normativos do Ministério da Agricultura (Brasil, 2005).

Atualmente, o Centro-Oeste e Sudeste do Brasil têm ganhado ênfase na produção nacional de grãos, representados principalmente pelos estados de Goiás e Minas Gerais, respectivamente. Goiás assumiu destaque no mercado produtor, com estimativa de 710 mil toneladas de grãos, em 229 mil hectares. E, segundo a projeção de julho de 2020, a Conab estima para o Brasil um total de 808,7 mil hectares de sorgo, o que representa uma área de produção quase 20 vezes maior do que a 50 anos atrás (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2020). Este incremento se deu em grande parte pela aposta no potencial do sorgo, que foi melhorado geneticamente, e também em termos de condução nos campos de produção de semente, o que elevou os padrões de qualidade, vigor e pureza das sementes.

Aspectos Culturais do Sorgo

Antes de realizar a implantação de campos de sementes ou quaisquer outros sistemas de produção, mesmo em pequenas áreas, é fundamental que o produtor conheça a espécie com a qual vai trabalhar. Essa sequência de eventos torna o manejo da cultura mais efetivo e assertivo. E isso envolve o conhecimento desde o preparo das sementes, preparo da área, semeadura correta, conduções com apoio de pessoal qualificado, até a colheita no momento ideal e o beneficiamento das sementes.

Sementes

Para conhecer melhor os aspectos fitotécnicos do sorgo é preciso começar pela semente. As sementes do sorgo possuem em média 4 mm de comprimento, menos de 2 mm de diâmetro, e apresentam três estruturas básicas, sendo elas o tegumento, o endosperma e o embrião (Figura 2). O tegumento é o envoltório protetor da semente, que tem sua resistência associada ao pericarpo, que se apresenta numa camada mais interna. Em uma camada ainda mais interna, fica o endosperma, um tecido de armazenamento de nutrientes, com função de reserva energética para a semente. No perímetro inferior direito, fica o eixo embrionário, responsável pelo estímulo de germinação da semente, onde se encontra a radícula que origina as raízes da planta.

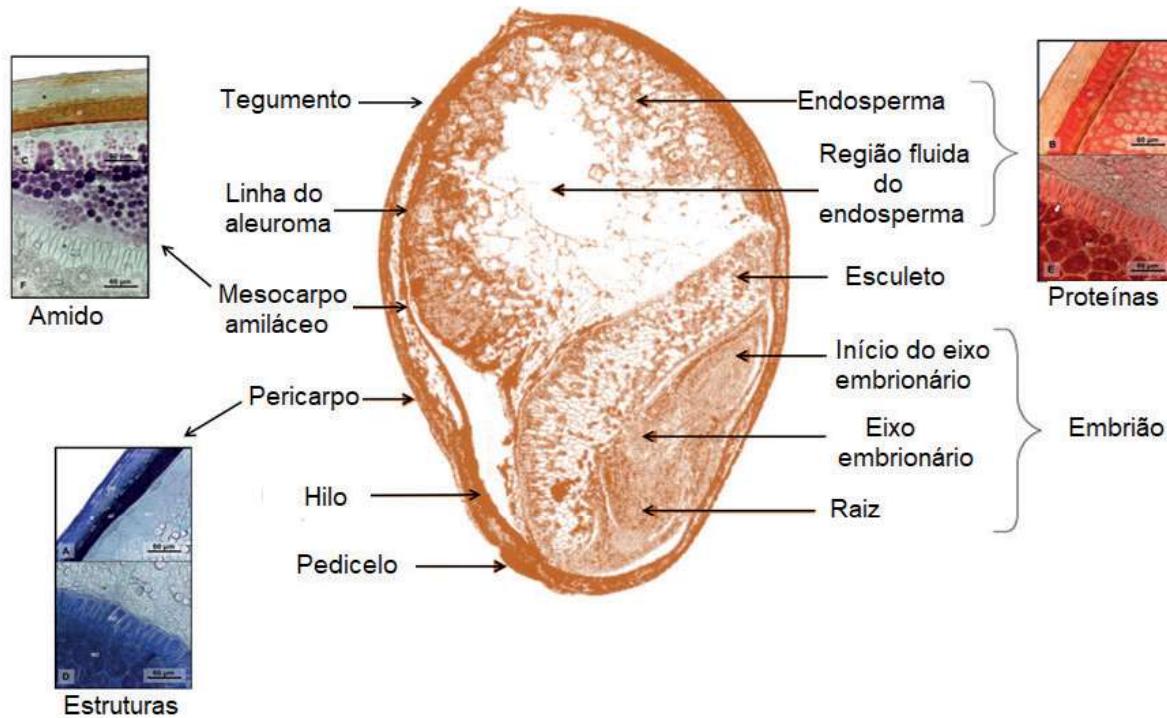


Figura 2. Corte horizontal da semente de sorgo, e observação em microscópio eletrônico.

Basicamente a semente de sorgo é constituída por massa seca (88%) e água (12%). A maior proporção, admitida como massa seca, é composta por amido e proteínas, que se encontram no endosperma e na porção mais periférica da semente (tegumento ou testa). As sementes de sorgo apresentam em torno de 55% a 75% de amido (Queiroz et al., 2014), 11% de proteínas brutas (United States, 2017), de 2% a 6% de fibras, entre 0,5% e 5,2% de

Foto: Afonso Júnior.

lipídeos (Awika; Rooney, 2004) e 1,46% de resíduo mineral, representados por fósforo, magnésio, potássio e cálcio, principalmente (United States, 2017).

As sementes possuem formato oval, parcialmente arredondado, e admitem uma diversidade de coloração do tegumento (Figura 3), que varia numa escala de tons que vai do branco, amarelo, vermelho, marrom ao preto, como representado na Figura 3.



Foto: Luciane Torres.

Figura 3. Diversidade de colorações do tegumento de sementes de sorgo.

Flores Monoicas

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] possui flor completa, com gineceu (estigma + estilete) e androceu (antera + filete) na mesma flor, o que auxilia no tipo de reprodução mista, caracterizada pela taxa de fecundação cruzada superior a 10%, que varia dependendo das condições climáticas (Borém et al., 2014).

Uma flor de sorgo é composta por três espiguetas, sendo duas pediceladas (estéreis) e uma séssil (fértil) (Figura 4). Quando ocorre a abertura da espigueta séssil, os grãos de pólen liberados pela antera entram pelo estigma, também chamado de tubo polínico, chegando ao ovário. O ovário é o receptáculo para a fecundação e formação das sementes. As sementes formadas são envoltas pela lema, que é interna à gluma II, e pela palea, envolta pela gluma I (Schaffert; Rodrigues, 2014) (Figura 4).

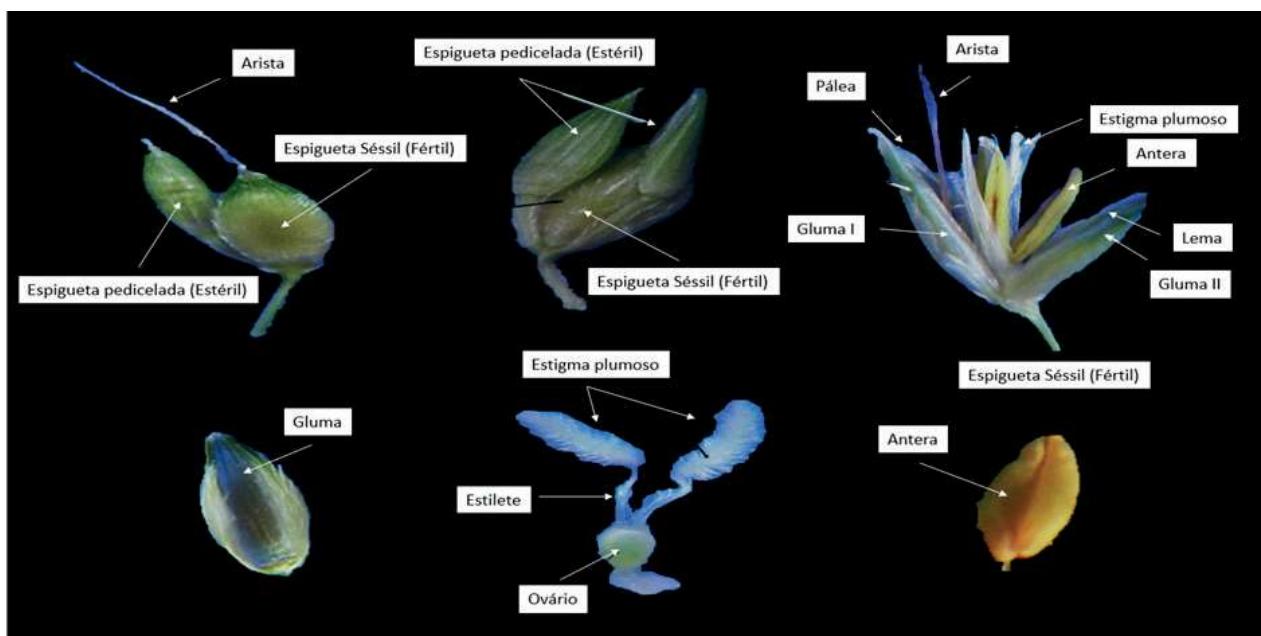


Figura 4. Estruturas florais da inflorescência do sorgo.

