

Capítulo 2

Origem, evolução e domesticação do sorgo

*Carlos Juliano Brant Albuquerque
Cícero Beserra de Menezes
Rogério Soares de Freitas*

Origem

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L). Moench) está entre os principais cereais do globo, sendo alimento básico para milhares de pessoas principalmente na África e Ásia. O consumo desse cereal pela população, especialmente a africana, chega a quase 75% do total dos grãos produzidos em alguns países como Sudão e Nigéria. Na Ásia, os principais países consumidores de sorgo são a China e a Índia, que respondem por quase 90% do total (Queiroz et al., 2009). No Brasil, o sorgo é usado principalmente como ração animal, mas está se tornando popular para uso como forrageira e em produtos alimentícios por causa da demanda por grãos especiais, para fabricação de produtos sem glúten. Além disso, em anos recentes, o uso dessa planta na produção de bioenergia tem sido objeto de pesquisas por parte dos setores público e privado.

Relatos arqueológicos mostraram presença dessa planta há aproximadamente 5.000 anos no nordeste da África e há 8.000 anos no sudoeste na Ásia, mais precisamente no Egito (Wendorf et al., 1992; Mann et al., 1983; Winchell et al., 2018; Smith et al., 2019).

Existe grande diversidade do sorgo cultivado e do sorgo selvagem na África Central (Smith et al., 2019). A maior diversidade da espécie nesse continente foi gerada através da seleção disruptiva (seleção de tipos melhorados e não melhorados pelo homem), isolamento e recombinação em habitats extremamente variados, tendo como resultados populações diferentes. Assim, o continente africano é considerado o principal centro de origem do sorgo (Doggett, 1988). As populações polimórficas possibilitaram, através dos anos, novas formas que deram origem aos tipos de sorgos

cultivados atualmente.

No subcontinente indiano, evidências desse cereal foram descobertas em um sítio arqueológico na parte ocidental de Rojdi (Saurashtra), datando de cerca de 4.500 anos atrás (Damania, 2002). O subcontinente indiano é considerado o centro secundário de origem do sorgo (Vavilov, 1992).



O sorgo foi descrito pela primeira vez por Linnaeus em 1753 sob o nome *Holcus*. Em 1794, Moench distinguiu o gênero *Sorghum* do gênero *Holcus* (Celarier, 1959; Clayton, 1987). Posteriormente, vários autores discutiram a sistemática, origem e evolução do sorgo desde Linnaeus, possibilitando uma excelente visão da classificação atual para descrever a variação encontrada nos sorgos cultivados.

O sorgo pertence a família Poaceae, tribo Andropogoneae, subtribo Sorghinae e gênero *Sorghum* Moench (Clayton; Renvoize, 1986). O gênero sorgo possui 25 espécies que estão taxonomicamente em cinco subgêneros: *Eusorghum*, *Chaetosorghum*, *Heterosorghum*, *Parasorghum* e *Stiposorghum*. Importante destacar que os quatro últimos são silvestres.

O *Eusorghum* inclui tipos silvestres (*S. bicolor* spp. *arundinaceum* e o *S. halepense*) e cultivados (*S. bicolor* spp. *bicolor*). As espécies selvagens consideradas invasoras em lavouras comerciais (falso-massambará ou capim-selvagem, além do capim-massambará) e capim-sudão usado como forrageira são exemplos. Os sorgos cultivados (*S. bicolor* spp. *bicolor*) são representados por vários tipos agrônômicos, como o sorgo granífero, forrageiro, biomassa, vassoura e sacarino.


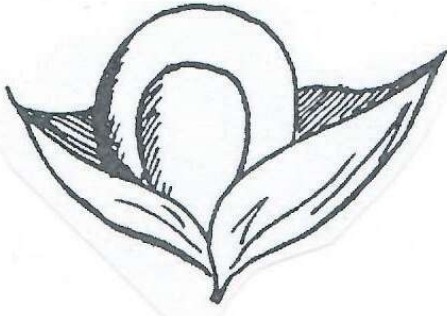

A espécie *Sorghum bicolor* foi amplamente distribuída pela África, costa da Índia, Indonésia e depois para a China (De Wet, 1978). Essa dispersão surgiu no leste da África a partir da subespécie *aethiopicum*, gerando grande diversidade na Ásia. No entanto, acredita-se que o primeiro *bicolor* tenha surgido da subespécie *verticilliflorum* na África central, onde, por meio do fluxo gênico com outras formas selvagens, originaram as raças *caudatum*, *kafir*, *guinea* e *durra* (Brown et al., 2011). Em razão da grande variabilidade genética dessas espécies, na Tabela 1 são descritas as 5 raças básicas e 10 híbridas existentes, e na Tabela 2 são mostradas as raças de sorgo selvagem, além da possível origem delas.

Tabela 1. Raças de sorgo cultivadas (básicas e híbridas), características dos grãos, espiguetas e possível centro de origem.

| Grupo Genético Primário (2n =20) - Raças de <i>S. bicolor</i> spp. <i>bicolor</i> (L.) Moench | | |
|--|---|------------------------------|
| Raças básicas | Características dos grãos | Origem |
| 1) bicolor (B)  | Grãos alongados, levemente ovalados e dorso ventralmente simétricos. As glumas que seguram o grão podem ser completamente cobertas ou expostas a cerca de um quarto do seu comprimento | Disseminada na África |
| 2) caudatum (C)  | Grãos são marcadamente assimétricos. O lado próximo à gluma inferior é plano, ou até um tanto côncavo, com o lado oposto sendo arredondado e abaulado. As glumas têm tamanho menor ou até metade do comprimento do grão | Nigéria, Chad, Sudão, Uganda |

Continua...

