



evada

Eduardo Caierão

A cevada é o quarto cereal de maior importância no mundo, ficando atrás do milho, do trigo e do arroz. Sua produção está concentrada principalmente nas regiões temperadas da Europa, da Ásia e da América do Norte, mas também é cultivada em ambientes subtropicais como o Sul do Brasil, a Argentina, o Uruguai e a Austrália.

Desde sua domesticação, a cevada vem sendo alterada geneticamente, visando à adaptação a diferentes condições ambientais, sistemas de produção e usos do grão. A variabilidade genética (natural e induzida) acumulada ao longo da história tem permitido ao melhoramento o avanço necessário com vistas à manutenção da cultura na posição que ocupa no cenário mundial de produção de alimentos.

A cevada pode ser utilizada de diferentes formas, dependendo do contexto em que está inserida. Em nível mundial, mais de 90 % de sua produção é destinada à alimentação animal e somente 5 % são empregados na

produção de malte – matéria-prima para a produção de cerveja. Outros 5 % são usados como semente. No Brasil, a situação é distinta. Toda a cevada produzida é destinada às indústrias malteiras, exceto quando a qualidade do produto não atende às especificações exigidas para o fim cervejeiro, conforme portaria 691 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), de 1996 (BRASIL, 2006).

Sem dúvida, apesar da pequena proporção destinada ao uso cervejeiro em nível mundial, essa finalidade é a mais conhecida, principalmente pela sua aptidão qualitativa, conseqüência de um balanceamento aromático e sensorial. O mesmo malte utilizado na produção da cerveja também pode ser destinado à produção de café, quando torrado, sendo muito aceito por não possuir cafeína. Ao longo do período de melhoramento genético desse cereal, poucos esforços foram destinados à melhoria de sua qualidade nutricional, a fim de ser utilizada na alimentação humana direta.

A área cultivada com cevada no mundo já foi muito maior, principalmente na década de 1970, quando os patamares máximos de cultivo foram obtidos. Desde então, essa área tem diminuído, estabilizando-se em torno dos 50 milhões de hectares na virada do século. Existem dois fatores básicos que justificam esse comportamento. O primeiro deles diz respeito ao surgimento de híbridos de milho cada vez mais produtivos, ocupando o espaço do mercado da cevada forrageira para alimentação animal. O segundo está relacionado à comercialização restrita quando o fim considerado é o cervejeiro (LANGRIDGE; BARR, 2003). Além disso, o rendimento mundial de grãos médios tem crescido sensivelmente ao longo do tempo, conseqüência dos esforços de empresas públicas e privadas de pesquisa em diferentes países (Fig. 1).

A situação sul-americana não é muito diferente. A área cultivada na América do Sul já chegou a ser de 1,3 milhão de hectares no início da década de 1960. Depois disso, caiu sistematicamente até meados da década de 1980, quando

um crescimento gradual teve início, atingindo valores próximos a 900 mil hectares em 2005. A Argentina é a maior produtora sul-americana de cevada e detém os melhores rendimentos de grãos. Chile, Uruguai e Brasil completam o grupo de representatividade no continente. Os rendimentos médios sul-americanos são similares aos mundiais ao longo do tempo (Fig. 2).

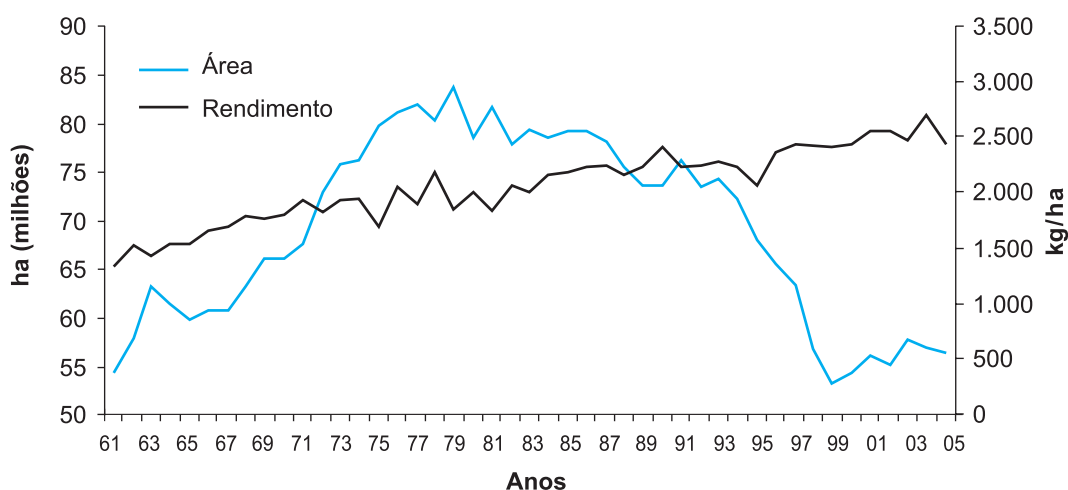


Fig. 1. Evolução da área cultivada e do rendimento de grãos de cevada no mundo, de 1961 a 2005. Fonte: FAO (2006).

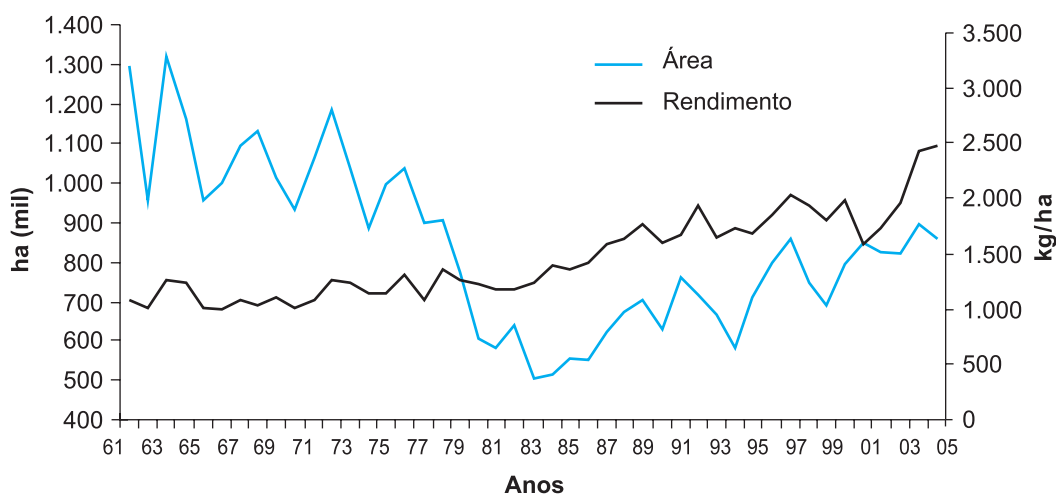


Fig. 2. Evolução da área cultivada e do rendimento de grãos de cevada na América do Sul, de 1961 a 2005. Fonte: FAO (2006).