Para realizar o cruzamento entre linhagens, a fim de produzir híbridos, tem-se utilizado a macho-esterilidade citoplasmática, que será mais detalhada em outro capítulo deste livro, ou a emasculação das linhagens a serem utilizadas como fêmeas. A emasculação se trata da remoção manual da antera, o que é bastante trabalhoso, e necessita de mão de obra especializada e conhecimento das etapas do florescimento, para o sucesso da operação (Figura 5). Dessa forma, a macho-esterilidade se torna vantajosa para a multiplicação de sementes em campo, uma vez que facilita os cruzamentos e possibilita a produção de sementes em maior escala e com menos dispêndio de mão de obra e tempo.

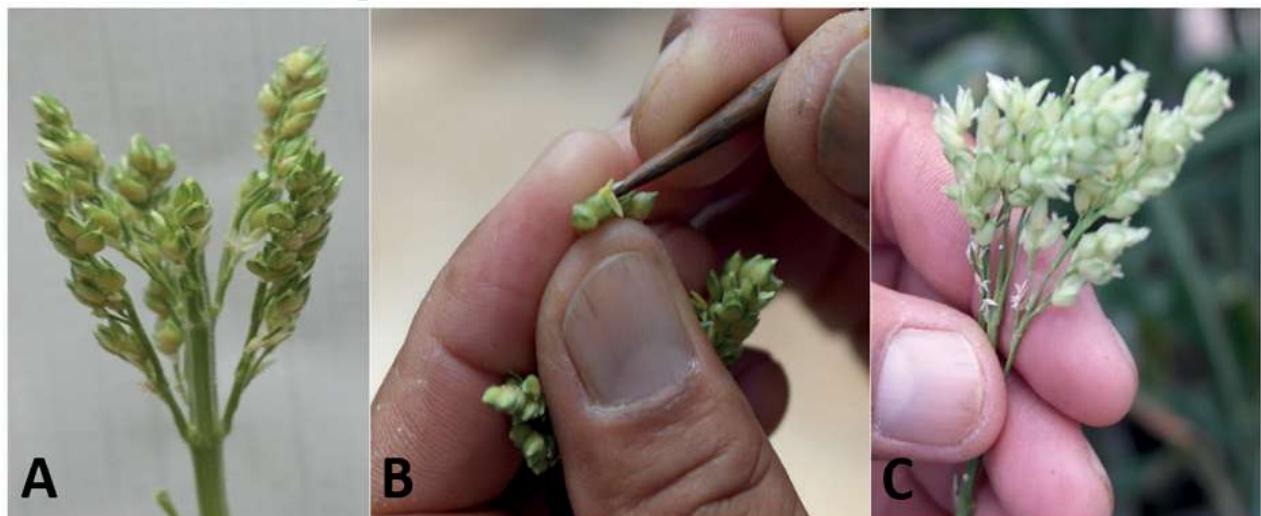


Figura 5. Procedimento de emasculação (retirada da antera) da flor de sorgo. Panícula pronta para emasculação (A); retirada das anteras (B); panícula emasculada e pronta para futuros cruzamentos (C).

Foto: Luciane Torres.

Fotos: Ruane Silva.

Estrutura da Planta

A estrutura da planta de sorgo é típica e possibilita a distinção da cultura, como segue no esquema abaixo (Figura 6). A inflorescência, estrutura que comporta toda a formação floral, em sorgo é chamada de panícula. A panícula por sua vez, apresenta uma estrutura central chamada de raquis, que possui ramificações primárias e secundárias. Essas ramificações secundárias terminais comportam os racemos de espiguetas, onde as flores se desenvolvem (Schaffert; Rodrigues, 2014).

As folhas são dispostas em filotaxia oposta nos caules, e são constituídas por bainha, uma nervura central, e linhas finas, paralelas à nervura principal. Na intercessão foliar com o caule se encontram a lígula e a aurícula (formando o colar). O coleóptilo se encontra na base da planta, e abaixo dele se inicia o sistema radicular.

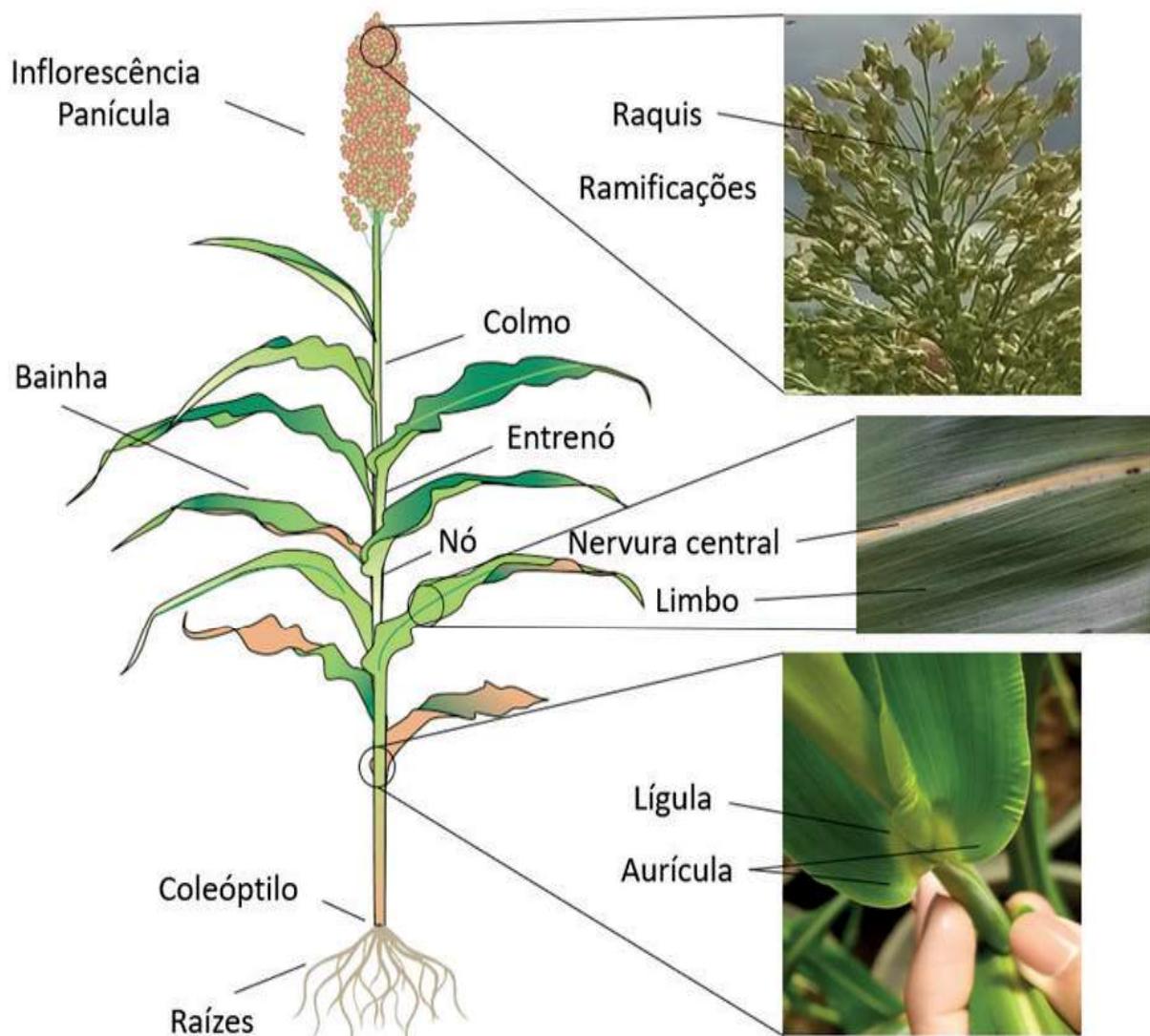
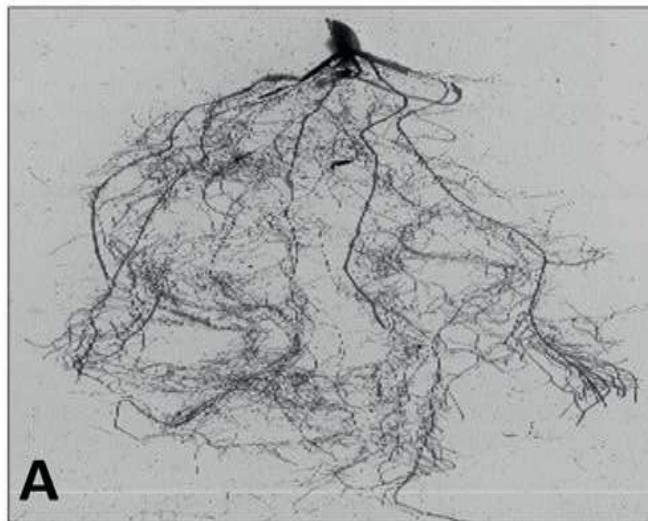


Figura 6. Esquema da planta completa de sorgo e descrição das partes vegetativas.