Tabela 1. Continuação

| Grupo Genético Primário (2n =20) - Raças de <i>S. bicolor</i> spp. <i>bicolor</i> (L.) Moench | | |
|---|--|--------------------------------------|
| Raças básicas | Características dos grãos | Origem |
| 3) durra (D)  | Os grãos são arredondados, abaulados, em forma de cunha e ligeiramente mais largos na base. As glumas são largas com textura diferente na ponta e base, tendo um vinco transversal no meio | Etiópia, Índia |
| 4) guinea (G)  | Grãos achatados dorsoventralmente, de contorno sublenticular. Na maturidade, as glumas apresentam abertura de 90° involutas podendo ser mais longas que o grão | Tanzânia, Malawi |
| 5) kafir (K)  | Os grãos são simétricos e mais ou menos esféricos. As glumas são aderentes e de comprimento variável | Da Tanzânia à África do Sul e Angola |

Continua...

Tabela 1. Continuação

| Grupo Genético Primário (2n =20) - Raças de <i>S. bicolor</i> spp. <i>bicolor</i> (L.) Moench | | |
|---|-------------------------------------|--------|
| Raças básicas | Características dos grãos | Origem |
| Raças Híbridas (Combinações) | Origem | |
| 1) guinea – bicolor (GB) | África ocidental. | |
| 2) caudatum – bicolor (CB) | Nigéria, Chad, Sudão, Uganda, China | |
| 3) kafir – bicolor (KB) | Da Tanzânia à África do Sul | |
| 4) durra – bicolor (DB) | Regiões elevadas da Etiópia | |
| 5) guinea – caudatum (GC) | Nigéria, Chad, Sudão, Etiópia | |
| 6) guinea – kafir (GK) | Tanzânia, Malawi, Índia | |
| 7) guinea – durra (GD) | De Senegal a Etiópia | |
| 8) kafir – caudatum (KC) | Sorgos híbridos nos Estados Unidos | |
| 9) durra – caudatum (DC) | Nigéria, Chad, Sudão | |
| 10) kafir – durra (KD) | Produção Experimental | |

Fonte: Harlan e De Wet (1972), Arnold (1983), International Board for Plant Genetic Resources, (1993), Reddy e Patil (2015). Ilustrações: Harlan e De Wet (1972).

Tabela 2. Raças de sorgo selvagem e possível centro de origem.

| Grupo Genético Primário (2n =20) | |
|--|---|
| Raças de <i>S. bicolor</i> spp. <i>arundinaceum</i> (sorgos espontâneos e forrageiros) | |
| Raças básicas | Localização |
| 1) <i>arundinaceum</i> | Zona florestal de Serra Leoa ao Congo |
| 2) <i>ethiopicum</i> | Sudão |
| 3) <i>virgatum</i> | Sudão, Egito |
| 4) <i>verticilliflorum</i> | Da Etiópia a Nigéria |
| 5) <i>propinquum</i> | Ásia Sul-Oriental e Filipinas |
| 6) <i>shattercane</i> | Invasora de ampla dispersão |
| 7) <i>sudanense</i> ¹ | Estados Unidos – Capim-sudão (usado como forragem ou nas hibridações com o <i>S. bicolor</i> visando a produção do sorgo corte e pastejo) |

Continua...

Tabela 2. Continuação

| Grupo Genético Secundário (2n =40) | |
|------------------------------------|--|
| Raças de <i>S. halepense</i> | |
| Raças básicas | Localização |
| 1) halepense | Da costa do Mediterrâneo ao Paquistão. |
| 2) milaceum | Do Paquistão ao sudeste da Ásia. |
| 3) johnsongrass | Estados Unidos |
| 4) alnum | Argentina |

Fonte: Harlan e De Wet (1972), Arnold (1983), International Board for Plant Genetic Resources, (1993), Fornasieri Filho e Fornasieri, (2009), Reddy e Patil (2015).

Domesticação

A evolução das formas das plantas domesticadas representa uma grande transição na história humana que facilitou a ascensão da civilização moderna. O sorgo é o cereal mais importante das zonas áridas, usado para alimentação humana, ração animal, fibra e combustível. O sorgo teve a sua transição de planta selvagem no nordeste da África (*S. bicolor* ssp. *Verticilliflorum*) para a forma domesticada ancestral (*S. bicolor* spp *bicolor*) no leste do Sudão milhares de anos atrás. Por fim, a domesticação possibilitou evolução dos quatro tipos adaptados nos mais variados ambientes: durra, caudatum, guiné e kafir (Dogget, 1988; Brown et al., 2011; Morris et al., 2013).

O sorgo é considerado uma cultura antiga, entretanto, o seu desenvolvimento, em muitas regiões agrícolas do mundo, ocorreu somente no final do século XIX. Nos Estados Unidos da América, a introdução do sorgo para grãos se deu por meio de sementes trazidas nos navios negreiros por ocasião do tráfico de pessoas escravizadas entre os anos 1500 e 1600 (Smith et al., 2019). Foi nos Estados Unidos, por meio dos trabalhos de melhoramento com as cultivares antigas, que se chegou aos diferentes tipos de sorgo hoje cultivados. Após um longo período de adaptação, várias experiências e trabalhos de melhoramento foram realizados, visando atender às novas modalidades de utilização e métodos culturais diferentes.

Um importante avanço na produção de sorgo foi motivado pelos maiores rendimentos de híbridos desenvolvidos nos Estados Unidos em meados da década de 1950 e que foram fomentados no “cinturão do sorgo” dos Estados Unidos (Texas Ocidental, Novo México, Oklahoma, Kansas e Nabraska) e na Argentina e no México (Swearingin et al., 1971).

