



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINARIA – FAV**

**VARIABILIDADE GENÉTICA DE GENÓTIPOS DE CEVADA  
NUA COM BASE EM CARACTERÍSTICAS  
MORFOAGRONÔMICAS AVALIADAS EM CULTIVO  
IRRIGADO NO CERRADO**

**JOÃO VICTOR PINHEIRO MELO**

**BRASÍLIA – DF**

**Fevereiro/2023**

**Universidade de Brasília – UnB**

**Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária.**

**VARIABILIDADE GENÉTICA DE GENÓTIPOS DE  
CEVADA NUA COM BASE EM CARACTERÍSTICAS  
MORFOAGRONÔMICAS AVALIADAS EM CULTIVO  
IRRIGADO NO CERRADO.**

Trabalho de conclusão de curso apresentada à Banca Examinadora da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária como exigência final para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Michelle Souza Vilela

**BRASÍLIA - DF**

**2023**

**VARIABILIDADE GENÉTICA DE GENÓTIPOS DE CEVADA NUA  
COM BASE EM CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÔMICAS  
AVALIADAS EM CULTIVO IRRIGADO NO CERRADO**

JOÃO VICTOR PINHEIRO MELO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO À FACULDADE DE  
AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA,  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO  
AGRÔNOMO.

**APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**MICHELLE SOUZA VILELA, Dr<sup>a</sup>. Universidade de Brasília**

**Professora e Doutoranda da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UnB**

**(ORIENTADORA) CPF: 919.623.401-23; e-mail: michellevilelaunb@gmail.com**

---

**RENATO FERNANDO AMABILE, Dr. EMBRAPA CERRADOS**

**(EXAMINADOR) CPF: 239.382.421-91; e-mail: renato.amabile@embrapa.br**

---

**ADRIANO DELLY VEIGA, Dr. EMBRAPA CERRADOS**

**(EXAMINADOR) CPF: 050783406-29; e-mail: adriano.veiga@embrapa.br**

**BRASÍLIA - DF**

**FEVEREIRO / 2023**

## Agradecimentos

Os caminhos traçados na Agronomia foram longos e sinuosos, iniciados na primeira aprovação de vestibular em 2013 na UFV e culminando na conclusão do curso na UnB.

Sou grato primeiramente a mim, por essa conquista e pela perseverança de ter seguido em frente a todas adversidades e sucessos do percurso.

Aos meus pais, Ana Flávia e Silvio Henrique pela dedicação, pela garra e exemplo de vida, educação, amor, suporte incondicional que deram e ainda dão a mim e minha irmã Lis, pois somente por eles que o caminho do conhecimento e ciência pôde ser traçado por mim. A meu pai que cultivou em mim e compartilha a paixão, amor e prazer pelo criar e cultivar.

Aos meus avós paternos José Paes (*In Memoriam*) e Arlete (*In Memoriam*) e aos meus avós maternos João (*In Memoriam*) e Aldaisa (*In Memoriam*) pela vida, afeto e suporte que existiu até o fim. A eles, saudades e gratidão eternas.

Ao meu namorado Artur, todo o amor, dedicação, exemplo, incentivo e apoio nessa e em todas as etapas da vida sou grato.

Ao meu orientador e mestre Renato Fernando Amabile, pelas oportunidades de crescimento acadêmico e profissional, pelo conhecimento e aprimoramento, pelo exemplo de vida, pelas risadas e amizade.

Aos meus amigos irmãos Caio Raiche, Débora Catarina, Vinicius Tamanaha, Maurício Kuroiwa, Ricardo Koshimura, Stephannie Figueredo, Carlos Eduardo Figueiredo, Haydee Figueiredo, ao meu primo Tiago Melo por toda a irmandade, companheirismo ao longo dos anos.

Aos amigos irmãos que a Agronomia me proporcionou Samara Dias, Luiz Campos, Júlia Martins, Giulia Costa obrigado pelos estudos, companheirismo, compreensão ao longo dessa e das futuras jornadas.

Aos meus sogros Rosilda e Longino Arantes, pelo exemplo de vida e bons momentos.

Por fim, à Universidade de Brasília, em especial a professora Michelle Souza Vilela por todo apoio e momentos proporcionados, e à Embrapa Cerrados, em especial aos senhores Juaci Vitória Malaquias e Francisco

Delvico, por tornar possível a realização deste trabalho e o desenvolvimento do conhecimento.

# VARIABILIDADE GENÉTICA DE GENÓTIPOS DE CEVADA NUA COM BASE EM CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÔMICAS AVALIADAS EM CULTIVO IRRIGADO NO CERRADO.

## RESUMO

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) é um importante cereal na economia mundial, principalmente para o Brasil. E a cevada nua (*Hordeum vulgare* L. var. *Nudum* Hook. f.) possui um grande uso na alimentação humana e animal. Além de ser uma promissora alternativa para o cultivo irrigado no Cerrado, em razão da boa adaptabilidade para as condições de cultivo da região e pela qualidade dos grãos colhidos. Devido a essa importância, um programa de melhoramento de cevada, visando selecionar genótipos superiores, vem sendo conduzido, pela Embrapa Cerrados. Este trabalho objetivou analisar a variabilidade genética e características agronômicas de seis genótipos de cevada nua irrigada no Cerrado. O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados - Centro de Inovação e Genética em Vegetal, durante as safras de 2020 e 2021. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições. Os materiais genéticos utilizados foram CPAC Musa, 295426, 299555, 295396, 295400, 295442. No tratamento de dados verificou-se a análise de variância, tais como: teste de normalidade e homogeneidade via análise de resíduos. As características agronômicas avaliadas foram: Rendimento de grãos, Peso de mil sementes e Espigamento. Os fatores genéticos apresentaram elevada contribuição na expressão dos caracteres e a acurácia seletiva muito alta para todos os caracteres estudados. As elevadas magnitudes dos parâmetros genéticos indicam a existência da variabilidade genética e apontam a possibilidade de haver ganhos genéticos com a seleção das variáveis. Pelo teste de análise de variância todos os genótipos apresentaram os melhores resultados para as características agronômicas rendimento de grãos e espigamento em 2021 quando comparado a 2020.

**Palavras-chave:** *Hordeum vulgare* L. var. *Nudum* Hook. F.; melhoramento genético; parâmetros genéticos.

# GENETIC VARIABILITY OF NAKED BARLEY GENOTYPES BASED ON MORPHO-AGRONOMIC TRAITS EVALUATED UNDER IRRIGATED CULTIVATION IN THE BRAZILIAN SAVANNA.