Em relação ao Brasil, por consequência das condições climáticas instáveis nas regiões de cultivo (geadas tardias e precipitação elevada no período de colheita), tanto a área quanto o rendimento de grãos da cevada oscilam com mais intensidade de ano para ano (Fig. 3). Essa instabilidade é ainda agravada pela ausência de uma política de comercialização estável ao longo dos anos, já que, por vezes, é definida em função do custo de produção, outras vezes vinculada ao dólar e, ainda, em algumas situações, baseada no preço de outros cereais, como o trigo.

A cevada produzida no Brasil, tendo como parâmetro de referência a safra de 2005, é suficiente para abastecer somente $\frac{2}{3}$ da demanda das maltarias instaladas no País. O volume restante é importado, principalmente da Argentina e da Europa.

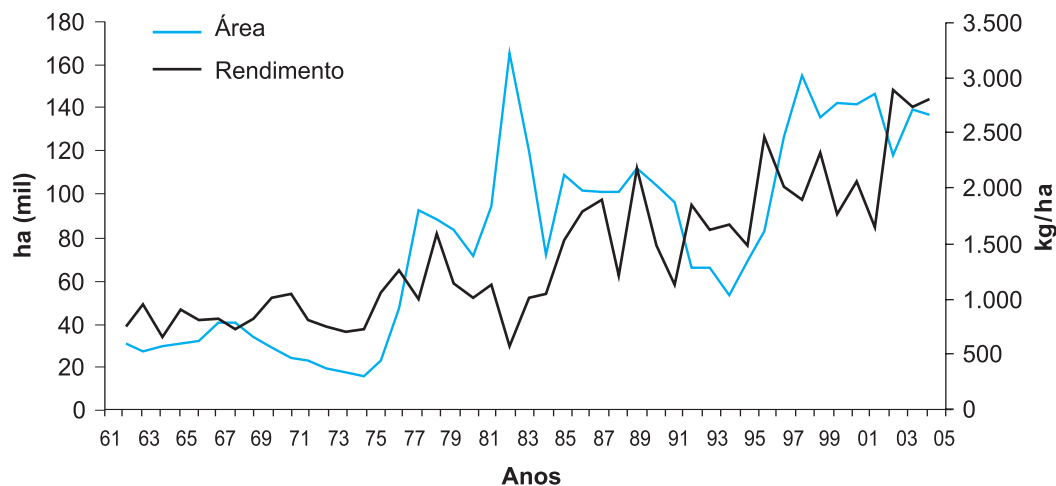


Fig. 3. Evolução da área cultivada e do rendimento de grãos de cevada no Brasil, de 1961 a 2005. Fonte: FAO (2006).

Botânica, taxonomia e citogenética

A cevada cultivada é uma planta da tribo Triticeae, pertencente à família das gramíneas e ao gênero *Hordeum*, o qual é composto por 32 espécies descritas (BOTHMER et al., 1991).

O gênero *Hordeum* se caracteriza por possuir três espiguetas uniflorais, providas de ráquila unida ao grão. A espiguetas central é sempre fértil enquanto as laterais são, usualmente, estéreis. Cada espiguetas possui estruturas de proteção, denominadas de pálea e lema. Esta última pode apresentar arista ou ser mútica.

Hordeum vulgare é a única espécie cultivada do gênero e apresenta três subespécies: *Hordeum vulgare* ssp. *vulgare* (cevadas hexásticas – seis fileiras), *Hordeum vulgare* ssp. *distichum* (cevadas dísticas – duas fileiras) e *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum* (cevadas de ráquis frágil, em geral silvestres). A espécie caracteriza-se por ser diplóide ($2n=2x=14$), e todas as subespécies são normalmente interférteis. A obtenção de tetraplóides ($2n=2x=28$) é possível via duplicação do número básico de cromossomos com colchicina; porém, em virtude dos problemas de fertilidade, nenhum interesse prático tem sido atribuído a essas formas (MOLINA-CANO, 1989).

História antiga: origem, domesticação e dispersão da cevada

Origem

Durante os últimos 50 anos, foram acumuladas inúmeras evidências de diferentes áreas de pesquisa para explicar a origem e evolução das culturas, bem como seu processo de domesticação. A cevada está entre as espécies mais estudadas sob aspectos históricos, a partir dos quais fica evidente sua importância para as diferentes civilizações em que foi cultivada na forma domesticada.

Evidências arqueológicas indicam que os primeiros sinais de cultivo (agricultura propriamente dita) datam do

período neolítico, aproximadamente 7000 a.C., e correspondem à cultura do trigo (trigo einkorn [cultivado]: *T. monococcum* – e trigo emmer [cultivado]: *T. turgidum*), da cevada duas fileiras, da ervilha e da lentilha (ZOHARY, 1973). Bar Josef e Kislev, em 1986, encontraram restos de *H. vulgare* e *H. spontaneum* datados de 8260 e 7800 a.C. Esses indicativos se referem à região do Oriente Médio, especificamente próximos ao Delta do Nilo, entre os rios Tigres e Eufrates, onde hoje se localizam Israel, Jordânia e Síria. Embora o local de origem seja quase uma unanimidade entre os pesquisadores, os ancestrais envolvidos no processo de domesticação da cevada são motivo de teorias divergentes.