No Brasil, apesar de ser considerada uma cultura de importância recente, o sorgo é cultivado na região Nordeste desde o século XIX, e foi trazido por escravizados africanos. Existem referências sobre cultivo, origem, regiões de adaptação, utilização, práticas culturais e recomendação de cultivares para produção de grãos, forragem, xarope e vassoura, desde o início do século XX, em um boletim editado pelo Ministério da Agricultura (Sorgo, 1918; Carmo, 1977). Existem relatos de 1938 do cultivo, em Pernambuco, de sorgo forrageiro, variedade Grohoma, utilizada na alimentação de animais, além da variedade Vira-Cacho, conhecida como “Milho da Angola”, que era utilizada principalmente para confecção de pipoca (Santos et al., 2005). As primeiras pesquisas com sorgo foram conduzidas pelo Instituto Pernambucano de Agropecuária (IPA), em 1957, com coleções de sorgo oriundas de Forth Collins (EUA) e norte da África.

Pesquisas visando principalmente o desenvolvimento de cultivares para as condições brasileiras iniciaram-se em 1972, no extinto Ipeaco/DNPEA. Nessa época procurava-se identificar limitações à produção, à utilização e à comercialização de grãos de sorgo, com a colaboração estreita entre os setores público e privado, especialmente da indústria de sementes. Com a criação da Embrapa, a liderança nas pesquisas com a cultura foi planejada com envolvimento de Universidades e OEPAS (Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária). Na década de 80, houve um redirecionamento das estratégias de pesquisa nessa cultura, tendo em vista a mudança da fronteira agrícola no Brasil (Santos et al., 2005). Grande crescimento da produção ocorreu a partir desse período, principalmente com a concentração da área plantada nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, na época da safrinha. As lavouras de sorgo granífero eram geralmente plantadas após a época ideal para cultivo do milho safrinha, e atualmente são conduzidas em condições mais adversas do que as normalmente verificadas para essa época de plantio. Essa situação tem desestimulado a utilização de tecnologias que conduzam ao aumento da produtividade e estimulado a adoção de sistemas de produção com foco na redução de custos. Dessa forma, estudos e desenvolvimento de novas cultivares foram direcionados para o sorgo granífero na safrinha e sorgo forrageiro no verão.

Importante destacar que as empresas do setor privado também possuem programas próprios de melhoramento e têm contribuído significativamente com híbridos competitivos para atendimento da demanda de cultivares adaptadas às várias condições de plantio no País.

Os tipos de sorgo explorados de acordo com as características e em função da sua utilização são: sorgo granífero, sorgo silageiro, sorgo sacarino, sorgo biomassa, sorgo vassoura e sorgo corte pastejo; esse último é um híbrido intraespecífico entre o *S. bicolor* e *S. sudanense*. O sorgo granífero se firmou na safrinha tardia (sucessão à soja) no Cerrado, e o silageiro, em regiões com clima árido onde a pecuária bovina exerce grande influência na economia local. Os demais grupos ainda não se firmaram, mas têm grande potencial de expansão em usinas de energia (sorgo biomassa e sacarino) e em áreas de pequenos produtores (vassoura).

Conversão

O sorgo tem boa adaptação nos mais variados extremos de condições ambientais, incluindo áreas áridas, semiáridas e subtropicais do mundo. É relatado seu cultivo do nível do mar até 3.000 m de altitude. O programa de conversão de sorgo teve grande impacto no melhoramento dessa cultura, pois atualmente é difícil encontrar híbridos de sorgo cultivados que não tenham germoplasma convertido em seu pedigree. O sorgo é uma espécie diploide com $2n = 20$ cromossomos (Santos et al., 2005), pertencente à família Poacea, autógama, com taxa de fecundação cruzada variando entre 2% e 10% em condições normais, resposta fotoperiódica de dias curtos e altas taxas fotossintéticas (Paul, 1990).

Segundo Dillon et al. (2007), a domesticação e a superdomesticação resultantes do sorgo dependeram principalmente de *S. bicolor* subsp. *bicolor*. Contudo, para obter ganhos significativos na produção agrícola, as espécies de sorgo não domesticado oferecem uma riqueza inexplorada de novos traços de resistência ao estresse biótico e abiótico e de produtividade. Isso demonstra o enorme potencial para exploração desses recursos genéticos para as mais diversas características agronômicas de interesses. Neste sentido, novos caminhos serão abertos para obtenção de maior produtividade e estabilidade da produção em condições marginais de cultivo com ampliação da faixa de adaptação às condições de solo e clima mais moderadas e maior tolerância a pragas e doenças (Bapat; Mote, 1982; House et al., 1995; Karunakar et al., 1994; Franzmann; Hardy, 1996; Sharma; Franzmann, 2001; Kamala et al., 2002; Komolong et al., 2002; Dillon et al., 2007).

O processo de domesticação do sorgo envolveu a mudança em várias características da planta. Um eixo primário resistente (ráquis) e a persistência de espiguetas sésseis provavelmente foram introduzidos no

início do processo de domesticação. É provável que a transformação de uma inflorescência aberta em um tipo mais compacto tenha envolvido várias mudanças, como aumento no número de ramificações por nó; aumento no número de ramos por inflorescência primária na ráquis; e uma diminuição no comprimento do internódio na ráquis. O aumento no tamanho da semente também foi provavelmente um produto da domesticação, o que a levou a se projetar das glumas (House, 1985). Essas mudanças contribuíram para aumento no rendimento em relação às variedades originais de sorgo.

Variedades de sorgo estáveis e de alto rendimento foram recentemente desenvolvidas por meio de programas de melhoramento utilizando variedades de sorgo da África, Índia e China. Isso envolveu a seleção de características como insensibilidade ao fotoperíodo, menor altura de planta (para reduzir o acamamento), tolerância à seca e resistência a pragas e doenças (Reddy et al., 2006b). A altura das plantas e a insensibilidade ao fotoperíodo foram o foco dos programas de conversão que desenvolveram linhagens de sorgo com altura e maturidade desejáveis das plantas, que foram utilizadas em programas de melhoramento em ambientes tropicais, em dias curtos e longos, e climas temperados e subtropicais.