## ABSTRACT

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is an important cereal grain in the world economy, especially for Brazil. And naked barley (*Hordeum vulgare* L. var. *Nudum* Hook. f.) has a large use in human and animal food. Besides being a promising alternative for irrigated cultivation in the Cerrado, because of its good adaptability to the growing conditions of the region and the quality of the grains harvested. Due to this importance, a barley breeding program, aiming to select superior genotypes, is being conducted by Embrapa Cerrados. This work aimed to analyze the genetic variability and agronomic characteristics of six genotypes of bare-ground irrigated barley in the Brazilian Savanna. The experiment was conducted at Embrapa Cerrados - Center for Plant Innovation and Genetics, during the 2020 and 2021 harvests. A randomized block experimental design with four repetitions was used. The genetic materials used were CPAC Musa, 295426, 299555, 295396, 295400, 295442. In the data treatment the analysis of variance was verified, such as: normality and homogeneity test via residual analysis. The agronomic characteristics evaluated were: grain yield, thousand seed weight and sprouting. The genetic factors showed high contribution in the expression of the characters and the selective accuracy was very high for all characters studied. The high magnitudes of the genetic parameters indicate the existence of genetic variability and point to the possibility of genetic gains with the selection of the variables. By the analysis of variance test, all genotypes presented the best results for the agronomic characteristics grain yield and sprouting in 2021 when compared to 2020.

**Keywords:** *Hordeum vulgare* L. var. *Nudum* Hook. f.; principal component analysis; plant breeding; genetic parameters; genetic variability.



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVO.....	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
3.1. Cerrado.....	10
3.2. Cevada.....	14
3.3. Cevada nua.....	17
3.4. Situação mundial e brasileira.....	18
3.5. Parâmetros genéticos.....	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
6. CONCLUSÕES.....	26
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

## 1. INTRODUÇÃO

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) é o quarto cereal mais produzido no mundo (FAOSTAT, 2023). A história da cevada no Brasil se iniciou no período colonial e o primeiro registro do cultivo do cereal se data de 1584, no território do atual estado de São Paulo, no século XIX, as colônias alemãs possuíam cultivos dos grãos trazidos da Europa. As pesquisas científicas da cevada, em território nacional tiveram início entre as décadas de 1920 e 1940 na Estação Experimental "Alfredo Chaves", e com a instalação do Campo Experimental de Cevada no Brasil pela empresa Cervejaria Continental (ARIAS, 1995).

Originalmente o cultivo de cevada no Brasil se concentrou nos estados do Paraná, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Contudo, as condições climáticas dessas regiões são propícias para o desenvolvimento de fitopatógenos da cultura, como o *Fusarium graminearum*, que comprometem a qualidade do produto colhido. (AMABILE & FALEIRO, 2014)

Com o Plano Nacional de Autossuficiência em Cevada e Malte (PLANACEM) de 1976, iniciaram os investimentos nacionais para aumentar a área total de cevada produzida no país e a introdução do grão no cultivo irrigado do Cerrado (EMBRAPA, 1987). No Cerrado em sistema irrigado, a cevada mostrou-se excelente alternativa para a diversificação do cultivo das culturas. A qualidade da produção é um fator importante para o incremento da cultura na região, pois há uma menor ocorrência de fitopatógenos e a ausência de chuvas no período da colheita garante a boa qualidade do produto (AMABILE & FALEIRO, 2014)

A cevada nua (*Hordeum vulgare* L. var. *Nudum* Hook. f.), em sua composição química, contém um elevado teor de beta-glucanas (KUMAR et al., 2015), de compostos fenólicos; elevada atividade antioxidante (NARWAL et al., 2016) e existem variedades chinesas com alto teor de antocianinas (YAO et al., 2022). Em razão da diversidade existente de compostos benéficos a saúde humana, a cevada nua é classificada como um alimento funcional.

A maior parte da cevada cultivada e importada pelo Brasil tem o destino de fazer parte da indústria cervejeira (MAPA, 2023). No ano de 2020, foram consumidos 177,50 milhões de quilolitros de cerveja no mundo. O Brasil é terceiro consumidor, com 13.847

milhares de quilolitros de cerveja, atrás apenas da China e Estados Unidos (KIRIN HOLDING, 2023). O Brasil é, também, o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, produz 14 bilhões de litros por ano, ficando atrás da China e Estados Unidos respectivamente (CERVBRASIL, 2023). A demanda pela cevada no Brasil é, muito alta e a produção nacional não consegue suprir a demanda da indústria pelo grão, assim o país é um grande importador do produto, em 2019 foram importadas 671 mil toneladas de grãos de cevada (MAPA, 2023).

Contudo, com o aumento da importância da alimentação saudável, por parte do consumidor, eleva a procura e o potencial de consumo e cultivos de alimentos funcionais. Esse fato torna a cevada nua uma interessante alternativa para o mercado nacional.

A composição química e a qualidade dos grãos de cevada são susceptíveis pelas características genéticas, pelo manejo cultural e pelas condições climáticas, principalmente durante a fase de enchimento dos grãos (ABDEL-AAL & CHOO, 2014). Assim, a avaliação e desenvolvimento de novas cultivares é importante para o trabalho de melhoramento da cevada nua, principalmente na região do Cerrado, visto que o grão é uma alternativa para o cultivo irrigado na região. O melhoramento genético é uma importante ferramenta para a obtenção de genótipos superiores de cevada adaptados a novos ambientes e às necessidades do mercado (AMABILE et al. 2017).

## 2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo, a avaliação da variabilidade genética e características agrônômicas: Rendimento de grãos; Peso por mil sementes e Espigamento de seis genótipos de cevada nua irrigada no Cerrado.

## 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 CERRADO

O Brasil é um país continental com 8.510.345,540 km<sup>2</sup> de extensão, e o bioma do Cerrado ocupa 1.984.720 km<sup>2</sup>, aproximadamente 23,3% da área total do território

nacional (IBGE, 2022). As características ecológicas da região a classificam como Savana, sendo essa uma das características principais das suas conformações regionais (BIOMA CERRADO, 1991). Está distribuído em treze unidades federativas brasileiras: Amapá, Bahia, Ceará, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Minas Gerais, Rondônia, Roraima, São Paulo e Tocantins (EMBRAPA, 2022). Com exceção de pequenas áreas na Bolívia e no Paraguai, o Cerrado é um ecossistema inteiramente brasileiro (PROENÇA et al., 2002). O bioma faz fronteira com os biomas Amazônico, Caatinga e a Mata Atlântica (EMBRAPA, 2022).