Sistema Radicular

O sistema radicular do sorgo é formado por raízes primárias ou seminais, secundárias e adventícias. Basicamente as raízes primárias aparecem inicialmente e em seguida dão lugar às raízes secundárias. Essas se tornam raízes principais, com diversas ramificações, e se desenvolvem em volume e profundidade (Figura 7 A). Em geral, o surgimento das raízes adventícias está associado a algum tipo de estresse, como déficit ou excesso de água, por exemplo, em que a planta emite suas raízes em busca de oxigênio. Porém, em alguns genótipos de maior porte, as raízes adventícias surgem como estrutura de sustentação, sendo pouco eficientes para auxiliar na absorção de nutrientes (Figura 7 B) (Magalhães et al., 2003).

Fotos: Marcos Mingote-Júlio, 2019(A).



A



B

Fotos: Isadora Oliveira, 2020 (B).

Figura 7. Raízes principais em estágio E1, e raízes adventícias em planta de sorgo, com função de sustentação.

O sistema radicular do sorgo atinge profundidades que variam de 1,5 m a 2,0 m, sendo que aproximadamente 80% desse volume radicular encontram-se nos primeiros 60 cm. O sistema radicular do sorgo é considerado bastante eficiente em adquirir água e nutrientes do solo. Contudo, tanto o crescimento radicular quanto o desenvolvimento das plantas podem ser considerados como processos de alta plasticidade fenotípica, o que significa que os componentes genéticos que expressam essas características são bastante influenciados por fatores ambientais (Parra-Londono et al., 2018). Isso ocorre, principalmente, no caso de características associadas ao desenvolvimento radicular, que ainda são pouco exploradas, comparado aos estudos de partes aéreas. Isto acontece porque a interação solo x planta compreende um grande número de associações que podem moldar morfologicamente uma raiz, ao ponto de

torná-la mais ou menos eficiente na aquisição de nutrientes.

O sorgo, por sua vez, apresenta alta variabilidade em relação à morfologia radicular, que pode, por exemplo, estar relacionada à eficiência na aquisição e utilização de fósforo. Bernardino (2014), por exemplo, conseguiu associar a eficiência de aquisição de fósforo com produção de grãos mesmo em condições de baixa disponibilidade do nutriente, o que mostra o potencial da cultura na absorção de diferentes nutrientes. Além disso, vale ressaltar que o sistema radicular é o primeiro órgão sensível à falta de água, que pode se converter em estresse hídrico, e a estresses abióticos, como subfertilização, alta concentração de alumínio no solo, baixa disponibilidade de fósforo, dentre outros.

Síntese de Híbridos de Sorgo

O sistema de tecnologia de produção é constituído por etapas que se iniciam com o melhoramento genético, e vão até a produção comercial. Com isso, a multiplicação das sementes de sorgo é essencial para manutenção do estoque de sementes genéticas e de sementes básicas, a fim de atender a demanda da produção comercial dos híbridos. Mas, antes de se explorar mais as fases de produção de sementes, é necessário primeiro entender sobre a fenologia e o tipo de reprodução da espécie *Sorghum bicolor*, para que este conhecimento direcione a compreensão das outras etapas.

No início dos programas de melhoramento era muito mais comum a utilização de linhagens ou variedades, até a descoberta da esterilidade masculina, na década de 1950 (Smith; Frederiksen, 2000). O primeiro sistema CMS (*Cytoplasmic Male Sterility*) foi encontrado no núcleo citoplasmático da raça *kafir* (Reddy et al., 2005), que ainda hoje é o principal germoplasma utilizado como fonte de esterilidade masculina para a produção de híbridos comerciais.

O processo de multiplicação de sementes genéticas de sorgo é dividido em dois pools genéticos, representados pelo grupo (A-B) e o grupo R. Primeiramente visa-se o desenvolvimento de linhagens (A-B), e, simultaneamente, ocorre o melhoramento das linhagens R. Com isso, é possível proteger a tecnologia gerada (sementes híbridas), através do Registro Nacional de Cultivares (RNC) e explorar a heterose ou "vigor híbrido" (Brasil, 2017).

Para a obtenção dos híbridos de sorgo são necessárias três linhagens (Figura 8), sendo elas as linhagens A (Macho-estéril), B (Mantenedora)

e R (Restauradora). As linhagens A e B são isogênicas, ou seja, são idênticas em quase todos os seus alelos, se diferenciando em poucos locus. Particularmente neste caso, a principal diferença entre tais linhagens é a fertilidade, determinada pelo citoplasma. Isto é, a linhagem A apresenta genes nucleares *rfrf*, com citoplasma e fenótipo estéril, e a linhagem B também apresenta genes nucleares recessivos (*rfrf*), mas com citoplasma e fenótipo fértil. A linhagem A é aquela que deve ser utilizada como parental feminino, por não apresentar produção de pólen, em razão dessa herança genéticode-citoplasmática. Contudo, a linhagem B, apesar de apresentar citoplasma normal, portanto, com produção de pólen, não tem capacidade de restaurar a fertilidade da linhagem A, para a produção de sementes. A linhagem B é utilizada basicamente no processo de multiplicação da linhagem A (Ribeiro et al., 2020; Oliveira et al., 2019). Com isso, é preciso雇用 a linhagem R (*RfRf*), que é utilizada como parental masculino, para restaurar a fertilidade da linhagem A, e assim obtermos a produção de sementes híbridas férteis.

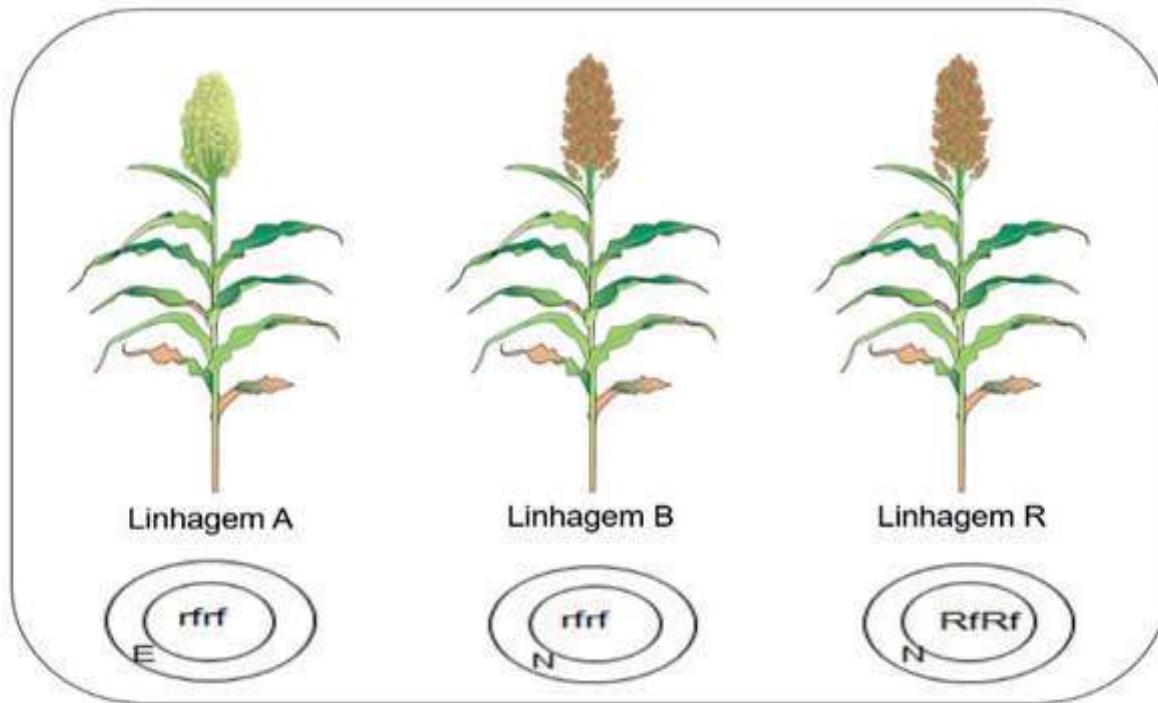


Figura 8. Gene nuclear recessivo (*rfrf*) das linhagens A e B, e gene nuclear dominante da linhagem R (*RfRf*) capaz de restaurar a fertilidade.

Para isso, atualmente têm sido utilizadas linhagens A, macho-estéreis, conduzidas como parentais femininos, que são cruzadas com linhagens R, parentais masculinos, capazes de restaurar essa fertilidade para a produção de sementes. Os fenótipos de esterilidade e fertilidade podem ser vistos na Figura 9, que apresenta as estruturas reprodutivas das flores.



Foto: Cícero Beserra de Menezes

Figura 9. Estruturas reprodutivas da planta de macho-fértil (esquerda) com anteras produzindo pólen, e planta macho-estéril (direita), com anteras finas, sem produção de pólen.

Pesquisa de Produção de Híbridos

O objetivo principal da pesquisa de produção é determinar a producibilidade de cada cultivar, reunindo o maior número de informações técnicas possíveis a respeito da viabilidade da produção comercial dos híbridos. Para isso é preciso conhecer o comportamento de cada linhagem, que dará origem ao híbrido, em diferentes locais e épocas de cultivo. Nesta fase são feitos testes de split (coincidência de florescimento) entre os parentais para que ocorra o florescimento juntos de ambas as linhagens.

Escolha da Região

Neste tópico serão abordados aspectos que devem ser atentados antes do estabelecimento dos campos de produção. Um ponto crucial é a escolha das áreas mais adequadas para a produção de sementes de sorgo (Figura 10). A escolha desses locais é tão importante que um erro pode interferir na quantidade, qualidade e sanidade das sementes. É importante que na região não chova após a maturação fisiológica das sementes. Para tanto, produtores plantam mais tarde do que a cultura de grãos e suplementam com irrigação no enchimento de grãos, para que a colheita ocorra em época seca.