Como o sorgo se originou no nordeste da África, as muitas raças e variedades precoces eram sensíveis ao fotoperíodo, com período crítico de 12 horas de luz. Quando a duração do dia é menor que 12 horas, a planta de sorgo muda do crescimento vegetativo para o reprodutivo (Reddy et al., 2006b). O uso dessas linhagens sensíveis ao fotoperíodo no verão em zonas temperadas da América e da Austrália, onde a duração do dia é superior a 13 horas, era impraticável, especialmente porque muitas características relacionadas ao crescimento não se expressam nessas condições de dia longo (Reddy et al., 2006b). Isso dificultou a criação de variedades melhoradas em climas temperados e subtropicais semiáridos. Neste sentido foi necessário identificar cultivares e raças encontradas na Índia com fotoperíodos críticos mais altos, sem atraso na floração quando cultivadas em dias de até 17 horas de luz. Desde então, essas cultivares de sorgo insensíveis ao fotoperíodo têm sido amplamente adotadas em programas de melhoramento em todo o mundo (Rai et al., 1999; Reddy et al., 2006a).

A altura da planta e o rendimento de grãos são altamente correlacionados em algumas populações de sorgo, com produtividade máxima alcançada em alturas de cerca de 1,75 m - 1,80 m, e florescimento de 68 a 70 dias (Miller, 1982; Rao; Rana, 1982). No entanto, plantas de

sorgo dessa altura acamam facilmente, o que praticamente inviabiliza seu uso na agricultura moderna. Uma seleção de linhagens de sorgo alto e bom rendimento de grãos foi cruzada com linhagens de sorgo de menor estatura e insensíveis ao fotoperíodo para desenvolver cultivares de alto rendimento e com menor estatura (Miller et al., 1997; Rosenow; Dahlberg, 2000), com os híbridos atuais possuindo plantas entre 1 m e 1,5 m de altura.

Mesmo em regiões onde o sorgo poderia ser cultivado em condições edafoclimáticas favoráveis ele é preterido em relação a outras culturas, como é o caso do Brasil, onde a maior parte do sorgo é cultivado na segunda safra, após o cultivo da safra principal no verão, de soja ou de milho. Todavia, para o sistema de produção brasileiro, o sorgo assume um papel preponderante por viabilizar uma segunda safra com menores riscos de perdas onde a restrição hídrica inviabiliza o cultivo dessas outras culturas. Assim, de modo geral, o sorgo no mundo é cultivado predominantemente em ambientes com baixa pluviosidade, regiões áridas a semiáridas, chamadas comumente de regiões marginais. Neste contexto, a ocorrência total de estresse hídrico é o principal fator que limita a produção mundial de sorgo. Duas formas de estresse hídrico foram identificadas no sorgo: ‘pré-antese’, em que as plantas são estressadas durante a diferenciação da panícula antes da floração; e ‘pós-antese’, quando ocorre estresse de umidade durante o estágio de enchimento de grãos (Rosenow; Clark, 1995). Com a identificação de variedades e linhagens com níveis naturalmente altos de tolerância à seca antes da antese e a seleção destes para rendimentos mais altos desenvolveram-se variedades de sorgo com rendimentos altos e estáveis (Ellis et al., 1997).

Essa tolerância à seca pós-floração é chamada de “stay green”, em que as plantas mantêm área foliar verde e fotossíntese ativa sob forte estresse de umidade, o que resulta em maior produtividade de grãos em comparação com variedades senescentes (Borrell; Douglas, 1997; Borrell et al., 1999). O estresse após a antese deverá resultar em perda significativa de rendimento por resultar na produção de grãos pequenos e leves, morte prematura das plantas, suscetibilidade a doenças e acamamento das plantas.

A melhoria no rendimento do sorgo ao longo do tempo ocorreu com o desenvolvimento de tipos anão, insensíveis ao fotoperíodo, mais resistentes aos estresses hídricos, pragas e doenças, entre outros. Contudo, o uso da macho-esterilidade e o desenvolvimento de híbridos com essas características foram preponderantes para o notável aumento de rendimento da cultura na ordem de mais de 300% desde a década de 1950 (Rooney; Smith, 2000).

As cultivares híbridas utilizam a esterilidade masculina para aprimorar as habilidades combinadas das linhagens parentais, resultando em heterose e aumentos significativos em características fenotípicas, como produtividade, altura da planta e dias de floração (Reddy et al., 2006a).

Coleções Mundiais

Os recursos genéticos das plantas são definidos pelo “International Plant Genetic Resources Institute” como o “Material genético das plantas que é valioso como recurso para as gerações presentes e futuras de pessoas” (International Board for Plant Genetic Resources, 1993). Sua importância foi reconhecida na plataforma intergovernamental, sob a égide da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), como a “herança comum da humanidade” - que deve ser disponibilizada sem restrições (FAO, 1983).

O uso intensivo da terra para ampliação das áreas para produção de alimento, assentamentos humanos concomitantemente com as catástrofes naturais (secas, inundações, incêndios, etc.) têm levado à destruição de habitats vegetais e causado perdas de diversidade de inúmeros organismos. Neste sentido é necessário conservar os recursos genéticos antes de perdermos, e assim dispor de todas as ferramentas para o desenvolvimento de uma agricultura capaz de mitigar o impacto das mudanças climáticas globais e atender com alimentos de qualidade a uma população mundial crescente.

Desse modo, o desenvolvimento da agricultura passará pela exploração da diversidade genética das culturas em busca das fontes de resistência a patógenos, insetos pragas, tolerância à ampla faixa de temperatura do ar e umidade do solo, maior eficiência no uso dos nutrientes e com isso maior estabilidade e produção nesses ambientes, maior qualidade nutricional tanto para humanos quanto para animais. Também será possível explorar esses recursos genéticos para atender prováveis necessidades das indústrias no desenvolvimento de novos produtos.