O Cerrado possui as nascentes das principais bacias hidrográficas do Brasil: Tocantins-Araguaia, Prata e São Francisco (MMA, 2022). O bioma está inserido nas faixas climáticas Aw (tropical úmido de savana, com inverno seco e verão chuvoso), nas áreas de altitude de 1.200m ocorrem: Cwa (tropical de altitude, com semestre de inverno seco e verões quentes) e Cwb (tropical de altitude, com semestre de inverno seco e verões brandos) de acordo com a classificação climática de Köppen (EITEN, 1994; BRASIL & ALVARENGA, 1989). A temperatura média anual do ar varia entre 21,3 e 27,3 °C e os índices pluviométricos anuais de 500 mm a 1.500 mm, tendo estação chuvosa (primavera/verão de outubro até março) e seca (outono/inverno de abril até setembro) bem definidas ao longo do ano. Durante a estação chuvosa podem ocorrer períodos de estiagem chamados de veranicos. Sabe-se que o veranico ocorre em 60% da área do Cerrado e há ainda a susceptibilidade de ocorrer em 28% do bioma (Cochrane et al., 1988).

Localizada na área central do Brasil, o relevo da região é formada em sua maioria por maciços planaltos de estruturas complexas e por planaltos sedimentares situados em altitudes que variam de 300 m até 1.200 m. A morfologia do relevo do Cerrado é diversificado devido aos padrões de drenagem das sub-bacias hidrográficas, chapadões sedimentares e chapadões de estrutura complexa e de terrenos velhos, que possuem o mesmo padrão de comportamento na organização da paisagem do domínio. A estrutura do relevo, condições climáticas e de terrenos antigos possuem uma forte influência nos processos de intemperismo e formação dos solos do Cerrado (AB'SÁBER, 1983).

Os solos do Cerrado têm uma predominância de latossolos. Com constituintes minerais primários altamente intemperizados, e minerais secundários menos resistentes,

apresentando concentração relativa de argilominerais resistentes, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, diminui a capacidade de troca catiônica (CTC). São solos ácidos, com baixa disponibilidade de nutrientes, sendo os latossolos vermelhos e os vermelho-amarelos os mais presentes no Cerrado brasileiro. Para haver uma agricultura eficiente e com rendimentos econômicos adequados é necessário a correção desses solos, com calagem e gessagem, para aumentar o pH, diminuir o  $Al^{+3}$ , adicionar Ca e outros nutrientes e aumentar a matéria orgânica. Existem também, áreas com os Neossolos Litólicos, Neossolos Quartzarênicos e Organossolos (SANTOS et al., 2018; REATTO et al., 2008; LOPES, 1983; MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985).

O Cerrado é uma vasta região com altos índices de biodiversidade, sendo considerado um *hotspot*, assim como a Mata Atlântica (MMA, 2022). A fitofisionomia do ecossistema é classificada em formações campestres (Campo Limpo, Campo Sujo e Campo Rupestre), formações savânicas (Vereda, Palmeiral, Parque de Cerrado e Cerrado sentido restrito), e em formações florestais (Cerradão, Mata Seca, Mata de Galeria, Mata Ciliar) (RIBEIRO & WALTER, 2008). São catalogadas no bioma, pelo menos 12.829 de plantas nativas, 251 espécies de mamíferos, 856 espécies de aves, 262 espécies de reptéis, 209 espécies de anfíbios, 800 espécies de peixes, 90.000 espécies de insetos e 40.000 espécies de fungos (BFG, 2021; EMBRAPA, 2022a). É uma área de equilíbrio em relação aos sete domínios morfoclimáticos e fitogeográficos do Brasil, isso ocorre em razão da sua localização geográfica e suas características da flora, fauna e geomorfologia, uma vez que se conecta, através de corredores hidrográficos, aos biomas que compõe o Brasil e a América do Sul.

Durante os períodos paleolíticos e neolíticos, aproximadamente 15.000 anos atrás, os primeiros grupos humanos nômades começaram a se estabelecer na região do Cerrado brasileiro (EMBRAPA (b), 2022). Durante o período colonial do século XVII, houve o início do povoamento da região por pessoas interessadas em procurar ouro, durante o século XIX, populações dissidentes de Minas Gerais e do Nordeste se instalaram e trouxeram os inícios de uma agricultura familiar e de comércio agrícola apesar da existência forte da economia de extrativismo até a década de 60 com a construção de Brasília (EMBRAPA (b), 2022; MENDES, 2008). O povoamento e a economia do mercado agrícola no Cerrado começaram a se desenvolver de fato com a construção de Brasília, devido ao êxodo de pessoas para a construção da nova capital

federal e o início de políticas públicas para o desenvolvimento regional nas décadas seguintes (EMBRAPA (b), 2022; MENDES, 2008).

O setor das agrárias ocupa uma parcela extremamente significativa do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2022), no ano de 2021, a participação do agronegócio no PIB nacional foi de 27,6%. Com o uso de tecnologias aplicadas, como irrigação; correção do solo; uso de genótipos de alta produção e planejamento agrícola, o Cerrado é uma importante região produtora de grãos e corresponde a aproximadamente 1/3 na contribuição do PIB agropecuário (AMABILE, 2013). A produção de *commodities* como soja, milho e algodão são expressivas no Cerrado, nos modos de produção em sequeiro e produções em sistemas irrigados. Visto o presente cenário e a importância de alternativas que visem a diversificação das culturas cultivadas, a cevada é uma alternativa para o cultivo irrigado no Cerrado.

### **3.2 CEVADA**

A cevada (*Hordeum vulgare* L.), é um dos cereais cultivados mais antigo do mundo (BORÉM, 2009). Possui dois centros de origem descritos: as cevadas com aristas mais compridas com origem no Norte da África e na Etiópia e as cevadas com aristas mais curtas, com origem na China, Tibet e Japão (VAVILOV, 1951). Em escavações realizadas na área do crescente fértil (antigo Egito e Mesopotâmia), foram encontradas evidências da domesticação e uso de variedades dísticas (cuja a espiga possui duas fileiras de grãos) por volta de 7.900 a.C. (HARLAN, 1979; ZOHARY & HOPF, 2001; DIAMOND, 2008). Na costa sudeste do mar da Galileia, Israel, foram encontradas sementes de cevada datadas de 23 mil anos em escavações de campos pré-históricos (NADEL et al., 2004). Segundo Smith (1995), existem relatos de cevadas hexásticas (com espigas que possuem seis fileiras de grãos) e cevadas nuas (que possuem a pálea e a lema não aderidas ao grão) com aproximadamente 6.000 anos. As variedades de cevada hexásticas surgiram de mutações da cevada dística que resultou na fertilidade das espiguetas laterais (COVAS, 1949).