O primeiro a dedicar esforços significativos ao estudo da origem das plantas cultivadas foi Alphonse De Candolle e, até hoje, seu trabalho, publicado em 1882 e reeditado em 1886, é considerado um marco no estudo da evolução das espécies. Especificamente em relação à cevada, após a análise das evidências existentes, De Candolle concluiu que existiam duas hipóteses para explicar a origem desse cereal. A primeira delas é que a cevada seis fileiras foi derivada de uma forma silvestre de duas fileiras e, a segunda, que o progenitor da cevada seis fileiras já existia previamente (DE CANDOLLE, 1959).

Vavilov, renomado pesquisador russo, foi o próximo a realizar contribuições importantes para a compreensão da origem e evolução das plantas cultivadas. Em seu primeiro trabalho, envolvendo mais de 16 mil coleções de cevada, oriundas de diferentes regiões produtoras desse cereal ao redor do mundo, as conclusões referentes ao possível centro de origem da cevada foram equivocadas. Nomeado como *Estudo da origem das plantas cultivadas* e publicado em 1926, seu trabalho apontou a Etiópia como o centro de origem da cevada, mesmo sem muita convicção (HARLAN, 1979). Mais tarde, em publicações realizadas em 1951 e 1957, o próprio autor reconsiderou suas publicações anteriores, classificando a Etiópia como um

centro secundário de origem da cevada, principalmente levando em consideração que nenhum registro de formas silvestres do cereal foi encontrado na região.

Em 1885, Körnicke e Werner propuseram que a espécie *H. spontaneum* fosse a forma antecessora das cevadas de duas e de seis fileiras. Pouco depois, em 1914, Tschermak concluiu que isso não seria possível e que, de algum modo, alguma forma de cevada seis fileiras estaria envolvida no processo de domesticação. Considerando que a tendência evolutiva das gramíneas em geral e do gênero *Hordeum*, em particular, segue em direção à redução na fertilidade das espiguetas laterais, é improvável que a forma seis fileiras tenha sido recuperada a partir de um ancestral de duas fileiras. Assim, uma das primeiras especulações foi de que a espécie *H. spontaneum* (duas fileiras) teria sido derivada de uma espécie silvestre de seis fileiras. Ao encontro dessa teoria, Elizabeth Schiemann (1932) propôs que algumas espécies silvestres desconhecidas de seis fileiras dessem origem a formas de seis fileiras e duas fileiras, tanto silvestres quanto domesticadas. Vários pesquisadores da época apoiaram essa teoria.

Em 1938, Alberg anunciou que a “possível” forma silvestre de seis fileiras, tida como provável ancestral das cevadas cultivadas, tinha sido encontrada e foi chamada de *H. agriocrithon*. A descoberta foi baseada em registros derivados de duas sementes encontradas em amostras de trigo coletadas por Harry Smith em Taofu, Tibet, em 1934. O achado científico de Alberg chamou a atenção dos cientistas com relação às cevadas do Tibet e, logo, diversas variedades botânicas dessa espécie foram descritas. Freisleben (1940) sugeriu que essa espécie teria sido uma forma primitiva de cultivo, que manteria a fragilidade da ráquis, e Alberg (1938), que ela poderia ter sido uma invasora nas lavouras da época.

A partir daquele momento, diversas teorias em relação à origem da cevada cultivada surgiram, mas a maioria delas

tinha a espécie *H. agriocrithon* como a precursora da origem de todas elas, incluindo *H. spontaneum* (HARLAN, 1979). Em 1940, Freisleben desenvolveu a teoria de que tanto *H. spontaneum* quanto *H. agriocrithon* seriam espécies silvestres. O cruzamento entre elas, a partir do cultivo nas mesmas regiões, teria originado um complexo de cevadas de seis fileiras, com diferentes formas.

Atualmente, *H. spontaneum* é reconhecida por ser a única origem de todas as cevadas cultivadas. *H. agriocrithon* teria sido originada do cruzamento ocasional de *H. spontaneum* e cevadas de seis fileiras existentes (BOTHMER, 1991; BADR et al., 2000).

Registros de cevada cultivada datando entre 6000 e 7000 a.C. foram encontrados no Irã, na Síria, na Palestina e na Turquia, o que sugere que, naquele período, a domesticação das formas silvestres já havia ocorrido (RENFREW, 1969).

Domesticação

O processo de transição entre a forma silvestre e a forma cultivada de uma espécie é denominado de domesticação, e é caracterizado por ser contínuo e progressivo, estender-se no tempo e no espaço e possuir um ponto de origem no tempo, que, em muitos casos, não é determinado com precisão, por estar situado em períodos pré-históricos.

A domesticação da cevada teve início na própria região de sua origem, precisamente entre os vales dos rios Tigre e Eufrates, na Mesopotâmia antiga, entre 7000 e 6000 a.C. (Fig. 4). Entretanto, esse processo se estendeu tendo como limite ocidental o Marrocos e oriental os altiplanos chineses, indianos e o Nepal (MOLINA-CANO, 1989). Assim, considera-se que a cevada cultivada não possui um centro específico de domesticação, mas um conjunto deles.

O surgimento das primeiras formas cultivadas de cevada foi resultado de mutações espontâneas ocorridas em três

genes independentes, situados no cromossomo 3, todos envolvidos com a característica “resistência da ráquis da espiga”. As formas mutantes recessivas dos genes Bt_1 , Bt_2 e Bt_3 , de maneira aditiva, deram origem a plantas de cevada com espigas mais resistentes, viabilizando sua colheita e propagação. Assim, essas formas foram favorecidas no processo de seleção daqueles que cultivavam o cereal, de maneira inconsciente, mas eficaz (MOLINA-CANO, 1989). Algumas teorias referentes ao processo de domesticação da cevada não consideram essa mutação tão importante no processo evolutivo, principalmente porque, em algumas localidades, a cevada era colhida ainda verde e, posteriormente, curada (HARLAN, 1979); entretanto, segmento pouco significativo de historiadores apoia essa linha de raciocínio quanto ao processo de domesticação da cultura.

Outras duas mutações de importância significativa no processo de domesticação foram as relacionadas aos genes V (cromossomo 2) e N (cromossomo 4). A primeira delas diz respeito ao número de fileiras da espiga onde a forma recessiva (v) está ligada ao surgimento de espigas com 6 fileiras e, a segunda, à casca do grão, onde a forma recessiva (n) relaciona-se ao grão nudo.