Os recursos genéticos do sorgo são conservados em muitos centros ao redor do mundo. No nível global, as coleções de germoplasma de sorgo consistem em aproximadamente 168.500 acessos. As principais organizações e países que mantêm os recursos genéticos do sorgo são o Instituto Internacional de Pesquisa de Cultivos para os Trópicos Semiáridos (ICRISAT) localizado em Patancheru no estado indiano de Andhra Pradesh; o Sistema Nacional de Germoplasma Vegetal (NPGS) nos Estados Unidos, na Etiópia, no Sudão, na

África do Sul, na Índia e na China, principalmente porque eles têm grandes programas de melhoramento (Rosenow; Dahlberg, 2000). No Brasil, o Banco Ativo de Germoplasma (BAG Sorgo) da Embrapa configura importante fonte de germoplasma para os programas de melhoramento públicos e privados no País. Atualmente, há 7.213 acessos catalogados, com ampla variabilidade, oriundos da Coleção Mundial (ICRISAT – contribuindo com mais de 2.000 entradas) e de outras coleções do CIAT (Colômbia), vários países da África, Índia, Rússia, China e instituições públicas americanas (USDA, Purdue University, Texas A&M University, Kansas State University, Oklahoma State University – com mais de 1.300 entradas) (Santos et al., 2005; Netto, 2010).

O primeiro grande esforço mundial para montar uma coleção mundial de sorgo foi realizado na década de 60 pela Rockefeller Foundation, no Indian Agricultural Research Program (House, 1985; Rockefeller Foundation, 1970; Murty et al., 1967), citado por (Mengesha; Prasada Rao, 1982). Entretanto do total de 16.138 acessos obtidos de diferentes países e designados I.S. “Indian Sorghums” numbers, apenas metade dos acessos é de autêntico “indigenouns collection” com suficiente informação sobre sua origem (Harlan; De Wet, 1972). Ademais, dos 16.138 acessos apenas 8.961 foram transferidos para o ICRISAT em função da perda de sua viabilidade por causa das precárias condições de armazenamento (Mengesha; Prasada Rao, 1982). Contudo, o ICRISAT em 1975-1976 conseguiu através da Universidade de Purdue, Laboratório Nacional de Armazenamento de Sementes, Fort Collins, EUA, e Mayaguez, Porto recuperar 3.764 acessos, mas, ainda assim, deixaram uma lacuna de 3.413, excluindo a recente adição de 619 acessos (Reddy et al., 2006a).

Mengesha e Prasada Rao (1982) mostram a evolução de acessos da coleção de germoplasma de sorgo do ICRISAT de 1974, quando tinha 8.961 acessos, até 1981, quando atingiu 21.264 acessos de 68 países. Isso se deve ao esforço contínuo dessa e de outras instituições e a responsabilidade recebida de incorporar a coleção mundial de sorgo em 1974 de acordo com as recomendações feitas pelo Comitê Consultivo em Germoplasma de Sorgo e Milheto, patrocinado pelo Conselho Internacional de Recursos Genéticos Vegetais (International Board of Plant Genetic Resources, 1976; Prasada Rao et al., 1989). Em 2006, o ICRISAT atingiu 36.774 acessos oriundos de 90 países (Reddy et al., 2006a). Em 2017, o ICRISAT mantinha 39.923 acessos de 93 países, incluindo 8.020 acessos da África Ocidental e Central

(Upadhyaya et al., 2017). Cerca de 90% dessas coleções são provenientes de países em desenvolvimento nos trópicos semiáridos. Aproximadamente 60% dessa coleção veiram de seis países: Índia, Etiópia, Sudão, Camarões, Suazilândia e Iêmen. Estima-se que essa coleção representa aproximadamente 80% da variabilidade presente em sorghum (Eberhart et al., 1997). Contudo, ao analisar 8.020 acessos da África Ocidental e Central, Upadhyaya et al. (2017) verificaram muitas lacunas geográficas nessa coleção, que aliadas à baixa intensidade de coleta de sorgo reforçam a necessidade do lançamento de missões de coleta para preencher essas lacunas, particularmente em regiões de sorgo predominantemente guineense.

O germoplasma mantido no ICRISAT consiste em cinco raças básicas: bicolor, guiné, caudatum, kafir e durra e suas 10 raças híbridas. No entanto, a coleção é representada predominantemente por três raças: durra (23,5%), caudatum (20,6%) e guiné (14,8%). Das 10 raças híbridas, apenas três são comuns: durra-caudatum (11,5%), guiné-caudatum (9,2%) e durra-bicolor (7,1%). Índia, Uganda e Zimbábue têm todas as cinco raças básicas e dez híbridas (Reddy et al., 2002). Guiné-caudatums, durra e suas raças híbridas estão bem representadas na Etiópia, e caudatum e seus raças híbridas, no Sudão (Reddy et al., 2006a).

Etiópia, um dos mais ricos centros de diversidade, na década de 1980, tinha acumulado pelo Ethiopian Sorghum Improvement Project (ESIP) em torno de 5.500 acessos e atingiu no início dos anos 2000 em torno de 8.000 acessos (Rosenow; Dahlberg, 2000). Um destaque é a coleção de raças sudanenses, que foi montada em 1950, sendo mais adiante incorporada pelo Rockefeller Foundation Project na Índia (Rosenow et al., 1999).

Por volta de 1905, o departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) empreendeu coleta e distribuição de sorgo. Texas foi selecionado como a primeira estação de pesquisa para trabalhar com sorgo em colaboração com USDA e Texas Agricultural Experimental Station (Quinby, 1974). O total de aproximadamente 42.221 acessos de germoplasma tem sido mantido pelo sistema nacional de germoplasma vegetal (NPGS) dos Estados Unidos da América (Dahlberg; Spinks, 1995). Atualmente, esse número já ultrapassou 45 mil acessos (National Plant Germplasm System, 2020).