É classificada taxonomicamente como: Filo *Tracheophyta*; Classe *Liliopsda*; Ordem *Poales*; Família *Poaceae*; Sub-família *Pooideae*; Gênero *Hordeum*. No gênero *Hordeum* estão classificadas 32 espécies, com cariótipos múltiplos de sete cromossomos, além de espécies diplóides, tetraplóides e hexaplóides. São espécies predominantemente encontradas em regiões de climas temperados, podendo ter ocorrência em locais com climas subtropicais, árticas e subárticas, distribuídas em áreas no nível do mar até mais de 4.500 m de altitude (BOTHMER et al., 1995; SIBBR, 2022). A vasta distribuição geográfica atingida pela cevada se deve pela sua extensa adaptação ecológica e a sua grande dispersão (CHAPMAN & CARTER, 1976).

A evolução da cevada cultivada atualmente, a espécie *Hordeum vulgare* L., se originou da espécie selvagem ancestral e díptica, a *Hordeum spontaneum*, Smith (1995) considera que o processo evolutivo da cevada foi mais curto em comparação com outras espécies cultivadas. A *H. vulgare* L. é diploide ( $2n = 14$  cromossomos) e cleistogâmica, porém quando a planta é exposta a condições ambientais de altas temperaturas do ar, muita luminosidade e umidade do ar específicos pode ocorrer alogamia pelo fato das flores desabrocharem e deixarem expostos os apêndices reprodutivos nessas condições (GILES, 1989; ABDEL-GHANI et al., 2004).

A cultura tem hábito de crescimento de inverno e de primavera, assim como o trigo. As variedades de cevada de inverno necessitam de um período de duas a seis semanas com temperaturas em torno de 10 °C ou abaixo, que geralmente influencia a reprodução (SMITH, 1995). É um cereal de produção mais precoce e com menor exigência hídrica, a cevada é melhor adaptada a regiões com temperaturas do ar mais baixas que outros cereais. Assim, tornou-se importante alternativa para sistemas de produção no Cerrado brasileiro, onde outras gramíneas como trigo, arroz e centeio foram bem adaptadas.

A cevada é uma gramínea herbácea com ciclo vegetativo anual, com altura variável e suas raízes são fasciculadas, seminais e perenes. Seu caule é colmo com internódios ocos, intercalados de cinco a sete nós. Suas folhas nascem ao longo do colmo nas interseções dos nós e possuem lígula e aurícula, elas são paralelinérveas, invaginantes e alternas (REID & WIEBE, 1979). A lígula é uma estrutura fina que está presente na maioria das cultivares de cevada, porém não possui uma função definida. A aurícula é formada de duas pinças acessórias que envolvem o pecíolo, na cevada elas

são bastante proeminentes se comparadas com as de outras gramíneas, essa característica auxilia na identificação da espécie, principalmente se em comparação com o trigo (*Triticum aestivum*) (SMITH, 1995).

Os apêndices reprodutivos da cevada são compostos por espigas terminais com espiguetas formadas por duas glumelas, a mais basal chamada de lema e a mais apical de pálea, além de um flósculo contendo um pistilo e três estames. A lema pode ter uma terminação em arista ou capuz e com ou sem pilosidade dependendo da cultivar utilizada.

As espiguetas são dispostas de forma alternada ao longo da raque da espiga. Essa disposição das espiguetas no eixo dá à inflorescência um aspecto quadrangular, podendo estar alinhadas em duas ou seis fileiras. Nas variedades dísticas, somente a espiguetas central é viável e as outras duas são estéreis, nas variedades hexásticas, as três espiguetas são viáveis (STARLING, 1980; SMITH, 1995)

O grão da cevada é um fruto seco indeiscente, cariopse, de coloração amarelada e sulcado longitudinalmente (REID & WIEBE, 1979).

A domesticação da espécie se iniciou para ser um componente da dieta humana, porém com o passar das eras e com o surgimento de novas necessidades foi adquirindo uma maior gama de possibilidades de uso. Ela é utilizada para a alimentação humana e animal na forma de grão inteiro, moído, rações, pastagens, feno ou silagem (ZHOU, 2009). A cevada utilizada para o consumo humano e industrial pode ser na forma integral e pela forma processada do malte (YALÇIN et al., 2007). É considerada um alimento funcional, uma vez que possui uma grande potencialidade de usos na alimentação humana e seus grãos são estudados e desenvolvidos para cumprir a função nutricional básica (FERNANDES et al., 2006). Ainda, segundo Amabile et al. (2007a), quando processado na forma de malte, é empregado na fabricação de bebidas alcoólicas, alimentos e na indústria farmacêutica.

A cevada possui uma gama de compostos em sua composição química, como proteínas, carboidratos de reserva, ácidos graxos, fibras solúveis e insolúveis. As beta-glucanas que representam uma pequena fração do conteúdo total de carboidratos dos grãos, porém, são cerca de 75% dos carboidratos totais presentes nas paredes celulares do endosperma (BAMFORTH, 1982). As (1,3)(1,4)-b-D-glucanas presentes na cevada



está entre as mais importantes fibras solúveis para a nutrição humana, além de serem consideradas agentes: antioxidantes, antibacterianas anti-inflamatórios e de possuírem uma importante ação na flora intestinal humana. O óleo extraído dos grãos contém altas concentrações de tocoferóis e tocotrienóis (até 0,4%), além do  $\alpha$ -tocotrienol, que possui ação antioxidante, além de reduzir o colesterol LDL sérico (BABU et al., 1992; MOREAU, 2012).

### 3.3 CEVADA NUA

A cevada nua (*Hordeum vulgare* L. var. *Nudum* Hook. f.), surgiu a partir de uma mutação da cevada comum e passou a ser domesticada há 6.000 anos, sendo utilizada principalmente para a alimentação humana e animal. Ela se destaca por não possuir as glumelas aderidas à cariopse, além de ter diferenças em sua composição nutricional. Essa característica é uma mutação recessiva controlada por um único locus, localizado no cromossomo 7H que determina a liberação da pálea e da lema. O alelo que determina grãos com cariopse coberta (Nud) é dominante sobre cariopse nua (nud) (SMITH, 1995; TAKETA et al., 2008; GERASIMOVA et al., 2020).

É classificada como um alimento funcional, dessa forma promove vantagens significativas para a indústria alimentícia (ARENDETT & ZANNINI, 2013). No Brasil, a maior parte da cevada cultivada e importada é utilizada na indústria malte-cervejeira. Atualmente, o cultivo constante dessa variedade do cereal está presente na Austrália, Canadá, Japão e Estados Unidos. Na Europa, apesar de haver procura de cevada nua para consumo humano, não há interesse do cultivo pelos produtores de cultivares para fins forrageiros e alimentícios (STERNA et al., 2021). A produção, no Brasil, de cevada nua para a alimentação humana tem potencial devido ao aumento da preocupação da população com a saúde e alimentação.