Dispersão

A história da cevada, como cultura propriamente dita, teve início no Oriente Médio, em regiões áridas, como a Mesopotâmia e o Egito, principalmente em virtude da salinização desses solos e da conseqüente redução significativa na produção de trigo, cultura mais sensível que a cevada em relação a essas condições. Nesse contexto, a cevada passava a ser a principal cultura da época e, ao redor de 1800 a.C., já havia uma monocultura desse cereal. Não se sabe o porquê, mas registros indicam que o rendimento das lavouras caiu bruscamente ao longo do tempo (JACOBSEN; ADAMS, 1958). Na época, a cevada era conhecida como um alimento forte, relacionado a

guerreiros e vitoriosos. Os gladiadores da época eram chamados de “hordearii” ou “homens-cevada”, pois utilizavam o cereal na sua alimentação (HARLAN, 1979).

De acordo com evidências arqueológicas, a cevada chegou à Espanha no quinto milênio antes de Cristo e, um pouco mais tarde, na região do Reno. Sua dispersão ocorreu para o leste, chegando à Índia no final daquele milênio e à China em meados do segundo milênio. Simultaneamente, a cevada também foi levada para a Etiópia, onde passou a ser uma das culturas dominantes (Fig. 4).

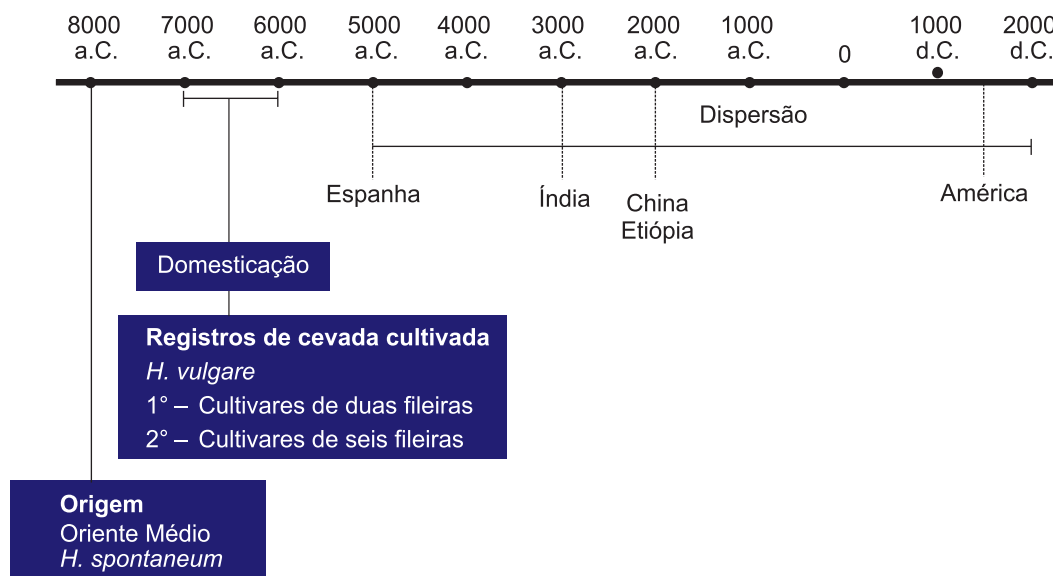


Fig. 4. Cronologia da origem, domesticação e dispersão da cevada cultivada (*Hordeum vulgare*).

História recente

O descobrimento da América também marcou a introdução da cevada no continente americano. Os registros existentes indicam que o cereal foi trazido na segunda expedição de Cristóvão Colombo, em janeiro de 1494. Entretanto, existem vários indícios de que, já na primeira expedição, ele trazia consigo sementes de cevada. Dando seguimento à sua viagem exploratória, em 1492, marco

histórico para a América, Colombo continuou sua missão com o objetivo de descobrir novas ilhas. Exatamente no dia de Natal desse ano, seu veleiro, Santa Maria, naufragou ao norte do Haiti, fazendo que parte significativa da sua tripulação fosse deixada no local, e o restante retornasse para a Espanha em outras embarcações. Antes de partir, entretanto, Colombo construiu uma base no local, a qual chamou de La Navidad. A narrativa do livro de Morison (1942) caracteriza o ocorrido:

Navidad Fort was built largely of Santa Maria's planks, timbers, and fastenings, and provided a "great cellar" for storage of wine, biscuits, and other stores salvaged from the flagship. Seeds for sowing crops and a supply of trading truck to barter for gold were also left. (O forte de Navidad foi construído basicamente de vigas de "Santa Maria", tábuas e amarras, servindo como um grande armazém para armazenamento de vinho, biscoitos e outros materiais recuperados da captania. Sementes para a semeadura das culturas e um suprimento de mercadorias, a fim de negociar com o ouro ali deixado.)

Esse relato não identifica quais as sementes que foram deixadas, mas é muito provável que a cevada estivesse entre elas.

O registro da segunda viagem de Colombo à América é definitivo com relação à introdução da cevada e do trigo. Saindo da Espanha e dirigindo-se diretamente a La Navidad, onde havia deixado uma colônia com suprimentos, encontrou-a totalmente destruída e, por conseqüência, procurou um outro local, não longe de Navidad, chamado de Isabella, nomenclatura dada em homenagem à rainha da Espanha. Em janeiro de 1494, a nova colônia foi estabelecida e Colombo enviou sua frota para a Europa em busca de mais suprimentos e, junto com ela, uma carta ao rei e rainha, que é o único registro da segunda expedição ao Novo Mundo. Parte da transcrição feita por Thacher (1903) faz referência direta à cevada:

Consequently, for the preservation of health, after God, it is necessary that these people be provided with the provisions to which they are accustomed in Spain, because

neither they, nor others who may come anew, will be able to serve her Highness if they are not well: and this provision must continue until a supply is accumulated here from what shall be sowed and planted here. I say wheat and barley, and vines... (Conseqüentemente, para a preservação da saúde, depois de Deus, é necessário que estas pessoas sejam munidas com os suprimentos com os quais estavam habituados na Espanha, porque nenhuma delas, nem outras que possam vir, estarão em condições de servir Sua Alteza se não estiverem bem; este suprimento deve continuar até que um estoque seja acumulado aqui, com culturas já produzidas no local. Eu diria trigo, cevada e parreiras...)