A China, com 12.836 acessos, e o National Research Centre for Sorghum (NRCS) da Índia, com 20.812 acessos, também são destaques na conservação de germoplasma de sorgo (Qingshan; Dahlberg 2001; Reddy et al., 2006a).

Tabela 3. Principais bancos de germoplasma de sorgo no globo.

| Região/País | Empresa/Organização | Selvagem | Cultivado |
|------------------|--|----------|-----------|
| África | | | |
| Etiópia | Institute of Biodiversity Conservation (IBC) | | 9772 |
| Quênia | National GeneBank of Kenya, Crop Plant Genetic Resources CentredMuguga (KARI-NGBK) | 92 | 5774 |
| Zâmbia | SADC Plant Genetic Resources Centre (SRGB) | 27 | 3692 |
| América | | | |
| Estados Unidos | Plant Genetic Resources Conservation Unit, southern Regional Station Plant Introduction Station, University of Georgia, National Centre for Genetic Resources Preservation | 199 | 43511 |
| Brasil | Embrapa Milho e Sorgo, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia | | 10812 |
| México | Programa de Recursos Genéticos, Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (CIFAP-MEX), Estacion de Iguala, Instituto Nacionale de Investigaciones Agricolas (INIA-Iguala) | | 5500 |
| Ásia | | | |
| Índia | International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) | 461 | 39092 |
| Índia | ICAR National Bureau of Plant Genetic Resources | 11 | 20555 |
| Índia | Indian Institute of Millets Research | 27 | 23059 |
| China | Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences (ICS-CAAS) | | 18263 |
| Japão | Department of Genetic Resources National Institute of Agrobiological Sciences (NIAS) | 13 | 5061 |
| Paquistão | Plant Genetic Resources Programme (PGRP) | 16 | 1716 |
| Europa | | | |
| Rússia | NI Vavilov All-Russian Scientific Research institute of Plant Industry (VIR) | | 3963 |
| França | Laboratoire des Ressources Genetiques et Amelioration des Plantes Tropicales, ORSTOM, Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le Developpement (CIRAD) | 27 | 7278 |
| Austrália | | | |
| Austrália | Australian Tropical Crops and Forages Genetic Resources Centre (ATCFA) | 346 | 4144 |

Fonte: adaptado de Venkateswaran et al. (2019).

As coleções mundiais de sorgo somam 235.690 acessos (98,3% são cultivados e 1,7% são parentes silvestres e invasores), dos quais a maioria é conservada na Ásia (39,2%), nas Américas (35,7%) e na África (16,4%) (Upadhyaya et al., 2017). A coleção nacional de sorgo indiano mantida no National GeneBank do National Bureau of Plant Genetic Resources, Nova Delhi, compreende 20.066 acessos, o que representa apenas 8,5% das coleções globais de sorgo. Além dessa coleção, o Instituto Indiano de Pesquisa de Millets, Hyderabad, Índia, também mantém um conjunto de coleções em seu módulo de armazenamento de médio prazo. São 23.086 acessos a granel. Atualmente, a coleção de sorgo do ICRISAT, que é uma das maiores, contém 39.553 (16,8% das coleções globais) acessos originários de 93 países e compreende 34.156 variedades locais, 4.836 linhas de reprodução avançada, 100 cultivares e 461 parentes selvagens e invasores. Na Tabela 1, são listadas as principais coleções de bancos de germoplasma de acordo com Venkateswaran et al. (2019). No Brasil, acessos de sorgo são mantidos na Embrapa Milho e Sorgo, com cópias de parte destes acessos na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Referências

ARNOLD, T. H. African Biodiversity & Conservation. **Bothalia**, v. 14, n. 3, p. 587-594, 1983.

BAPAT, D. R.; MOTE, U. N. Sources of shootfly resistance in Sorghum. **Journal of the Maharashtra Agricultural University**, v. 7, p. 238-240, 1982.

BORRELL, A. K.; DOUGLAS, A. C. L. Maintaining green leaf area in grain sorghum increased nitrogen uptake under post-anthesis drought. **International Sorghum and Millets Newsletter**, v. 38, p. 89-92, 1997.

BORRELL, A. K.; BIDINGER, F. R.; SUNITHA, K. Stay-green associated with yield in recombinant inbred sorghum lines varying in rate of leaf senescence. **International Sorghum and Millets Newsletter**, v. 40, p. 31-33, 1999.

BROWN, P. J.; MYLES, S.; KRESOWICH, S. Genetic support for a phenotype-based racial classification in sorghum. **Crop Science**. v. 51, p. 224-230, 2011.

CARMO, C. M. **Sorgo no Ceará: pesquisa e perspectiva**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1977.

CELARIER, P. R. Cytotaxonomy of Andropogoneae. **Cytologia**, v. 24, n. 3, p. 285, 1959.

CLAYTON, W. D. Andropogoneae. In: SODERSTROM, T. R.; HILU, K. W.; CAMPBELL, C. S.; BARKWORTH, M. E. (ed.). **Grass systematics and evolution**. Washington: Smithsonian Institution Press, 1987. p. 307-309.

CLAYTON, W. D.; RENVOIZE, S. A. **Genera graminum: grasses of the world**. Kew: Royal Botanic Gardens, 1986.

DAHLBERG, J. A.; SPINKS, M. S. Current status of the US sorghum germplasm collection. **International Sorghum and Millets Newsletter**, v. 36, p. 4-12, 1995.

DAMANIA, A. B. The Hindustan centre of origin of important plants. **Asian Agri-History**, v. 6, n. 4, p. 333-341, 2002.

DE WET, J. M. J. Systematics and evolution of sorghum Sect. Sorghum (Gramineae). **American Journal of Botany**, v. 65, p. 477-484, 1978.