A cevada nua possui elevado teor de beta-glucanas, atividade antioxidante e significativo teor de fenóis, o que a torna uma opção para a produção de produtos a base de trigo, na forma de misturas, agregando mais nutrientes aos alimentos (NARWAL et al., 2017). As betaglucanas, atuam como inibidores de colesterol total e de LDL além da síntese de triglicéridos, normalizam o nível de açúcar no sangue e atuam sobre a derme

humana (PINS & KAUR, 2006; SHIMIZU et al., 2008). Além disso, em comparação com a cevada com a pálea e a lema aderidas, o teor de proteína bruta da cevada nua é normal mente de 1,5% a 3% maior (LASZTITY, 1996).

### 3.4 SITUAÇÃO MUNDIAL E BRASILEIRA

A cevada é um dos cereais mais cultivados no mundo. Em 2021 foram colhidas 145.354.829,4 toneladas de cevada no mundo, plantadas em 48.941.020 hectares (FAOSTAT, 2022). No Brasil, na safra de 2022, houve a produção de 510.200 toneladas de cevada plantadas em uma área de 123.300 hectares (CONAB, 2022). Em 2021 o rendimento médio de grãos foi de 3.800 kg ha<sup>-1</sup>, superior ao rendimento mundial de 2.970 (FAOSTAT, 2022).

Na América do Sul o maior produtor do cereal é a Argentina com produção de 4.036.130 de toneladas em uma área de 1.006.503 hectares no ano de 2021, sendo seguida pelo Uruguai com uma produção de 888.800 de toneladas cultivadas em uma área de 185.500 hectares. O Brasil é o terceiro maior produtor de cevada da América do Sul (FAOSTAT, 2022).

O cultivo de cevada no Brasil está localizado principalmente nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e uma pequena área em Goiás. A produtividade nacional em 2022 foi de 4,13 ton ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2022).

### 3.5 PARÂMETROS GENÉTICOS

A análise da variabilidade genética e a estimativa dos parâmetros genéticos dos genótipos estudados, são importantes para a realização de pesquisas em melhoramento genético de plantas (THOMÉ, 2020). Desse modo, é necessária a avaliação das estratégias de melhoramento para que se mantenha uma base genética satisfatória (OLIVEIRA et al., 2006).

Calcular a estimativa dos parâmetros genéticos possibilita ao melhorista maior precisão e acurácia para avaliar a interação entre genótipo-ambiente no fenótipo, portanto, uma seleção de qualidade deve levar em consideração o controle dos efeitos ambientais na expressão fenotípica (FALCONER & MACKAY, 1996).

De acordo com Resende (2002), a quantificação dos parâmetros genéticos oferece informações sobre a herdabilidade das características dos genótipos e a interação entre genótipo e ambiente. Tais ligações permitem estimar a eficiência da herdabilidade de uma característica desejada (RAMALHO, 2000).

Os estudos para a avaliação de genótipos não devem ser necessariamente apenas estatísticos, porém devem possuir uma vertente genética. Dessa forma, avalia-se a acurácia seletiva ( $\hat{f}_{gg}$ ), por se tratar de uma estatística que incorpora as proporções entre as variáveis de cunho genético e residual, associadas as variantes em questão, além da amplitude residual (RESENDE & DUARTE, 2007).

Conforme Fisher (1918), a variabilidade genética é dividida em três aspectos diferentes: aditiva, dominante e interativa, sendo que para efeitos de melhoramento genético, o aspecto aditivo possui maior valor. Quando mensurada no sentido amplo, a herdabilidade possui esses três aspectos, porém, quando mensurada no sentido restrito, apenas a variância aditiva possui importância. A cevada por ser uma planta autógama, assim, a variância genética é diretamente influenciada pela variância aditiva, por possuir uma grande quantidade dos loci com homozigose (BORÉM & MIRANDA, 2017).

A herdabilidade ( $h^2$ ) é definida como a razão entre variância genética e a variância fenotípica, estimada com base em uma população em determinado ambiente. Alguns fatores dentro do melhoramento genético, como: unidade experimental, modo de propagação da espécie, tamanho da amostra, grau de endogamia, condução do ensaio, coleta de dados e efeitos ambientais, influenciam as estimativas de  $h^2$  relacionadas a uma característica (BORÉM & MIRANDA, 2017). Segundo Stansfield (1974), acima de 0,5 os valores de  $h^2$  são altos, entre 0,2 e 0,5 considerados médios e menores que 0,2 resultam em uma baixa herdabilidade.

#### **4. Materiais e Métodos**

O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados - Centro de Inovação e Genética em Vegetal, Riacho Fundo II - DF, Estrada Parque Contorno Taguatinga/Gama, Km 03 - Fazenda Sucupira - DF, georreferenciada na latitude Sul 15° 54' 55,4" e longitude Oeste 48° 02' 16,3", a uma altitude de 1.100 m, sob um Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso (SANTOS et al., 2018).

Os genótipos de cevada nua utilizados foram: CPAC Musa, 295426, 299555, 295396, 295400, 295442. O plantio foi realizado no mês de maio de 2020 e de 2021, sob sistema de irrigação, via pivô central com critério de manejo da irrigação fundamentado no balanço hídrico do solo, a partir do Sistema de Monitoramento de Irrigação no Cerrado (ROCHA et al., 2006)

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, no esquema de fatorial completo. As parcelas foram compostas por cinco linhas com espaçamento de 20 centímetros entre si e três metros de comprimento, totalizando uma área de 3 m<sup>2</sup> para cada parcela, com densidade de 300 plantas por m<sup>2</sup>. Aplicaram-se, no sulco de semeadura, 16 kg ha<sup>-1</sup> de N; 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 64 kg ha<sup>-1</sup>, 41 de K<sub>2</sub>O; e posteriormente 40 kg ha<sup>-1</sup> de N (cobertura) de acordo com Amabile (2007b). O controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação de Pendimetalin pré-emergente, com concentração de 500g.l<sup>-1</sup>, foram aplicados 2,0 l.ha<sup>-1</sup>.

Foram avaliadas quatro características agronômicas: 1. Rendimento de grãos em quilos por hectare; 2. PMS, peso de mil sementes em gramas (Brasil, 2009); 3. Espigamento, dia após a emergência até o florescimento em dias; as avaliações de rendimento de grãos, classificação comercial de grãos de primeira e PMS foram realizadas no Laboratório de Sementes da Embrapa Cerrados, as demais foram avaliadas em campo.