Essa narrativa define, portanto, o primeiro registro de introdução de cevada na América.

Por estar localizada próxima aos trópicos, Isabella não apresentava as condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura da cevada e, portanto, a cultura não se desenvolveu nessa região.

A cevada na América do Norte

Registros históricos fazem referência a duas rotas de entrada desse cereal no continente norte-americano, sendo uma na costa nordeste dos Estados Unidos, ao sul do atual Estado de Massachusetts, e a outra na costa sudoeste, na divisa entre os Estados Unidos e o México. A rota atlântica de entrada foi estabelecida em 1602 e 1611, respectivamente por Gosnold e colonizadores da Companhia Inglesa (HARLAN et al., 1925), enquanto a rota oeste foi estabelecida no início do século 17, via missões espanholas à América. Hendry (1931) encontrou sementes de cevada em muitos tijolos utilizados nas construções dos primeiros estabelecimentos dos missionários espanhóis. Entre as quais a mais antiga data de 1701, no sul do atual Estado do Arizona, na missão denominada de San Cayetano del

Tumacacori. O estabelecimento original dos espanhóis foi em regiões áridas, adequadas ao cultivo das cevadas na Espanha que, por sua vez, eram de origem norte-africana. Dessa forma, a cevada teve um estabelecimento apropriado nas regiões de clima semelhante, principalmente no México e nos estados americanos do Arizona e da Califórnia (WIEBE, 1979).

Com a chegada dos ingleses à América, foram introduzidas cevadas de ciclo mais longo, de duas fileiras, comuns na Inglaterra, tais como Chevalier e Thorpe. Essas cultivares eram mais adaptadas a regiões frias e de baixa umidade. Dessa forma, como as condições costeiras do Atlântico, principalmente, não eram adequadas, o cereal foi, gradativamente, deslocado para regiões continentais, em direção ao oeste, consolidando-se no meio-oeste americano (WIEBE, 1979).

A cevada na América do Sul

Relatos da época não definem com precisão a data inicial do cultivo desse cereal na América do Sul, mas é provável que tenha sido no momento da fundação do Forte Sancti Spiritus, na atual província de Buenos Aires (Argentina), pelo italiano Sebastián Gaboto, junto com o primeiro registro de semeadura de trigo no território argentino, em 1527 (TOMASSO, 1993). Isso leva a crer que foi introduzida junto com sementes de trigo, por causa da dificuldade na separação desses grãos.

Depois da conquista do Peru, em 1531, os cultivos de trigo e de cevada eram muito conhecidos na América. A cevada se expandiu pelos Andes, substituindo o “trigo” dos incas: *Amaranthus* e quinoa (ÁRIAS, 1995).

Em 1556, sua utilização já era muito comum no Chile, onde havia, até mesmo, um decreto de preço máximo de venda a ser cobrado pelo grão, no Município de Santiago do Chile (ÁRIAS, 1995).

Em 1584, Frei Cardim relata o primeiro cultivo de cevada em território brasileiro, no atual Estado de São Paulo (ÁRIAS, 1995). Nesse mesmo período, o frei Vicente de Salvador faz referências à extensão da cultura para regiões mais ao sul, principalmente em virtude das temperaturas mais amenas e da maior umidade.

Depois desses primeiros cultivos na América, cada novo grupo de imigrantes do continente europeu, principalmente alemães e italianos, trouxe suas próprias sementes de cevada. Com isso, ocorreu naturalmente a ampliação da variabilidade genética do cereal, tanto por cruzamentos naturais e mutações quanto por seleção natural. Na Argentina, no Chile, no Brasil e, especialmente, nos países andinos consolidaram-se populações locais de trigo e cevada (ÁRIAS, 1995).

No Rio Grande do Sul, a cultura foi referida como estabelecida por Hildebrand somente no ano de 1854, em colônias alemãs, principalmente por causa da sua maior resistência à ferrugem, em comparação com a cultura do trigo.

O início dos trabalhos de melhoramento genético na América do Sul ocorreu no Uruguai, em 1912, e foi realizado por Alberto Boerger e Enrique Klein com a seleção de linhas puras de cevada resistentes à ferrugem-da-folha, a partir de populações conduzidas pelos colonos da época. Pouco mais tarde, com base no mesmo princípio, iniciou-se o melhoramento da cevada na Argentina e no Brasil (ÁRIAS, 1995).

Recursos genéticos no gênero *Hordeum*

Os resultados de um programa de melhoramento dependem, em primeira instância, da variabilidade existente no germoplasma disponível para a elaboração dos cruzamentos. Essa importância foi reconhecida pela primeira vez em 1893, quando uma unidade de coleta e

manutenção do germoplasma de cereais – denominada USDA Seed and Plant Introduction Section (THE NATIONAL..., 1971) – foi estabelecida nos Estados Unidos. A preservação do germoplasma de cevada, especificamente, teve início em Washington, DC, a partir da introdução de quatro acessos em 1894 e de 11 em 1895. A coleção desse cereal logo aumentou a partir de introduções da Rússia e da França, respectivamente, em viagens realizadas pelo curador, em 1898 e 1900.

Organizações internacionais passaram a atuar ativamente na manutenção dos recursos genéticos quando a FAO (Food and Agricultural Organization) organizou um encontro sobre o tema em 1961 (HARLAN et al., 1925). Pouco depois, em 1974, o CGIAR (Consultative Group of International Agriculture Research) estabeleceu o IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources) como uma organização científica internacional autônoma para promover trabalhos em rede, tais como coleta, conservação, documentação e avaliação do germoplasma de diferentes culturas (BARLEY, 1982). Em 1981, foi firmado um convênio entre o IBPGR e um grupo de trabalho para revisar as coleções existentes de cevada, identificar àquelas consideradas prioridade e discutir a distribuição do germoplasma para os diferentes programas do mundo.