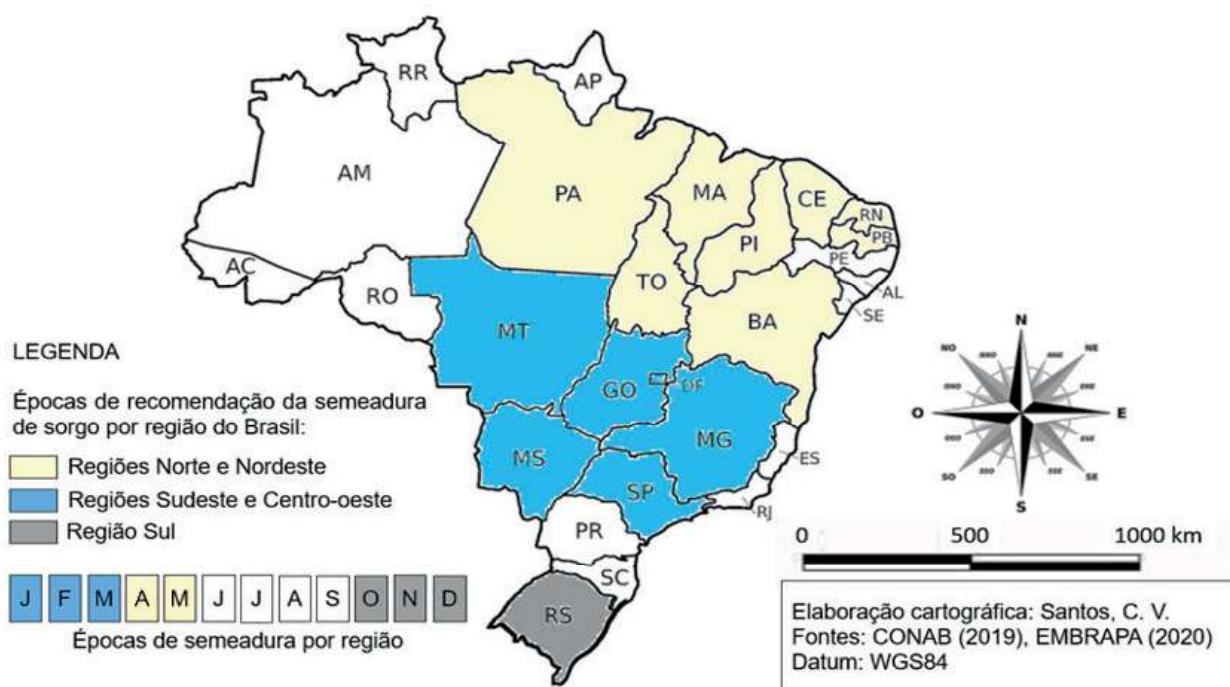


Figura 10. Épocas de semeadura do sorgo nas diferentes regiões produtoras de semente.

Implantação dos Ensaios *Split*

Antes da instalação dos campos de produção de sementes, também chamados de campos isolados, são montados os ensaios *Split*s. Estes ensaios são fundamentais para conhecer a coincidência nos padrões de florescimento entre as linhagens A (fêmea) e R (macho), além de avaliar outras características fitotécnicas das linhagens. Os ensaios *Split* são estabelecidos preferencialmente na região de cultivo dos futuros campos isolados. Quando isso não é possível é importante avaliar estes ensaios em locais com condições edafoclimáticas semelhantes, ou seja, altitude, temperatura, umidade relativa e padrões de fertilidade do solo. Além disso, deve-se respeitar a recomendação de época de plantio para cada local.

As parcelas experimentais devem ser compostas por quatro linhas, com 5 m ou mais, com duas bordaduras. Quanto às épocas de semeadura é importante respeitar o intervalo de 15 dias entre cada material dentro da parcela, dependendo do ciclo de cada um dos parentais masculinos avaliados. Esse intervalo pode ser de 0, 5, 10 e 15 dias, sendo o parental mais tardio semeado no dia 0, e o mais precoce, no dia 10 ou 15. É importante que o responsável pelas avaliações do campo de *Split* tenha sempre as anotações de ciclo de cada linhagem, a fim de realizar essa semeadura de forma a

coincidir as épocas de florescimento entre linhagens A e R. Essa avaliação será essencial para recomendar o *Split* mais eficiente para a produção do híbrido desejado. Com isso, os parentais femininos podem ser semeados com 5 ou 10 dias a mais, como mostrado no croqui abaixo (Figura 11), da primeira data de plantio das linhagens macho.

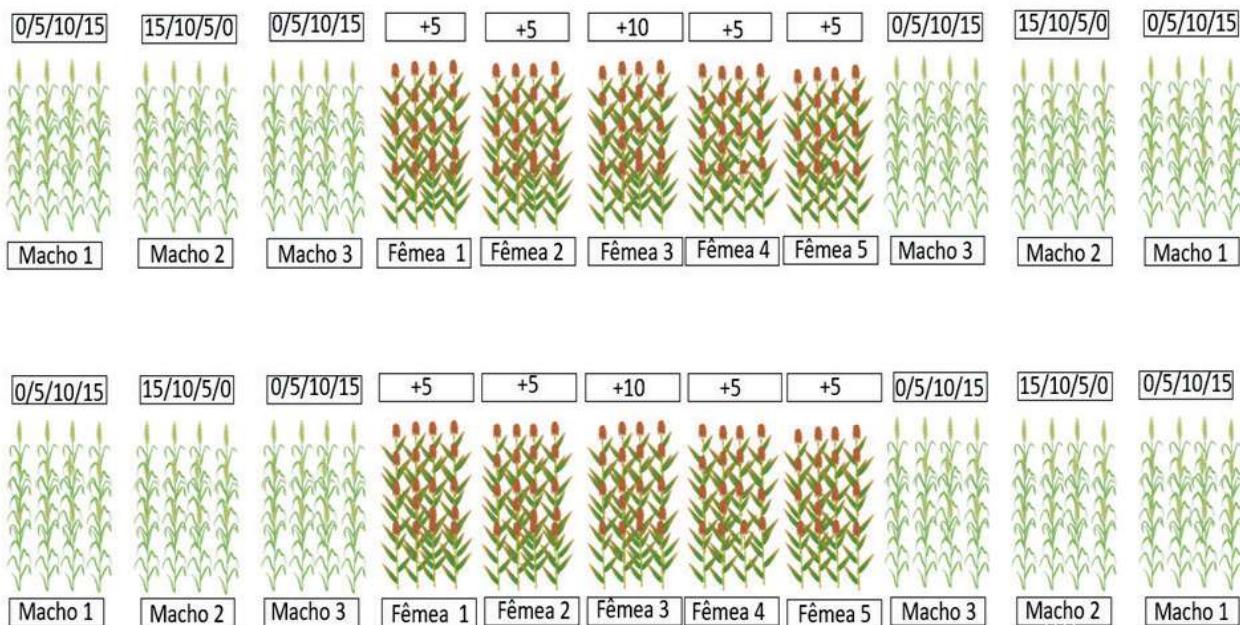


Figura 11. Montagem de croqui para ensaio de *Split*, com diferentes datas de semeadura de machos e fêmeas para avaliação de coincidência de florescimento. Fonte: Adaptado de Androcióli (2014).

Nos estudos preliminares para produção de sementes devem ser coletados diversos dados de campo que irão determinar o sucesso da produção. Algumas das avaliações realizadas são:

A) Tempo e volume de produção de pólen pelo parental masculino

As linhagens de sorgo, em geral, apresentam um intervalo de produção de pólen viável que varia entre 7 e 15 dias. Essa variação depende em grande parte das condições climáticas, como temperatura e umidade, que podem ampliar ou minimizar o tempo de viabilidade dos grãos de pólen. De forma geral, a temperatura ótima média para condução dos campos isolados é de 20 °C, com mínima de 16 °C e máxima de 38 °C (Menezes et al., 2015). O pólen do sorgo é altamente funcional por cerca de 30 min após a deiscência das anteras, mas sua longevidade é limitada a duas a quatro horas. Uma vez que o pólen viável atinge o estigma receptivo, ele germina, e a fertilização ocorre em 2 horas, geralmente ao amanhecer, quando as temperaturas estão

baixas (Schaffert; Rodrigues, 2014).

No momento da reprodução é quando as plantas de sorgo precisam de mais água para conseguirem dividir seus gastos energéticos entre o crescimento vegetativo e reprodutivo de maneira simultânea. Dessa forma, este estádio de desenvolvimento é o mais comprometido quando coincide com longos períodos de estiagem e/ou altas temperaturas (Menezes et al., 2015).

B) Tempo de abertura floral dos parentais femininos

Basicamente, a abertura floral necessita de um intervalo de temperatura de 15°C a 22°C, que ocorre nas primeiras horas do dia. Contudo, suporta temperaturas mais amenas, desde que estas não estejam combinadas às altas umidades relativas. Isto porque alguns fungos, como *Claviceps africana*, agente causal da doença do ergot, se desenvolvem preferencialmente nessas condições. E, neste caso, a formação de conídios e esclerócios é maximizada pela interação patógeno x ambiente. O que leva à menor produção de grãos (Cisneros-López et al., 2010).