Para realizar a análise de variância, foi considerado o seguinte modelo estatístico:  $Y_{ijk} = m + G_i + A_k + G A_{ik} + B_j + e_{ijk}$ , onde:  $Y_{ijk}$  = valor obtido relacionado à  $i$ -ésima característica do genótipo, no  $k$ -ésimo ano no  $j$ -ésimo bloco;  $m$  = média geral;  $G_i$  = efeito do  $i$ -ésimo genótipo ( $i = 1, 2, \dots, g$ );  $B_j$  = efeito do  $j$ -ésimo bloco ( $j = 1, 2, \dots, r$ );  $A_k$  = efeito do  $k$ -ésimo Ano ( $k = 1, 2, \dots, a$ );  $e_{ijk}$  = erro aleatório (fatores não controlados) e  $e_{ijk} \sim NID(0)$ .

Os dados, de todas as características, tiveram as médias agrupadas entre si pelo teste de Tukey a 5% pelo programa R Core Team (2022), foram verificados, também, os pressupostos para a análise de componentes principais e análise de variância (ANAVA), tais como: teste de normalidade (shapiro-wilk) e homogeneidade (oneillmathews) via análise de resíduos. Também foi aplicada a correlação linear de Pearson. Estimaram-se também parâmetros de coeficiente de variação ambiental (CVe), coeficiente de variação genética (CVg), coeficiente de variação relativa (CVr), variância genotípica ( $\sigma^2g$ ), variância ambiental ( $\sigma^2e$ ), variância fenotípica ( $\sigma^2f$ ) e herdabilidade ( $h^2$ ) pelo Programa GENES (Cruz, 2016). As correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente, foram mensuradas a partir das estimativas das variâncias e covariâncias fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre os caracteres dois a dois, sendo determinadas de acordo com Kempthorne (1966).

A acurácia seletiva ( $\hat{f}_{gg}$ ) e o coeficiente de variação relativa (CVr) foram calculados de acordo com os seguintes modelos estatísticos:  $\hat{f}_{gg} = (1-(1/F))^{1/2}$ ; onde F é o valor F de Snedecor,  $CVr = CVg/CVe$ .

## 5. Resultados e discussão

As estimativas de parâmetros genéticos foram obtidas através da análise de variância dos dados obtidos para cada variável resposta estudada, em dois anos de cultivo, com F ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 1). Para Resende e Duarte (2007), os valores de F devem ser maiores que 5,0, para terem muito alta precisão. Os valores de F encontrados para Genótipo; para a interseção Genótipo x Ano; e para Ano foram maiores que 5,0 (Tabela 1). Assim, o experimento obteve precisão experimental muito alta aos valores encontrados por Amabile et al. (2015; 2019), Sayd et al. (2017; 2018). Houve efeito significativo da interação genótipo x ambiente para todos os caracteres avaliados. Essa interação tem contribuição para a maior variabilidade fenotípica dos caracteres quantitativos, assim como relataram Molina-Cano *et al.* (1997), Kaczmarek *et al.* (1999)

**Tabela 1.** Estimativa de parâmetros genéticos de genótipos de cevada nua, Ensaio de Cevada Nua Final – 2020 e 2021, conduzido na Embrapa Cerrados - Centro de Inovação em Genética Vegetal, Riacho Fundo II – DF.

Fonte de Variação	Rendimento de grãos		PMS		Espigamento	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
<b>Variância Fenotípica</b>	156.208,40	971.354,71	34,81	8,34	2,07	9,42
<b>Variância Ambiental</b>	1.974,27	4.241,93	0,11	0,4	0,2	0,33
<b>Variância Genotípica</b>	154.234,10	967.112,78	34,7	7,94	1,86	9,09
<b>Herdabilidade (%)</b>	98,73	99,56	99,69	95,14	90,05	96,49
<b>Correlação Intraclasse (%)</b>	95,12	98,27	98,77	83,05	69,35	87,3
<b>CVg (%)</b>	12,84	15,5	14,46	7,56	2,01	4,74
<b>CVr (%)</b>	4,41	7,54	8,98	2,21	1,5	2,62
<b>CVe (%)</b>	2,9	2,05	1,6	3,41	1,33	1,81
	<b>GL</b>			<b>Valor de F</b>		
<b>Genótipo</b>	5	190,5		153,78		20,34
<b>Ano</b>	1	9.423,10		153,36		169,39
<b>Genótipo-Ano</b>	5	138		28,5		14,65

PMS: Peso de mil sementes. CVg: coeficiente de variação genotípico. Cve: Coeficiente de variação ambiental. Coeficiente de variação relativa: CVr GL: graus de liberdade.

O coeficiente de variação genético (CVg) é um parâmetro que permite destacar a relevância da variabilidade genética presente nas populações e nas variáveis analisadas (RESENDE, 2002) e possui implicações na proporção do ganho em relação à média (FALEIRO, 2002). Em todas as características, o valor do CVg foram altos em relação ao Cve, sendo favorável ao melhoramento genético, com destaque para o Rendimento de grãos no ano de 2021 (15,5) e PMS (14,46) (Tabela 1).

O coeficiente de variação ambiental (Cve) apresentou baixa magnitude para todas as variáveis analisadas (Tabela 1), assim como encontrado em Monteiro et al. (2018), Sayd et al. (2018). Porém não é um parâmetro que, sozinho, permite inferir com acurácia ( $\hat{f}_{gg}$ ) a precisão experimental, em ensaios com baixas repetições (RESENDE & DUARTE, 2007).

O valores do coeficiente de variação relativa (CVr) foram maiores que 1, variando de 8,98 a 1,5 (Tabela 1), o que indica uma maior contribuição genética sobre o efeito ambiental para a seleção dos materiais e maior possibilidade de sucesso na seleção fenotípica (SEARLE et al., 1992).

Os valores calculados para  $\hat{f}_{gg}$  confirmam as deduções possíveis pelo valor de F e pelo CVr. Os resultados alcançados da acurácia foram muito altos para Rendimento de grãos; PMS e Espigamento, segundo a classificação de Resende e Duarte (2007) (Tabela 2), assim como encontrado em trabalhos feitos por Monteiro et al. (2018), Sayd et al. (2018). Os elevados valores de  $\hat{f}_{gg}$  encontrados mostram que os genótipos indicam a possibilidade de - máximo ganho genético - com a seleção para as variáveis.

**Tabela 2.** Valores de acurácia seletiva para os valores de F.

	$\hat{f}_{gg}$		
	Rendimento de grãos	PMS	Espigamento
<b>Genótipo</b>	0,997371875	0,99674	0,975108
<b>Ano</b>	0,999946937	0,99673	0,997044
<b>Genótipo-Ano</b>	0,996370224	0,9823	0,965267

As estimativas da herdabilidade ( $h^2$ ) foram consideradas altas para todas as variáveis estudadas nos dois anos, com valores superiores a 90%. O rendimento de grãos é uma característica que pode possuir uma baixa herdabilidade, pois pode ser conferido comportamento quantitativo e sofrer maior efeito ambiental. Porém, no presente experimento, realizado sob condições irrigadas no cerrado, a variável apresentou valores  $h^2_{2020} = 98,73\%$ ;  $h^2_{2021} = 99,56\%$ ) devido à elevada precisão de condução do experimento, similar aos dados encontrados por Amabile et al., (2015); Sayd et al. (2014; 2017); Monteiro et al. (2018). As características: Espigamento ( $h^2_{2020} = 90,05\%$ ;  $h^2_{2021} = 96,49\%$ ) Peso de mil sementes ( $h^2_{2020} = 99,69\%$ ;  $h^2_{2021} = 95,14\%$ ) apresentaram alta herdabilidade nos dois anos de estudo e obtiveram valores semelhantes aos descritos por Addisu & Shumet, (2015) e Yadav et al. (2015).