Entre as principais coleções de cevada existentes mundialmente, cinco delas têm importância fundamental na preservação do germoplasma desse cereal:

- a) National Seed Storage Laboratory: localizado nos Estados Unidos, na Universidade do Estado do Colorado, em Fort Collins.
- b) Canadian Barley Collection Plant Gene Resources of Canada (PGRC): localizado no Canadá, na estação de pesquisa de Ottawa.
- c) National Institute of Agricultural Sciences (NIAS): localizado no Japão, em Tsukuba-gun.

d) Plant Genetic Resources Center: localizado na Etiópia, em Addis Ababa.

e) Nordic Gene Bank: localizado na Suécia, em Lund.

Outros centros de preservação dos recursos genéticos de cevada estão estabelecidos na Austrália (New South Wales Department of Agriculture), no Brasil (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia), na Bulgária (Institute of Introduction of Plant Genetic Resources – IIPGR), na Hungria (Research Center of Agrobotany), na Índia (Indian Agricultural Research Institute – IARI) e na Itália (Istituto del Germoplasma del CRN).

As diferentes espécies do gênero *Hordeum* podem ser agrupadas em três categorias, conforme o grau de relação com a cevada domesticada (BOTHMER et al., 1991). O pool gênico primário, composto por espécies altamente relacionadas com *H. vulgare*, que apresentam pequenas barreiras biológicas para a transferência genética, é composto por *landraces* de diferentes regiões ecogeográficas ao redor do mundo. A espécie *H. spontaneum* pertence a esse grupo. A maior dificuldade enfrentada pelos melhoristas, ao utilizar essa espécie com fonte de genes de resistência a doenças em cruzamentos (LEHMANN; BOTHMER, 1988), são as características indesejáveis, tais como debulha natural, grãos enrugados e variação com relação aos requerimentos de vernalização (dormência).

O pool gênico secundário, formado por todas as demais espécies selvagens do gênero, apresenta capacidade combinatória razoável com as espécies cultivadas, com a ocorrência de alguns fatores indutores de infertilidade. Como representante desse grupo, destaca-se a espécie *H. bulbosum*, nativa da região do Mediterrâneo e também muito utilizada em programas de melhoramento, principalmente por causa da presença de genes de resistência ao oídio – *Erysiphe graminis* f.sp. *hordei* (XU; SNAPE, 1989).

Todas as demais espécies do gênero pertencem ao pool terciário. Híbridos interespecíficos, desenvolvidos pelo cruzamento dessas espécies com as formas cultivadas, são inviáveis se não houver resgate de embrião, o que dificulta seu uso em maior escala nos programas de melhoramento. Até então, em virtude da alta incompatibilidade, esse grupo não foi muito aproveitado na cultura da cevada, mesmo que tenha valor significativo, quando consideradas as técnicas de transformação gênica.

A diversidade na forma e na coloração dos grãos de cevada é grande, embora muito aquém do milho, por exemplo. Normalmente, as cevadas cultivadas apresentam casca amarelo-clara, podendo ser encontradas também com casca marrom-escura e preta. A variabilidade no fenótipo do grão está associada diretamente ao tipo da cevada, ou seja, seu uso, e é encontrada em maior intensidade na África e na Ásia, especialmente na Etiópia e no Tibet.

Melhoramento genético de cevada

As primeiras pesquisas e ensaios de cevada no Brasil foram realizados em 1920, pelo agrônomo austríaco Carlos Gayer, juntamente com os experimentos de trigo, na Estação Experimental de Alfredo Chaves, em Veranópolis. A Cervejaria Continental (atual Companhia Brasileira de Bebidas – AmBev) instalou o primeiro campo experimental de cevada do Brasil, em 1941, no Município de Gramado, RS. Em 1950, a Companhia Antártica Paulista contratou a renomada empresa sueca Weibull, produtora de cultivares melhoradas, para que obtivesse linhas de cevada cervejeira adaptadas às condições do Sul do Brasil. A empresa iniciou seus trabalhos em Carazinho e, durante 20 anos, introduziu materiais segregantes de seu programa da Europa para a estação experimental local. Como diversas cultivares suecas apresentavam resistência à acidez tóxica do solo, e considerando-se que esse era um dos problemas do Sul do Brasil, bons resultados foram obtidos nesse

estágio do programa, com o lançamento de cultivares adaptadas. Um pouco mais tarde, a Companhia Cervejaria Brahma, que já havia adquirido a Cervejaria Continental, associou-se à Weibull para ampliar as pesquisas com o cereal. Nessa etapa, o professor Cláudio Barbosa Torres, então gerente de fomento e pesquisa dessa companhia, transferiu a estação experimental de cevada, de Gramado para Encruzilhada do Sul, RS, objetivando a manutenção da seleção quanto à acidez nociva do solo. De 1968 até 1994, a estação foi dirigida pelo engenheiro agrônomo Arlindo Göcks, e progressos significativos foram alcançados quanto à adaptação das linhagens e quanto à qualidade malteira. Ainda nesse período, precisamente em 1970, por conseqüência da redução da produção de cevada no País e desestímulo da pesquisa, a Weibull do Brasil encerrou suas atividades e distribuiu todo o germoplasma para as companhias cervejeiras. Assim, iniciou o programa de melhoramento da Companhia Antártica Paulista, no Município de Papanduva, SC, que foi logo transferido para Paulo Frontin, PR, em 1975.

A elevação dos preços no mercado internacional, em 1973, reativou a produção e, conseqüentemente, a pesquisa de cevada. Com isso, já em 1974, a International Plant Breeders (IPB) iniciou seu programa de melhoramento no País. A partir de 1977, a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), por intermédio de seu Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), localizado em Passo Fundo, também iniciou trabalhos de melhoramento de cevada, fruto de uma das diretrizes do PLANACEM (Plano Nacional de Auto-Suficiência de Cevada e Malte), implantado pelo governo federal em 1976. Entre outras atividades, o centro foi incumbido de executar e coordenar pesquisas, diversificando e ampliando as da iniciativa privada (MINELLA, 1999). Assim, surgiu o programa de melhoramento de cevada da Embrapa, que, já na década de 1980, racionalizava os esforços das pesquisas públicas

e privadas. Dessa integração, surgiu a rede experimental utilizada para recomendação de cultivares que foi praticada até 2002, quando entrou em vigor a Lei de Proteção de Cultivares. Os anos de 1980 registraram ainda o início das atividades de melhoramento de cevada do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e, na Embrapa Cerrados, a intensificação da experimentação varietal na Cooperativa Agrária Entre Rios Ltda. e o encerramento das atividades do International Plant Breeders (IPB) (MINELLA, 1999).