A floração dura normalmente uma semana, mas pode variar de 2 a 15 dias. Os estigmas são receptivos por 48 horas antes da antese e podem permanecer receptivos por 5 a 16 dias dependendo da cultivar (Schaffert; Rodrigues, 2014).

C) Coincidência da antese entre as linhagens

Para obter esta informação é preciso acompanhar a lavoura, marcando o número de dias desde a data de semeadura até a antese da linhagem A (macho estéril), que em campos isolados são responsáveis por receber o pólen e produzir as sementes. A linhagem R (restauradora) é responsável por fornecer o pólen nos campos isolados de produção de híbridos. Estes dados vão auxiliar os melhoristas a escalonar os plantios entre as linhagens, a fim de coincidir o período de florescimento entre estas, formando os *Splits* de plantios, técnica que maximiza a coincidência entre a receptividade das flores e a disponibilidade de pólen.

D) Obtenção de rendimento e qualidade de sementes

Um pré-requisito para as linhagens A (fêmeas) é que estas sejam excelentes produtoras de sementes. Este parâmetro é fundamental para compreender a viabilidade da utilização deste genitor, estando este fator

ligado ao custo de produção de sementes híbridas que serão comercializadas. Além disso, os genitores femininos podem apresentar sementes de qualidade e aspectos do grão que podem favorecer ou reduzir o custo de produção das sementes híbridas.

E) Avaliação de incidência de doenças foliares

Também é importante realizar a avaliação de doenças foliares como antracnose (*Colletotrichum sublineolum*), helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), cercosporiose (*Cercospora sorghi*) e ferrugem (*Puccinia purpurea*). Essas doenças são as mais comuns encontradas em sorgo, e para reduzir os danos econômicos para o sistema de produção devem ser selecionados genótipos resistentes.

F) Avaliação de incidência de pragas

É importante fazer o monitoramento de pragas, que podem estar presentes nas regiões de cultivo. Algumas das pragas que mais afetam os campos de produção são corós, brocas-do-colmo, lagarta-elasmo (*Elasmopalpus lignosellus*), broca-da-cana-de-açúcar (*Diatrea sp.*), pulgão-verde (*Schizaphis graminum*), pulgão-do-milho (*Rhopalosiphum maidis*), lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), lagarta-da-espiga-do-milho (*Helicoverpa zea*) e percevejo-verde (*Nezara viridula*).

Quando se trata de controle de pragas é essencial lembrar que os métodos de controle sempre devem ser integrados com boas práticas culturais, e com controle no momento certo, com o intuito de reduzir a população de pragas ao nível de não dano econômico. Para isso, o monitoramento das lavouras deve ser realizado constantemente, possibilitando indicar o melhor momento de realizar o controle, seja biológico ou químico.

G) Observação da incidência de doenças de panícula

As doenças que atacam as panículas promovem quedas significativas na produção final dos campos de produção de sementes. Na Figura 12, pode-se observar o grão de pólen de sorgo, exposto à luz Ultravioleta (UV) quando ocorre a polinização e a inoculação de *Claviceps africana*, que entra pelo tubo polínico. Dezoito horas após a inoculação, ocorre a rápida multiplicação dos macroconídios (m) e microconídios (mc) em volta do grão de pólen (gp) (Figura 12 A). Em torno de 48 horas após a inoculação, ocorre o crescimento das hifas de *C. africana* e formação do tubo germinativo (gt) (Figura 12 B). Em poucas horas a colonização está completa, com as hifas penetrando

totalmente o grão de pólen (Figura 12 C).

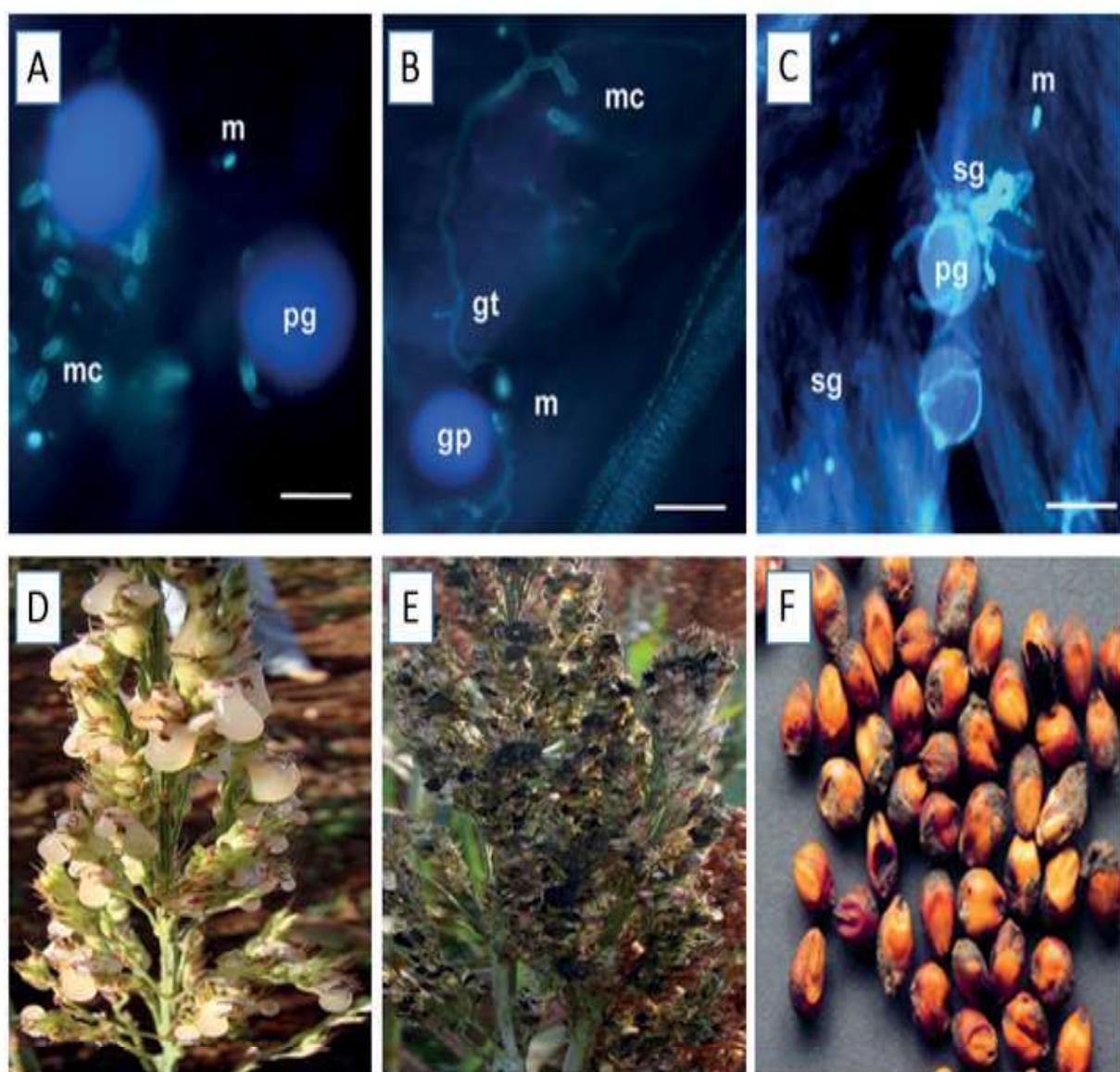


Figura 13. Multiplicação de macro (m) e microconídeos (mc) de *Claviceps africana* (A), desenvolvimento de hifas (B) e colonização dos grãos de pólen (C), e os sintomas de mela nas panículas (D - E), e sementes (F); macroconídeos (m); microconídeos (mc); grão de pólen (gp); tubo germinativo (gt); estigma (sg).

Fonte: Adaptado de Cisneros-López et al. (2010).

Os conídios do fungo se multiplicam rapidamente através de suas hifas, e são capazes de infectar toda a panícula. A planta, “entende” a infecção como uma "fecundação" e continua mandando seiva do xilema para suprir o crescimento da semente. O fungo se alimenta da seixa do xilema e produz um subproduto açucarado, que preenche o receptáculo onde estaria a semente (Figura 12 D). Com isso, essa "mela" se espalha por toda a panícula, e mesmo aquelas flores devidamente polinizadas são cobertas (Figura 12 E).

Além de gerar o prejuízo pelas flores não fecundadas, e redução da produção de sementes, ocorre a perda na qualidade das poucas sementes produzidas (Figura 12 F).

H) Verificação da densidade de plantas e população ideal de plantas

A recomendação de densidade populacional em lavouras de sorgo granífero é de aproximadamente 200.000 plantas por hectares, obtidas pelo estande de 10 plantas por metro linear, em espaçamentos de 0,5 m entre linhas (Borém et al., 2014). Contudo, esta densidade pode variar de acordo com as condições edafoclimáticas do local de cultivo, composição de solos (mais argilosos ou arenosos), e material genético implantado. Assim, é importante reavaliar o arranjo de plantas, com base nessas condições.