Foram constatadas diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos acessos de cevada pelo teste de Tukey a 5% de significância para todas as características avaliadas (Tabela 3).

**Tabela 3.** Avaliação de características agrônômicas de genótipos de cevada nua, Ensaio de Cevada Nua Final -2020 e 2021, conduzido na Embrapa Cerrados - Centro de Inovação em Genética Vegetal, em Riacho Fundo II - DF.

Rendimento de grãos (kg.ha <sup>-1</sup> )	PMS (g)	Espigamento (dias)
---	---------	--------------------

Genótipo	2020	2021	2020	2021	2020	2021
295396	2.366,80 dB	5.632,80 cA	38,50 cA	37,13 bcA	65,50 cA	65,00 bA
295400	3.054,80 cB	6.592,30 bA	43,00 bA	39,80 abB	68,30 abA	64,00 bB
295426	3.073,80 cB	4.983,00 dA	35,38 dA	35,50 cdA	69,00aA	61,00 cB
295442	3.539,50 aB	6.337,60 bA	51,63 aA	41,25 aB	68,30 abA	63,80 bB
299555	2.998,00 cB	7.880,40 aA	38,63 cA	36,60cB	69,30 abA	68,00 aA
CPAC Musa	3.318,00 bB	6.619,90 bA	37,25 cA	35,50 dB	66,80 bcA	59,30 cB
<b>Média</b>	3.058,48	5.237,68	40,73	37,25	67,86	63,15

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ( $p \leq 0, 05$ ). PMS: Peso de mil sementes.

No rendimento de grãos, em 2020, a média anual de 3.058,48 kg ha<sup>-1</sup>, o genótipo 295442 deteve o maior valor de rendimento de grãos com 3.539,50 kg ha<sup>-1</sup>, já o genótipo 295396 possuiu a menor média para a variável com 2.366,80 kg ha<sup>-1</sup>. Não houve diferença estatística nos materiais 295400 (3.054,80 kg ha<sup>-1</sup>), 295426 (3.073,80 kg ha<sup>-1</sup>) e 299555 (2.998,00 kg ha<sup>-1</sup>). Tanto a média do ano e os dados do rendimento de grãos dos genótipos foram inferiores à média nacional de 2022 (4.130 kg ha<sup>-1</sup>) (Conab, 2022) e aos valores encontrados por Sayd et al (2018)

Em 2021, a média foi de 5.237,68 kg ha<sup>-1</sup>. O genótipo 299555 deteve o maior valor de Rendimento de grãos com 7.880,40 kg ha<sup>-1</sup>, já o genótipo 295426 possuiu a menor média para a variável com 4.983,00 kg ha<sup>-1</sup>. Os genótipos CPAC Musa (6.619,90 kg ha<sup>-1</sup>), 295400 (6.592,30 kg ha<sup>-1</sup>) e 295442 (6.337,60 kg ha<sup>-1</sup>) não possuíram diferenças estatísticas. Tanto a média do ano e o valor do rendimento de grãos dos genótipos foram maiores que a média de produção nacional em 2022 de 4.130 kg ha<sup>-1</sup> (Conab, 2022), sendo superiores aos resultados encontrados por Sayd et al. (2018). Mostrando o alto potencial desses materiais para o cultivo irrigado no Cerrado.

A comparação entre os anos demonstra que os valores do rendimento de grãos em 2021 foram estatisticamente superiores aos dados de 2020 (Tabela 3). Dessa forma, fica evidente, a influência que os fatores ambientais previsíveis e imprevisíveis possuem sob os genótipos (Borém & Miranda, 2005).

Para a variável resposta Peso de mil sementes (Tabela 3), em 2020, a média de 40,73 g, o genótipo 295442 deteve o maior valor de rendimento de grãos com 51,63 g, já o genótipo 295426 possuiu a menor média para a variável com 35,38 g. Os genótipos



que não possuíram diferença estatística para a variável foram CPAC MUSA (37,25 g), 299555 (38,63 g) e 295396 (38,50 g).

O Peso de mil sementes (Tabela 3), em 2021, foi observada a média de 37,25 g, o genótipo 295442 deteve o maior valor de PMS com 41,25 g, já o materiais CPAC MUSA possuiu a menor média para a variável com 35,5 g. Para essa variável, todos os dados apresentados obtiveram diferenças estatísticas entre si, caracterizando a variabilidade existente nos genótipos.

Para a variável PMS, os dados do ano 2020, em média, foram superiores estatisticamente em relação a 2021, com exceção dos materiais 295396 e 295426, que não apresentaram diferenças estatísticas entre os anos (Tabela 3). Para ambos os anos de estudos, os valores encontrados de PMS apresentaram se semelhantes aos registrados por Amabile (2013), Sayd et al. (2018).

A curta duração do período que a lavoura permanece no campo é um fator importante para as culturas de inverno no Cerrado, sendo necessário que seja assegurado todo o processo fisiológico da produção de grãos, pois é desejável que a área irrigada esteja livre para a implantação da próxima cultura. Assim, o período entre o plantio e o início da floração (Espigamento), é uma importante característica a ser observada para o sistema de produção irrigado no Cerrado. O espigamento (Tabela 3), em 2020, o genótipo 295396 foi o mais precoce com 65,50 dias, seguido do CPAC MUSA com 66,80 dias, já o material 295426 foi o que teve o período mais logo para o espigamento entre os demais, com 69 dias.

Em 2021, os materiais 295426 e CPAC MUSA foram classificados como estatisticamente iguais, sendo os mais precoces para o ano, com 61,00 e 59,30 dias para o espigamento. O genótipo 299555 apresentou o período mais logo para o espigamento entre os materiais para 2021, 68 dias. Não houve diferença estatística entre os demais dados analisados. Na análise dos anos, os genótipos em 2021 apresentaram médias para o início do espigamento menores que os dados coletados em 2020.

No geral, os genótipos estudados nos dois anos não apresentaram diferenças, quanto a característica Espigamento, com outros trabalhos já realizados por Amabile et al. (2007a), Amabile (2013), Monteiro et al. (2018), e Sayd et al. (2018).