Em 1994, as empresas Companhia Cervejaria Brahma, Companhia Antártica Paulista, Cervejarias Kaiser e Embrapa estabeleceram um convênio de apoio mútuo de pesquisa, oficializando muitas das atividades até então desenvolvidas. Desde então, o convênio está em vigor, mesmo com alterações nos membros participantes. Sem dúvida, poucas culturas possuem, de maneira organizada, esse tipo de cooperação mútua em prol de seu desenvolvimento.

Em 1995, o programa de melhoramento da Companhia Antártica Paulista foi transferido para o Município de Lapa, PR. Com a fusão das companhias cervejeiras (Antártica Paulista e Cervejaria Brahma) em 2000, originando a AmBev, os programas de melhoramento desse cereal no Brasil foram reunidos, embora com a manutenção de dois locais de seleção. Em 2002, a estação da Lapa foi fechada e a de Encruzilhada do Sul transferida para Passo Fundo, também no Rio Grande do Sul, onde se mantém até hoje. O principal objetivo desta última mudança foi a distância da estação da principal região produtora de cevada no estado, localizada no planalto gaúcho e, também, a busca por condições de ambiente favoráveis à ocorrência de oídio e de outras doenças, para auxiliar no processo de seleção por linhagens resistentes.

Desde o início dos trabalhos de melhoramento no Brasil, já foram registradas para cultivo 30 cultivares de cevada, das quais 16 da Embrapa, 10 da AmBev (Antártica + Brahma) e 4 de outras instituições. Somente quatro

cultivares estão protegidas: BRS 195, BRS 224, BRS 225 e BRS Borema.

A primeira estratégia de melhoramento da cevada utilizada no País foi a introdução de germoplasma, principalmente da Europa e América do Norte. Cultivares como Volla, da Alemanha, e Alpha, dos Estados Unidos, foram os primeiros materiais a serem cultivados no País. Logo após, a partir da seleção de linhas puras dentro de populações heterogêneas introduzidas, iniciou o segundo ciclo de lançamentos, onde tiveram origem as cultivares Antártica 1 e FM 404, por exemplo. Somente com a hibridação artificial (cruzamento) é que melhores resultados foram obtidos no País (MINELLA, 1999). Nesse contexto, foram geradas as cultivares BR 2, MN 698, BRS 195 e MN 716.

Atualmente, vários métodos de melhoramento têm sido utilizados pelos programas nacionais de pesquisa de cevada, dependendo da disponibilidade de recursos, de mão-de-obra e de objetivos específicos. O principal deles é o genealógico, seguido dos métodos massal, populacional e SSD (Single Seed Descend). Além disso, o uso de retrocruzamentos para recuperação de características desejáveis, após a introgressão de algum gene de interesse de uma cultivar com características indesejáveis, tem sido muito utilizado. Recentemente, o programa da Embrapa tem utilizado a técnica de duplo-haplóides, visando à redução do tempo de obtenção de uma linhagem. Bons resultados têm sido obtidos a esse respeito.

De maneira geral, o processo de lançamento de uma cultivar de cevada é complexo em relação a outros cereais. Isso acontece porque, além das etapas normais de melhoramento, as linhagens promissoras são submetidas a avaliações, em escala piloto, da qualidade do malte e da aptidão organoléptica e sensorial para a produção de cerveja, avaliações rigorosas indispensáveis para a aceitação da cultivar pela indústria (Fig. 5).

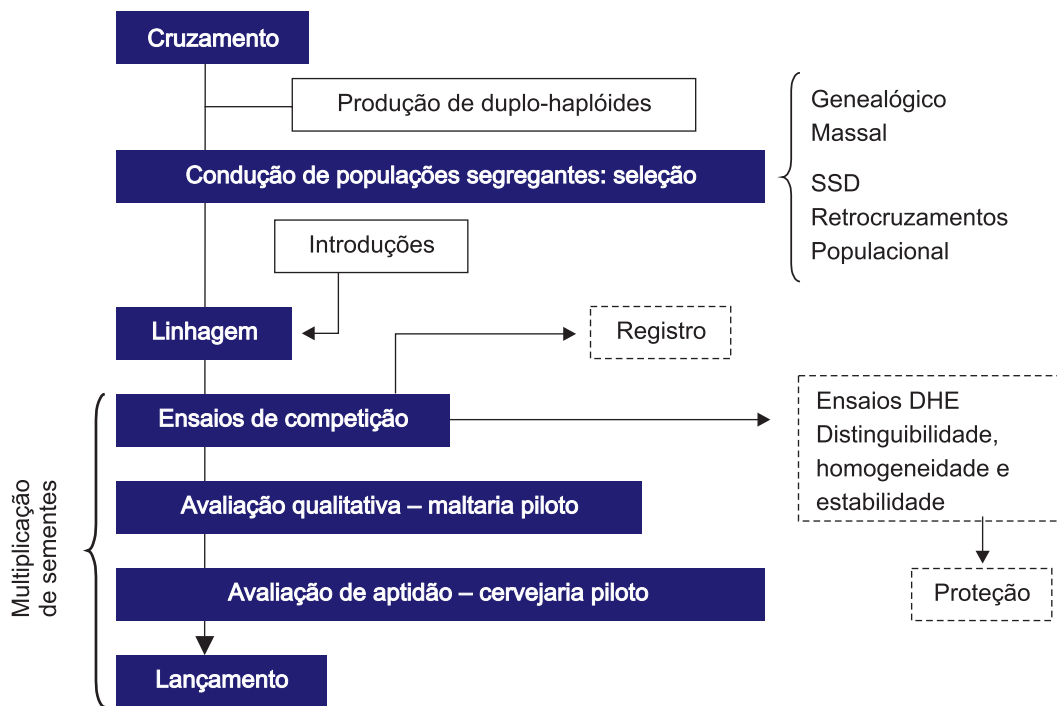


Fig. 5. Fluxograma das etapas básicas desenvolvidas pelos programas de melhoramento genético de cevada no Brasil, para o lançamento de uma cultivar.