I) Proporção de plantio dos parentais (fêmea/macho)

A proporção de plantio entre linhagens A e linhagens R é variável, já que cada linhagem R (macho) tende a apresentar uma capacidade de produção de pólen. Com isso, essa avaliação é fundamental na hora da montagem dos experimentos em campo, para que as linhas de parental masculino sejam capazes de produzir pólen suficiente para fecundar as linhas de parentais femininos. A proporção mais usada é 12 linhas da fêmea para quatro linhas do macho polinizador. Em média, cada quilograma de semente básica pode atingir produções superiores a 200 quilogramas de sementes certificadas (Androcioli, 2014).

Plantio e Condução do Campo de Semente

Esquema de Campo Isolado

O esquema abaixo representa um croqui reduzido de um campo isolado 4:2, ou seja, quatro linhas de fêmea para duas linhas de macho, para a produção de sementes de sorgo (Figura 13). Esta proporção de número de fileiras de linhagem A e linhagem R pode ser modificada de acordo com as avaliações e os resultados dos ensaios *Split*, quando é observada a capacidade de produção e dispersão de pólen pela linhagem R (macho). Alguns esquemas utilizados também são 6:3, e às vezes com duas épocas de semeadura para as linhagens de macho, nos dias 0 (no mesmo dia da fêmea) e 14 (dias após a semeadura da fêmea) a fim de coincidir os períodos de florescimento com a linhagem A. Na Figura 14, o comprimento de fileiras é de 5 m (mínimo exigido) e são acrescidas bordaduras, constituídas pela mesma linhagem

Melhoramento Genético de Sorgo

R utilizada como parental masculino. A densidade de semeadura é de 10 plantas por metro, para evitar competição por água e nutrientes, o mesmo recomendado na lavoura comercial.

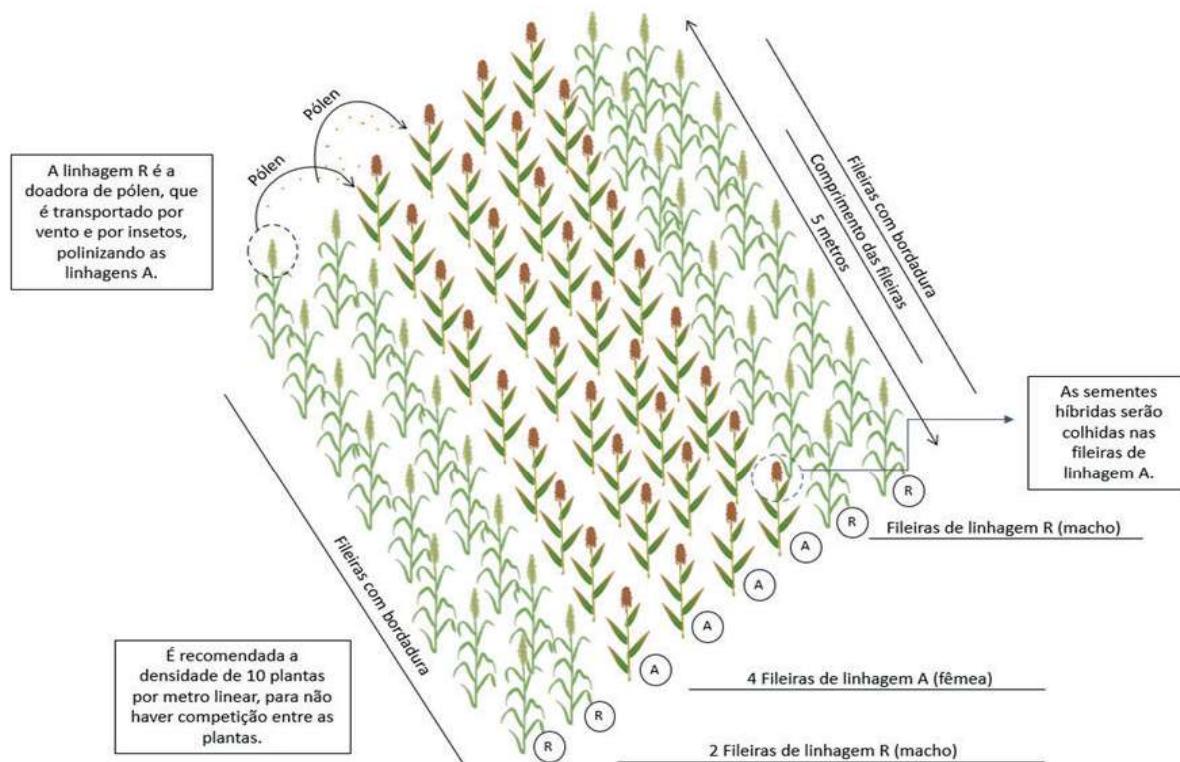


Figura 13. Campo isolado para produção de sementes do híbrido de sorgo.

O isolamento de um campo de produção de sementes pode ser feito através de distância ou por diferença entre datas de plantio. Existem normas de isolamento estabelecidas pelo Ministério da Agricultura (Tabela 1).

Tabela 1. Padrões de isolamento (m) para produção de sementes de sorgo granífero e forrageiro (Instrução Normativa nº 25, de 16 de dezembro de 2005, do Ministério da Agricultura e Abastecimento).

Parâmetros	Isolamento (m)
	Sementes básicas e certificadas
Cultivares de mesmo grupo	300
Cultivares de grupos diferentes	600
Capim Sudão (<i>Sorghum sudanense</i> L.)	1.500
Capim Massambará (<i>Sorghum halepense</i> L.)	1.500
Capim de Boi (<i>Sorghum verticiliflorum</i>)	1.500

Vale lembrar que o prazo máximo de inscrição de campo de produção de sementes no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento é de até 30 dias após o plantio.

Semeadura do Campo

Antes de realizar a semeadura é preciso definir o sistema de produção da área, ou seja, se o campo será conduzido sob plantio convencional ou sob sistema de plantio direto. O sistema de plantio direto já tem sido bastante empregado tanto em lavouras comerciais quanto em campos de produção de sementes de sorgo, aproveitando a palhada e nutrientes da cultura antecessora. No entanto, na implantação dos campos isolados neste sistema deve-se atentar para os produtos (herbicidas) aplicados na cultura anterior, que podem resultar em fitotoxicidade nas plantas de sorgo. Sabe-se que não existem muitos herbicidas registrados que sejam seletivos para sorgo, e com isso, até mesmo os herbicidas utilizados em pré-emergência da cultura apresentam certos níveis de fitotoxicidade que podem interferir drasticamente na germinação, no crescimento, no desenvolvimento e até na produtividade do sorgo.

Além da preocupação com a área de plantio, outro aspecto fundamental que deve ser avaliado antes da semeadura são as taxas de germinação e vigor das sementes das linhagens, que devem estar sempre acima de 85%, para garantir o estande inicial de plantas. Depois dessas etapas, a próxima fase é o preparo e adubação do solo.

A profundidade de plantio varia entre 3 e 5 cm, dependendo do tipo de solo da região. Solos mais argilosos possuem mais resistência para a emergência da semente, e com isso a recomendação pode variar, comparando-se com solos mais arenosos, em que a resistência é menor. Em geral, a emergência das plântulas ocorre entre cinco e sete dias após a semeadura (DAS), quando em condições ótimas de temperatura, que variam de 20 °C a 35 °C.

Adubação

A adubação química do solo deve ser realizada mediante a interpretação da análise química, e com base nela serão recomendadas formulação e quantidade de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) e micronutrientes (Zn, B, Cu, Mo, Co, Mn) demandados para suprir a necessidade nutricional das

plantas durante seu ciclo.

A análise química e física do solo deve ser feita entre o intervalo de implantação de uma espécie e de outra, e com base na sua interpretação, a recomendação pode ser procedida. Contudo, ainda é recomendada a adubação de cobertura aos 30 dias após a semeadura com uma dose de nitrogênio ou nitrogênio + potássio. Estes nutrientes são bastante lixiviados por irrigação ou volatilização, e por isso é importante parcelar as aplicações em doses, para minimizar as perdas.

Tratamento de Sementes

O tratamento de sementes básicas e genéticas é realizado para proteção das sementes desde o armazenamento até o momento de semeadura. Este tratamento é realizado na Unidade Básica de Sementes (UBS), com o uso de fungicidas e inseticidas para a proteção de pragas que se alimentam do endosperma e embrião das sementes, como carunchos. Dentre estes produtos também são necessários agentes de proteção da semente contra pragas de solo. Para estes últimos é realizada uma nova aplicação de reforço para controle do ataque de insetos mastigadores (insetos da ordem coleóptera) e sugadores (percevejos, cigarrinhas) e tripes (que raspam as folhas).

Controle de Plantas Daninhas

Atualmente existem poucos produtos herbicidas seletivos que sejam registrados especificamente para a cultura do sorgo, o que legalmente traz muitas restrições em termos de controle químico para a cultura. Até mesmo o manejo químico, realizado em culturas anteriores, pode representar riscos para a germinação das sementes de sorgo. Isso ocorre principalmente no caso de linhagens, que apresentam mais sintomas de fitotoxicidade, e desse modo o controle de plantas daninhas deve ser mais cauteloso.