DILLON, S. L.; SHAPTER, F. M.; HENRY R. J.; CORDEIRO, G.; ISQUIERDO, L.; LEE, S. Domestication to crop improvement: genetic resources for sorghum and saccharum (Andropogoneae). **Annals of Botany**, v. 100, n. 5, p. 975-989, 2007.

DOGGETT, H. **Sorghum** 2. ed. Harlow: Longman, 1988.

EBERHART, S. A.; BRAMEL-COX, P. J.; PRASADA-RAO, K. E. Preserving genetic resources. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GENETIC IMPROVEMENT OF SORGHUM AND PEARL MILLET, 1996, Lubbock. **Proceedings...** Cali: INTSORMIL: ICRISAT, 1997. p. 25-41.

ELLIS, R. H.; QI, A.; CRAUFURD, P. Q.; SUMMERFIELD, R. J.; ROBERTS, E. H. Effects of photoperiod, temperature and asynchrony between thermoperiod and photoperiod on development to panicle initiation in sorghum. **Annals of Botany**, v. 79, n. 2, p. 169-178, 1997.

FAO. **International undertaking on plant genetic resources**. Rome, 1983. Disponível em: [http://www.fao.org/docrep/x5563E/X5563e0a.htm#e.%20plant%20genetic %20resources%20\(follow%20up%20of%20conference%20resolution%20681](http://www.fao.org/docrep/x5563E/X5563e0a.htm#e.%20plant%20genetic%20resources%20(follow%20up%20of%20conference%20resolution%20681). Acesso em: 5 out. 2020.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do sorgo**. Jaboticabal: Funep, 2009. 202 p.

FRANZMANN, B. A.; HARDY, A. T. Testing the host status of Australian indigenous sorghums for the sorghum midge. In: AUSTRALIAN SORGHUM CONFERENCE, 3., 1996, Tamworth. **Proceedings...** Melbourne: Australian Institute of Agricultural Science, 1996. p. 365-367.

HARLAN, J. R.; DE WET, J. M. J. A simplified classification of cultivated plants. **Taxon**, v. 20, p. 509-517, 1972.

HOUSE, L. R. **A guide to sorghum breeding**. 2. ed. Patancheru: International Crops Research Institute for the Semi-Arid tropics, 1985. 206 p.

HOUSE, L. R.; OSMANZAI, M.; GOMEZ, M. I.; MONYO, E. S.; GUPTA, S. C. Agronomic principles. In: DENDY, D. A. V. (Ed). **Sorghum and millets: chemistry and technology**: St Paul: American Association of Cereal Chemists, 1995. p. 27-67.

INTERNATIONAL BOARD FOR PLANT GENETIC RESOURCES. **Descriptors for sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench)**. Rome, 1993.

INTERNATIONAL BOARD OF PLANT GENETIC RESOURCES. **Report for the first meeting of the Advisory Committee on Sorghum and Millets Germplasm**. Rome, 1976.

KAMALA, V.; SINGH, S. D.; BRAMEL, P. J.; RAO, D. M. Sources of resistance to downy mildew in wild and weedy sorghums. **Crop Science**, v. 42, n. 4, p. 1357-1360, 2002.

KARUNAKAR, R. I.; NARAYANA, Y. D.; PANDE, S.; MUGHOGHO, L. K.; SINGH, S. D. Evaluation of wild and weedy sorghums for downy mildew resistance. **International Sorghum and Millets Newsletter**, v. 35, p. 104-106, 1994.

KOMOLONG, B.; CHAKRABORTY, S.; RYLEY, M.; YATES, D. Identity and genetic diversity of the sorghum ergot pathogen in Australia. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 53, n. 6, p. 621-628, 2002.

MANN, J. A.; KIMBER, C. T.; MILLER, F. R. **The origin and early cultivation of sorghums in Africa**. Texas: Texas Agricultural Experiment Station, 1983. (Texas Agricultural Experiment Station Bulletin, 1454). Disponível em: <http://hdl.handle.net/1969.1/128074>. Acesso em: 5 out. 2020.

MENGESHA, M. H.; PRASADA RAO, E. K. **Current situation and future of sorghum germplasm**. Mali: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 1982.

MILLER, F.; MULLER, N.; MONK, R.; MURTHY, D. S.; OBILANA, A. B. Breeding photoperiod insensitive sorghums for adaptation and yield. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GENETIC IMPROVEMENT OF SORGHUM AND PEARL MILLET, 1996, Lubbock. **Proceedings...** Cali: INTSORMIL: ICRISAT, 1997.

MILLER, F. R. Genetic and environmental response characteristics of sorghum. In: HOUSE, L. R.; MUNGHOGHO, L. K.; PEACOCK, J. M. (ed.). **Sorghum in the eighties**. Patancheru: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 1982. p. 393-402.

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 Science of the United States of America**, v. 110, n. 2, p. 453-458, 2013.

MURTY, B. R.; ARUNACHALAM, V.; SAXENA, M. B. L. Cataloguing classifying a world collection of genetic stocks of sorghum. **Indian Journal of Genetics**, v. 27, p. 313-337, 1967.

NATIONAL PLANT GERMPLASM SYSTEM. **Genetic resource collections**. Disponível em: <<https://www.ars-grin.gov/Pages/Collections>>. Acesso em: 6 out. 2020.

NETTO, D. A. M. **Coleção de base e coleção ativa**: o banco de germoplasma de sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 99).

PAUL, C. L. Aspectos fisiológicos del crecimiento y desarrollo del sorgo. In: PAUL, C. L. **Agronomía del sorgo**. Patancheru: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 1990. p. 43-68.

PRASADA RAO, K. E.; MENGESHA, M. H.; REDDY, V. G. International use of sorghum germplasm collection. In: BROWN, A. H. D.; FRANKEL, O. H.; MARSHALL, D. R.; WILLIAMS, J. T. (ed.). **The use of plant genetic resources**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p. 150-167.