Atualmente, os principais desafios do melhoramento de cevada no Brasil são:

Em nível agrônômico

- a) Elevado potencial de rendimento de grãos.
- b) Baixa estatura de planta.
- c) Resistência ao acamamento.
- d) Resistência às principais doenças: mancha-em-rede, mancha-marrom e oídio.
- e) Resistência ao Vírus do Nanismo Amarelo da Cevada (VNAC).

Em nível qualitativo

- a) Proporção de grãos acima de 2,5 mm superior a 90 %.
- b) Teor de proteína entre 10,5 e 12,5.

- c) Alta atividade enzimática.
- d) Rendimento de extrato superior a 80,5 %.
- e) Baixo teor de betaglucanas.

As principais contribuições dos programas de melhoramento de cevada no Brasil para a cadeia produtiva desse cereal, como fonte de germoplasma nacional e internacional, foram:

- BR 2 – Estabilidade de produção e resistência à mancha-em-rede (*Drechslera teres*).
- MN 698 – Elevado percentual de grãos superiores a 2,5 mm (classificação comercial – critério de remuneração do produtor) e excelente desempenho qualitativo em nível malteiro.
- BRS 195 – Excelente tipo de planta, alto afilamento e elevado potencial de rendimento de grãos.

Referências

- ALBERG, E. *Hordeum agriocrithon*: nova sp., a wild six-rowed barley. **Annual Royal Agriculture Collection**, New York, v. 6, p. 159-216, 1938.
- ÁRIAS, G. **Mejoramiento genético y producción de cebada cervecera en America del Sur**. Roma: FAO, 1995. 157 p.
- BARLEY descriptors: ad hoc working group on barley genetic resources. Rome: IBPGR, 1982. 82 p.
- BADR, A.; MULLER, K.; SCHAFER-PREGL, R.; EL RABEV, H.; EFFGEN, S.; IBRAHIM, H. H.; POZZI, C.; ROHDE, W.; SALAMINI, F. On the origin and domestication history of Barley (*Hordeum vulgare*). **Molecular Biology Evolution**, Chicago, v. 17, n. 4, p. 499-510, 2000.
- BOTHMER, R. von; JACOBSEN, N.; BADEN, C. **An ecogeographical study of the genus hordeum**: systematic and ecogeographical studies on crop gene pools. Rome: IBPGR, 1991. 127 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **SISLEGIS** - Sistema de Legislação Agrícola Federal. Portaria nº 691, de 22 de novembro de 1996. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta>>. Acesso em: 5 maio 2006.
- DE CANDOLLE, A. **Origin of cultivated plants**. 2. ed. New York: Noble, 1959. 468 p.
- FREISLEBEN, R. Die phylogenetische bedeutung asiatischer gersten. **Züchter**, Berlin, v. 12, p. 257-272, 1940.
- HARLAN, H. V.; MARTINI, M. L.; POPE, M. N. **Tests of barley varieties in America**. New York: Department of Agriculture, 1925. 219 p.

- HARLAN, J. R. On the origin of barley. In: ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Barley: origin, botany, culture, winter hardiness, genetics, utilization, pests.** Washington, 1979. p. 10-36.
- HENDRY, G. W. The adobe brick as a historical source. **Agriculture History**, Pequim, v. 5, p. 110-127, 1931.
- JACOBSEN, T.; ADAMS, R. M. Salt and silt in ancient Mesopotamian agriculture. **Science**, Washington, v. 128, p. 1.251-1.258, 1958.
- KÖRNICKE, F.; WERNER, H. **Handbuch des Getreidebaues.** Berlin: Parey, 1885. 1.009 p.
- LANGRIDGE, P.; BARR, A. R. Barley. **Australian Journal of Agricultural Research**, Sydney, v. 54, p. 1-4, 2003.
- LEHMANN, L.; BOTHMER, R. von. *Hordeum spontaneum* and land races as a gene resource for barleys. In: CONFERENCE OF THE CEREAL SECTION OF EUCARPIA, 1988, Wageningen, Netherlands. **Cereal breeding related to integrated cereal production: proceedings.** Wageningen: Pudoc, 1988. p. 190-194.
- MINELLA, E. Melhoramento da cevada. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas.** Viçosa: UFV, 1999. 817 p.
- MOLINA-CANO, J. L. **La cebada.** Lerida: Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries, 1989. 252 p.
- MORISON, S. E. **Admiral of the ocean sea.** Boston: Little, Brown, 1942. v. 1. 102 p.
- THE NATIONAL program for conservation of crop germplasm. Athens: University of Georgia, 1971. 62 p.
- RENFREW, J. M. The archeological evidence for the domestication of plants: methods and problems. In: UCKO, P. J.; DIMBLEBY, G. W. (Ed.). **The domestication and exploitation of plants and animals.** Chicago: Aldine, 1969. p. 149-172.
- THACHER, J. B. **Christopher Columbus: his life, his work, his remains.** New York: G. P. Putnam's Sons, 1903. v. 1. 402 p.
- TOMASSO, J. C. La cevada en la Argentina. In: REUNIÓN DE ESPECIALISTAS NACIONALES EN AVENA, CEBADA Y TRITICALE DEL CONOSUR, 2., 1988, Passo Fundo. **Trabajos...** Montevideo: IICA-PROCISUR, 1993. p. 25-43. (IICA-PROCISUR. Dialogo, 37).
- TSCHERMAK, E. von. Die verwertung der bastardierung für phylogenetische fragen in der getreidegruppen. **Ztscher Pflanzenzücht**, Berlin, v. 2, p. 291-312, 1914.
- WIEBE, G. A. Introduction of barley into the new world. In: ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Barley: origin, botany, culture, winter hardiness, genetics, utilization, pests.** Washington, 1979. p. 2-9. (USDA. Agriculture Handbook, 338).
- XU, J.; SNAPE, J. W. The cytology of hybrids between *Hordeum vulgare* and *H. bulbosum* revisited. **Genome**, Ottawa, v. 30, p. 486-494, 1989.
- ZOHARY, D. The origin of cultivated cereals and pulses in the Near East. **Chromosomes Today**, New York, v. 4, p. 307-320, 1973.