Em pré-emergência do sorgo pode-se aplicar atrazina para controle inicial de plantas daninhas de folha larga e folha estreita. Nesta fase inicial o controle das plantas daninhas deve ser realizado rapidamente para reduzir a competição dessas com a cultura principal. A atrazina também pode ser utilizada em pós-emergência do sorgo, mas com algumas considerações em relação ao estágio fenológico do sorgo, que deve estar entre V8 e emissão de folha bandeira, considerando ainda que haja diferenças nos ciclos das linhagens fêmeas e machos, quando há intervalo de plantio entre elas. As

aplicações podem ser realizadas em área total, já que a atrazina é seletiva para o sorgo, ou em jato dirigido ou mesmo a capina, quando se considerar risco de fitotoxicidade, com necessidade de controle próximo da fase de emborrachamento.

Controle de Pragas

O controle de pragas deve ser realizado nas fases iniciais da cultura, ou assim que seja detectado nível populacional significativo das pragas. As etapas de definição da capacidade produtiva, principalmente, são as que sofrem mais com o ataque de insetos, com isso, devem-se tomar medidas preventivas para que não sejam atingidos níveis de dano econômico na cultura. Na fase de enchimento de grãos, insetos mastigadores e sugadores são comumente encontrados nas panículas, e podem comprometer muito a qualidade das sementes. Nesse caso, o controle emergencial deve ser realizado antes que níveis drásticos sejam alcançados.

É importante lembrar que o manejo na hora correta, consorciado ao controle biológico, é uma ferramenta que reduz a necessidade de futuras aplicações. Assim, os gastos com controle e os riscos de intoxicação das plantas podem ser reduzidos. Um exemplo de risco de fitotoxicidade seria o uso de organofosforados, como clorpirifós, que pode causar atraso no desenvolvimento de algumas plantas, descompassando o *split*. O uso de tal produto não é vetado, mas deve ser realizado no momento correto, a fim evitar ao máximo os prejuízos aos campos de produção de sementes.

Roguing de Pré-Florescimento

O *roguing* se trata da eliminação de plantas atípicas (*off types*), fora dos padrões da cultivar em produção ou mesmo de outra espécie, que, portanto, não deveriam estar presentes no campo de produção de sementes. Dessa forma, é preciso eliminar estes contaminantes, que interferem diretamente na qualidade genética e pureza do lote de sementes. Durante o ciclo do sorgo deve-se realizar o *roguing* antes do florescimento, tanto nas fileiras de linhagem macho quanto nas fileiras de fêmeas, evitando o cruzamento da linhagem A com plantas atípicas.

Mutantes Altos

Os mutantes altos são aquelas plantas semelhantes à cultivar em produção, mas que apresentam de 30 a 60 cm a mais do que essas (Figura 15). Em geral essas apresentam constituição genética idêntica à dos parentais, mas, por alguma mutação, seu porte é muito superior ao das demais plantas. Os mutantes altos são os contaminantes de menor risco para os campos de produção, já que não comprometem a pureza genética das sementes, mas, ainda assim, devem ser eliminados.



Figura 15. Presença de mutantes altos em lavoura de híbridos de sorgo granífero.

Plantas Graníferas

As plantas graníferas podem ser da mesma espécie da cultivar em produção, mas ainda assim representam contaminação, apresentando sementes de cor diferente, ou panículas com formatos distintos. Estas devem ser eliminadas mesmo que apresentem porte similar ao dos híbridos/variedades em produção. Possivelmente essas plantas são provenientes de campos de produção anteriores.

Foto: Cícero Beserra Menezes



Figura 16. Contaminação por planta de sorgo de genótipo distinto ao das linhagens utilizadas no campo isolado.

Plantas Forrageiras

As plantas de sorgo forrageiro são consideradas contaminantes em campos de sementes de híbridos graníferos, por exemplo, apresentando 50 a 150 cm a mais do que os híbridos. O cruzamento desses contaminantes com plantas fêmeas pode causar um dano menor se os híbridos em produção forem para uso forrageiro, mas ainda assim é importante eliminá-los.



Figura 17. Plantas de *Sorghum* sp. contaminantes de lavoura de híbridos comerciais de sorgo granífero.

Plantas Forrageiras Rizomatosas

Essas plantas forrageiras se propagam por meio de rizomas, oriundos de safras passadas, que sobreviveram no solo, mesmo após certo período sem irrigação. Apresentam porte alto, que ultrapassa os 2 m de comprimento, em média entre 50 e 150 cm maiores que os híbridos graníferos. Essas plantas atípicas apresentam muitos perfilhos, colmos finos, panícula aberta, folhas mais estreitas, sendo resultado do cruzamento de *Sorghum bicolor* ($2n=20$), dos campos em produção com *Sorghum halepense*, conhecido como capim massarambá ($2n=40$). Estas espécies apresentam número de cromossomos diferentes, resultando em um descendente estéril, ou com baixa produção de sementes. Sua eliminação é essencial para não comprometer a qualidade do lote de sementes, e também para não perpetuar a espécie indesejada nos campos de semente.



Foto: José A. S. Rodrigues

Figura 18. Plantas de sorgo selvagem.

Plantas Forrageiras Não Rizomatosas

O *Sorghum verticilliflorum* é um exemplo comum em áreas de lavoura de sorgo, que causa grandes problemas de contaminação. Suas plantas chegam aos 2,5 a 3,0 metros e produzem sementes rapidamente, atingindo a maturidade fisiológica. Ao caírem no chão, ocorre a germinação e um novo ciclo de infestação reinicia. A eliminação dessa espécie deve ser realizada de imediato, sendo obrigatória.

Plantas Daninhas Proibidas

Algumas espécies de plantas daninhas são proibidas em campos de produção de sementes, e sua presença mínima condena todo o lote de sementes. Algumas dessas são corda-de-viola (*Ipomea purpura*, Lam.), amendoim-bravo ou leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), feijão-miúdo (*Vigna unguiculata*), capim-massarambá (*Sorghum halepense*), arroz-vermelho (*Oryza sativa* L.), e outras, que devem ser controlados no campo de sorgo semente.

Plantas Reversoras

As plantas reversoras aparecem entre as fileiras de linhagens fêmea, que deveriam apresentar macho-esterilidade, mas, no entanto, acabam se tornando férteis. Dessa forma, o cruzamento com o macho, da linhagem R, fica comprometido, sendo que assim vão existir no mesmo campo duas fontes doadoras de pólen. Além disso, ao invés de produzir o híbrido, o que vai acontecer com maior intensidade é a produção da própria fêmea. Isso compromete a pureza genética do híbrido, e, portanto, estas linhagens reversoras devem ser imediatamente eliminadas. Para evitar estes problemas, o *roguing* é realizado antes do florescimento, onde já é possível perceber plantas que irão produzir pólen entre as macho-estéreis. As anteras normais apresentam uma coloração mais amarelada (Figura 10), e as macho-estéreis possuem anteras pálidas ou amarelo-claras. É importante lembrar que a equipe que realiza essa supervisão dos campos de produção deve ser bem treinada e ter experiências anteriores com a cultura, para conseguir identificar corretamente o que deve ser eliminado e o que não deve.

Pré-Colheita

Rouging

O *roguing* de pré-colheita deve ser realizado quando as fileiras de macho já foram eliminadas, para evitar mistura durante a colheita das fileiras de fêmea. A operação de *roguing* é realizada nessa fase para retirar perfilhos verdes, doentes, panículas com segregação de cor, plantas fora do padrão de altura, plantas macho que ainda ficaram nas linhas, plantas de outras espécies, ou seja, tudo aquilo que não for a linhagem fêmea do híbrido em produção.

Umidade das Sementes

Durante a etapa que precede a colheita, deve-se observar a umidade das sementes fazendo amostragens a cada três dias a partir do momento em que as plantas atingirem 30% de umidade. Quando se inicia a amostragem, a irrigação já pode ser cortada, uma vez que as sementes se apresentam mais próximas da maturidade fisiológica. Para uma amostragem homogênea e acurada, deve-se caminhar 50 metros para o interior da área e retirar cinco amostras de plantas aleatórias, que sejam representativas da unidade, e distantes das linhas de macho. Ao escolher as panículas é importante coletar o meio dessas, já que existe em média uma diferença de 2% de umidade entre as pontas e o centro, lembrando que o florescimento e a granação se iniciam de cima para baixo (Androcióli, 2014).

Dessecação do Campo de Sementes

A dessecção dos campos de produção de sementes deve ser realizada assim que se atinge a média de 18% a 20% de umidade, com um herbicida registrado para a cultura. A dosagem pode ser maior quando a população de plantas daninhas no campo for um pouco maior. A dessecção uniformiza a umidade da semente e maximiza a eficiência da colheita, que será procedida com menos impurezas. Pode-se usar o herbicida paraquat na dosagem de 1,5 a 2,5 L do produto comercial por hectare, quando as sementes estiverem com umidade inferior a 25% (Androcióli, 2014). O uso de glyphosate pode reduzir a germinação das sementes, por este ser herbicida sistêmico.

Colheita e Beneficiamento de Sementes

Recepção

Quando o lote de sementes chega à recepção da Unidade de Beneficiamento de Sementes, o primeiro passo é a conferência da documentação, como nota fiscal e controle de colheita. Em seguida é feita a pesagem e retirada de amostras do lote para os testes de umidade, sementes quebradas, sementes ardidas e impurezas.

Descarga

O processo de descarga das sementes deve ser cuidadoso, partindo do ponto da limpeza de todos os locais em que a semente irá passar. Este procedimento é realizado principalmente para evitar a contaminação de outras cultivares que passaram antes para moega, elevadores, fossos, transportadores, máquinas de pré-limpeza, secadores, classificadores, mesa densimétrica e outros locais que compõem a linha de beneficiamento.