QINGSHAN, L.; DAHLBERG, J. A. Chinese sorghum genetic resources. **Economic Botany**, v. 55, n. 3, p. 401-425, 2001.

QUEIROZ, V. A. V.; VIZZOTTO, M.; CARVALHO, C. W. P.; MARTINO, H. S. D. **O sorgo na alimentação humana**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 133).

QUINBY, J. R. **Sorghum improvemem and the genetics of growth**. Texas: Texas A&M University, 1974.

RAI, K. N.; MURTY, D. S.; ANDREWS, D. J.; BRAMEL-COX, P. J. Genetic enhancement of pearl millet and sorghum for the semi-arid tropics of Asia and Africa. **Genome**, v. 42, n. 4, p. 617-628, 1999.

RAO, N. P. G.; RANA, B. S. Selection in temperate and tropical crosses of sorghum. In: HOUSE, L. R.; MUNGHOGHO, L. K.; PEACOCK, J. M. (ed.). **Sorghum in the eighties**. Patancheru: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 1982. p. 403-420.

REDDY, B. V. S.; KUMAR, A. A.; REDDY P. S.; ELANGO VAN, M. Sorghum germplasm: diversity and utilization. In: BANTILAN, M. C. S.; GOWDA, C. L. L.; REDDY, B. V. S.; OBILANA, A. B.; EVENSON, R. E. (ed.). **Sorghum genetic enhancement: research process, dissemination and impacts**. Patancheru: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 2006a. p. 153-169.

REDDY, B. B. S.; RAMESH, S.; REDDY, P. S. Sorghum genetic resources, cytogenetics and improvement. In: SINGH, R. J.; JAUHAR, P. P. (ed.). **Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement: cereals**. Boca Raton: CRC Taylor and Francis, 2006b. v. 2, p. 309-363.

REDDY, V. G.; RAO, N. K.; REDDY, B. V. S.; RAO, K. E. P. Geographic distribution of basic and intermediate races in the world collection of sorghum germplasm. **International Sorghum and Millets Newsletter**, v. 43, p. 15-17, 2002.

REDDY, P. S.; PATIL, J. V. **Genetic enhancement of rabi sorghum: adapting the Indian Durra**s. Amsterdam: Elsevier, 2015. 248 p.

ROCKEFELLER FOUNDATION. **World collection of sorghums: list of pedigrees and origins**. New York, 1970.

ROONEY, W. L.; SMITH, C. W. Techniques for developing new cultivars. In: SMITH, C. W.; FREDERIKSEN, R. A. (ed.). **Sorghum: origin, history, technology and production**. New York: John Wiley & Sons, 2000. p. 329-347.

ROSENOW, D. T.; CLARK, L. E. Drought and lodging resistance for a quality sorghum crop. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE, 50., 1995, Chicago. **Proceedings...** Chicago: ASTA, 1995, p. 82-97.

ROSENOW, D. T.; DAHLBERG, J. A. Collection, conversion and utilization of sorghum. In: SMITH, C. W.; FREDERIKSEN, R. A. (ed.). **Sorghum: origin, history, technology and production**. New York: John Wiley, Sons, 2000. p. 309-328.

ROSENOW, D. T.; WOODFI, N. C. A.; CLARK, L. E.; SIJ, J. W. Drought resistance in exotic sorghum. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY; ANNUAL MEETING OF

THE CROP SCIENCE SOCIETY OF AMERICA; ANNUAL MEETING OF THE SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, 1999, Salt Lake City. **Abstracts...** Madison: Agronomy Society of America, 1999. p. 166.

SANTOS, F. G.; CASELA, C. R.; WAQUIL, J. M. Melhoramento de sorgo. In: BORÉM, A. (ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. p. 605-658.

SHARMA, H. C.; FRANZMANN, B. A. Host-plant preference and oviposition responses of the sorghum midge, *Stenodiplosis sorghicola* (Coquillett) (Dipt., Cecidomyiidae) towards wild relatives of sorghum. **Journal of Applied Entomology**, v. 125, p. 109-114, 2001.

SMITH, O.; NICHOLSON, W. V.; KISTLER, L.; MACE, E.; CLAPHAM, A.; ROSE, P.; STEVENS, C.; WARE, R.; SAMAVEDAM, S.; BARKER, G.; JORDAN, D.; FULLER, D. Q.; ALLABY, R. G. A domestication history of dynamic adaptation and genomic deterioration in Sorghum. **Nature Plants**, v. 5, p. 369-379, 2019.

SORGO. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, 1918.

SWEARINGIN, M. L.; FOLEY, J. R.; MORRIS, W. H. M.; NEVES, J. D. **Estudo da viabilidade do sorgo granífero para o Nordeste brasileiro**. College Station: Universidade de Purdue, 1971. 148 p.

UPADHYAYA, H. D.; REDDY, K. N.; VETRIVENTHANA, M.; AHMEDD, M. I. A.; KRISHNAD, G. M.; REDDY, M. T.; SINGHA, S. K. Sorghum germplasm from West and Central Africa maintained in the ICRISAT genebank: Status, gaps, and diversity. **The Crop Journal**, v. 5, n. 6, p. 518-532, 2017.

VAVILOV, N. I. **Origin and geography of cultivated plant**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 505 p.

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.

WENDORF, F.; CLOSE, A. E.; SCHILD, R.; WASYLIKOWA, K.; HOUSLEY, R. A.; HARLAN, J. R.; KRÓLIK, H. Saharan exploitation of plants 8,000 years bp. **Nature**, v. 359, p. 721-724, 1992.

WINCHELL, F.; BRASS, M.; MANZO, A.; BELDADOS, A.; PERNA, V.; MURPHY, C.; STEVENS, C.; FULLER, D. Q. On the origins and dissemination of domesticated sorghum and pearl millet across Africa and into India: a view from the Butana Group of the Far Eastern Sahel. **African Archaeological Review**, v. 35, p. 483-505, 2018.