Pré-Limpeza

Na pré-limpeza devem-se regular as peneiras para retirar impurezas grandes nelas, de 4,5 a 6,0 mm, e embaixo, utilizar peneira de 1,75 mm para retirar impurezas pequenas como sementes quebradas, pedaços de colmo, pedaços de panícula ou folhas secas. Esses materiais são separados das sementes e descartados em seguida.

Secagem

Para a secagem das sementes, primeiro é preciso carregar o secador estático, utilizando somente a ventilação deste. Após essa secagem é preciso ligar o aquecedor com temperatura de 34 °C, que chega aos 38 °C. É importante que os operadores desse processo tenham muita atenção com a temperatura, que fora desses limites pode acarretar em redução de vigor e germinação das sementes. Durante o processo de secagem, deve-se amostrar pelo menos duas vezes por turno na parte de cima e na parte de baixo do secador para determinar o grau de umidade, registrando os números no formulário de secagem. Desligar o aquecedor quando a umidade chegar entre 11% e 12%, desligando o ventilador somente uma hora após desligar o aquecedor para resfriar a massa de sementes.

Armazenamento

Após o processo de secagem, resfriamento e expurgo, as sementes estão prontas para serem armazenadas. As sementes ficam de cinco a 10 dias no expurgo, e em seguida são transportadas para o silo, onde serão armazenadas até o processo de beneficiamento.

Classificação e Beneficiamento

Antes da classificação, deve-se limpar a torre por onde as sementes devem passar, a fim de conferir a existência de materiais residuais. Na torre de classificação essas sementes são separadas em peneiras e enviadas ao controle de qualidade para conferir se a classificação das sementes foi realizada de forma correta.

Ensaque

O ensaque é o último passo do processo de armazenamento das sementes, que antes passam pelo processo de classificação para retirada de sementes ardidas, quebradas ou com impurezas. Durante esse processo as sementes passam por peneiras, e nessas são colhidas amostras para verificar padrões de germinação e vigor das sementes em canteiros. A exigência mínima para comercialização de sementes certificadas é de 80% de germinação e 98% de pureza física. Após essas avaliações, o ensaque é liberado, e essas sementes são acondicionadas em sacarias de 10 kg, que são envolvidas em plástico filme. A cada 45 dias essas sacarias devem ser expurgadas para conservar as sementes livres de agentes que possam danificá-las.

Recomendações Finais

A produção de sementes de sorgo é um processo complexo, e demanda uma equipe com conhecimento prático sobre a cultura. Os aspectos filotécnicos do sorgo, bem como as normas para a implantação e condução dos campos de sementes, devem ser respeitados para se obter os melhores resultados em termos de qualidade de sementes.

Foi visto neste capítulo que, desde a produção até o beneficiamento de sementes, existem várias etapas importantes, para que o máximo potencial genético das linhagens parentais seja expresso nos híbridos produzidos. A qualidade das sementes é o resultado final de um processo de implantação e condução bem-feita, que dará ao produtor a segurança legal para a comercialização e o lucro sob a produção, e satisfação para os agricultores que utilizarão as sementes, com garantia de qualidade genética e altas produtividades.

Referências

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS: safra 2019/20: décimo levantamento. Brasília, DF: Conab, v. 7, jul. 2020. 31 p. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 4 ago. 2020.

ANDROCIÓLI, J. R. Sistema de produção de sorgo semente. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO MILHO E SORGO, 30., 2014, Salvador. **Eficiência nas cadeias produtivas e abastecimento global**: livro de palestras. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential aspects on human health. **Phytochemistry**, v. 65, n. 9, p. 1199-1221, 2004.

BERNARDINO, K. C. **Estudo genético dos mecanismos para eficiência no uso de fósforo em linhagens endogâmicas recombinantes de sorgo**. 2014. 73 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.

BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELLA, R. A. da C. (ed.). **Sorgo: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2014. 275 p.

BRASIL. Lei n. 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 6 ago. 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 9, de 2 de junho de 2005. Aprova as normas para produção, comercialização e utilização de sementes. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jul. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares - RNC**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/guia-de-servicos/registro-nacional-de-cultivares-rnc>>. Acesso em: 2 jul. 2020.

CISNEROS-LÓPEZ, M. E.; ONOFRE, L. E. M.; GONZÁLES-HERNÁNDEZ, V. A.; ZAVALETA-MANCERA, H. A.; MORA-AGUILERA, G.; HERNÁNDEZ-MARTINES, M.; CÓRDOVA-TÉLLEZ, L. Synchronicity of pollination and inoculation with *Claviceps africana* and its effects on pollen-pistil compatibility and seed production in sorghum. **Fungal Biology**, v. 114, n. 4, p. 285-292, 2010.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 4 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 86).

MENEZES, C. B.; VIANA, P. A.; MENDES, S. M. **Sorgo granífero:** estenda sua safrinha com segurança. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 65 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 176).

MORRIS, G. P.; RAMU, P.; DESHPANDE, S. P.; HASH, C. T.; SHAH, T.; UPADHYAYA, H. D.; RIERA LIZARAZU, O.; BROWN, P. J.; ACHARYA, C. B.; MITCHELL, S. E.; HARRIMAN, J.; GLAUBITZ, J. C.; BUCKLER, E. S.; KRESOVICH, S. Population genomic and genome-wide association studies of agroclimatic traits in sorghum. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 110, n. 2, p. 453-458, 2013.

OLIVEIRA, I. C. M.; MARÇAL, T. M.; BERNARDINO, K. C.; RIBEIRO, P. C. O.; PARRELLA, R. A.; CARNEIRO, P. C. S.; SCHAFFERT, R. E.; CARNEIRO, J. E. S. Combining ability of biomass sorghum lines for agroindustrial characters and multitrait selection of photosensitive hybrids for energy cogeneration. **Crop Science**, v. 59, p. 1554-1566, 2019.

PACKER, D. J.; ROONEY, W. L. High-parent heterosis for biomass yield in photoperiod-sensitive sorghum hybrids. **Field Crops Research**, v. 167, p. 153-158, 2014.

PARRA-LONDONO, S.; KAVKA, M.; SAMANS, B.; SNOWDON, R.; WIECKHORST, S.; UPTMOOR, R. Sorghum root-system classification in contrasting P environments reveals three main rooting types and root-architecture-related marker-trait associations. **Annals of Botany**, v. 121, n. 2, p. 267-280, 2018.

QUEIROZ, V. A. V.; MORAES, E. A.; MARTINO, H. S. D.; PAIVA, C. L.; MENEZES, C. B. Potencial do sorgo para uso na alimentação humana. **Informe Agropecuário**, v. 35, n. 278, p. 7-12, 2014.

REDDY, B. V. S.; RAMESH, S.; ORTIZ, R. Genetic and cytoplasmic-nuclear male sterility in sorghum. In: JANICK, J. (ed.). **Plant breeding reviews**. New York: John Wiley & Sons, 2005. p. 139-172.

RIBAS, P. M. Importância econômica. In: RODRIGUES, J. A. S.; VERSIANI, R. P.; FERREIRA, M. T. R. (ed.). **Cultivo do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2).

RIBEIRO, P. C. O.; MARÇAL, T. S.; OLIVEIRA, I. C. M.; SCHAFFERT, R. E.; CARNEIRO, P. C. S.; OLIVEIRA, A. B.; PARRELLA, R. A. C. Insight into genetic potential of male sterile sweet sorghum A-lines for agroindustrial traits using tester R-lines. **Industrial Crops and Products**, v. 153, article 112577, 2020.

SCHAFFERT, R. E.; RODRIGUES, J. A. S. Fluxo gênico em sorgo. In: KARAM, D.; MAGALHÃES, P. C. (ed.). **Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2014. cap. 26, p. 279-299.

SMITH, C. W.; FREDERIKSEN, R. A. **Sorghum**: origin, history, technology, and 623 production. New York: John Wiley & Sons, 2000.

UNITED STATES. Department of Agriculture. **FoodData central**. Washington, 2020. Database for standard reference. Disponível em: <<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>>. Acesso em: 2 jul. 2020.

UTINO, S.; FERNANDEZ-FRANCO, D.; COSTA, S. V.; MAGALHÃES, A. M.; PETERS, V. J.; SILVA, M. G. Produção de sementes. In: EMBRAPA. **Ageitec**: Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 2 jul. 2020.

Literatura Recomendada

FAO. FAOSTAT: production crops. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 3 ago. 2020.

REIS, B. L.; TOMAZ, P. A.; OLIVEIRA, D. S.; QUEIROZ, V. A. V.; MARTINO, H. S. D.; TARDIN, F. D.; SANT'ANA, H. M. P. Determinação dos isômeros da vitamina e em oito variedades de farinha de sorgo (*Sorghum bicolor*). In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO, 19; SIMPÓS - MOSTRA CIENTÍFICA DA PÓS-GRADUAÇÃO, 9.; SIMPÓSIO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 7; SIMPÓSIO DE ENSINO, 3., 2009, Viçosa. [Anais]. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009

MUTISYA, J.; SUN, C.; ROSENQUIST, S.; BAGUMA, Y.; JANSSON, C. Diurnal oscillation of sbe expression in sorghum endosperm. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, p. 428-434, 2009.