## 6. Conclusões

Os valores elevados dos coeficientes de variação genético ressaltam presença da variabilidade genética dos genótipos.

Os muito altos valores de F, da acurácia seletiva e dos elevados coeficientes de variação relativa indicam que além de haver uma elevada precisão experimental no presente trabalho, existe, também a possibilidade de máximo ganho genético com a seleção para as variáveis dos genótipos avaliados.

A diferença existente entre as médias coletadas nos anos de ensaio, demonstram a necessidade de serem conduzidos mais ensaios para o melhor entendimento do comportamento dos genótipos no ambiente ao longo do tempo.

## 7. Referências Bibliográficas

AB'SABER, A. N. 1983. O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento. Fundação Centro de Formação do Servidor Público. V.3, n. 4, p.41-55.

ABDEL-GHANI, A. H.; PARZIES, H. K.; OMARY, A.; GEIGER, H. H. Estimating the outcrossing rate of barley landraces and wild barley populations collected from ecologically different regions of Jordan. *Theoretical and Applied Genetics*, v. 109, 2004, p. 588-595.

ABDEL-AAL, E. M.; CHOO, T. M. Differences in compositional properties of a hullless barley cultivar grown in 23 environments in eastern Canada. **Canadian Journal of Plant Science**, v.94, p.807–815, 2014. <https://doi.org/10.4141/cjps2013-301>

ADDISU, A.; SHUMET, T. Variability, heritability and genetic advance for some yield and yield related traits in barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces in Ethiopia. **International Journal of Plant Breeding and Genetics**, v. 9, p. 68-76, 2015.

AMABILE, R. F. Cevada: um exemplo de cultura alternativa para o sistema irrigado do Cerrado. In: FALEIRO, G. F.; SOUSA, E. Dos S. De (Ed.). Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o Cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p. 69-72, 2007b

AMABILE, R. F.; MINELLA, E.; OLIVEIRA, M. de O.; FRONZA, V. Cevada (*Hordeum vulgare* L.). In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. (Ed.). **101 Culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, p. 263-268, 2007a.

AMABILE, R. F. **Caracterização molecular, morfoagronômica e de qualidade de grãos de genótipos elite de cevada irrigada no Cerrado.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013, 220 p. Tese de Doutorado.

AMABILE, R. F.; FALEIRO, F. G. A cevada irrigada no Cerrado: estado da arte, recursos genéticos e melhoramento. Embrapa - Cerrados, Planaltina, DF. 127.p, 2014.

AMABILE, R. F.; FALEIRO, F. G.; CAPETTINI, F.; SAYD, R. M.; PEIXOTO, J. R. GUERCIA, R. F. Characterization and genetic variability of barley accessions (*Hordeum vulgare* L.) irrigated in the savannas based on malting quality traits. **Journal of the Institute of Brewing**, v.120, n. 4, p. 404-414, 2014.

AMABILE, R. F., FALEIRO, F. G., CAPETTINI, F., PEIXOTO, J. R., & SAYD, R. M. Estimation of genetic parameters, phenotypic, genotypic and environmental correlations on barley (*Hordeum Vulgare* L.) grown under irrigation conditions in the Brazilian savanna. *Interciencia*, v. 40, n. 4, p. 255-262, 2015.

AMABILE, R.F.; FALEIRO, F. G.; CAPETTINI, F.; PEIXOTO, J. R.; SAYD, R.M. . Genetic variability in elite barley genotypes based on the agromorphological characteristics evaluated under irrigated system. **CIENCIA E AGROTECNOLOGIA**, v. 41, p. 147-158, 2017.

ARENDRT E. K.; ZANNINI E. **Cereal grains for the food and beverage industries.** Hughes S. (ed.). Barley. Woodhead Publishing, p.155–200, 2013. <https://doi.org/10.1533/9780857098924.155>

ARIAS, G. Embrapa Trigo: Cevada no Brasil. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/pdf/Cevada%20no%20Brasil.pdf> Acessado em: 19/01/2023

BABU, U. S.; JENKINS, M. Y.; MITCHELL, G. V. Effect of short-term feeding of barley oil extract containing naturally occurring tocotrienols on the immune response in rats. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 669, p. 317-319, 1992.

BAMFORTH, C. W. Barley.  $\beta$ -glucans: Their role in malting and brewing. *Brewer Digest*, v. 3, p. 22-35, 1982.

BFG (The Brazil Flora Group) 2021. Flora do Brasil 2020. 1-28 pp. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. <http://doi.org/10.47871/jbrj2021001>

BHATTY, R.S. The potential of hull-less barley. **Cereal Chemistry**, v.76, n.5, p.589-599, 1999. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.1999.76.5.589>.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. Melhoramento de plantas. 7. ed. rev. ampl. Viçosa, MG: Editora da UFV. 2017

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 4. Ed. Viçosa: Editora UFV, 525p., 2005.

BORÉM, A. **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa, MG: UFV, 2009. 625 p.

BOTHMER, R. The wild species of *Hordeum*: relationships and potential for improvement of cultivated barley. In: SHEWRY, P. R. (Ed.). *Barley: genetics, molecular biology and biotechnology*. London-UK, CAB International. 1991. p.3-18.

BRASIL; Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA, 2009. 395 p.

BROOKS, W. S.; VAUGHN, M. E.; BERGER, G. L.; GRIFFEY, C. A.; THOMASON, W. E.; PALING, J. J.; HOKANSON, E. G. Registration of ‘Eve’ winter hulless barley. **Journal of Plant Registrations**, v. 7, p. 5-11, 2012.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acessado em: 19/12/2022

CERVBRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA. Disponível em: [http://www.cervbrasil.org.br/novo\\_site/dados-do-setor/](http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/dados-do-setor/). Acessado em: 19/01/2023.

CHAPMAN, S. R.; CARTER, L. P. *Crop production: principles and practices*. San Francisco, USA: Montana State University, p.566, 1976.

COCHRANE, T. T.; PORRAS, J. A.; HENÃO, M. del R. The relative tendency of the Cerrados to be affected by veranicos: a provisional assessment. In: **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**, 6., Savanas, 1982. Alimento e energia. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1988. p. 229-242.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento Série Histórica das Safras. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/904-cevada> Acesso em: 20/01/2023

COVAS, G. Observaciones sobre la taxonomia de las cebadas cultivadas y formas relacionados. *IDIA - Informativo de Investigaciones Agrícolas*, v. 2, n. 24, p. 7, 1949

CRUZ CD 2016. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Sci Agron*. 38:547-552.

DIAMOND, J. M. *Armas, germes e aço: os destinos das sociedades humanas*. 10. ed. Rio de Janeiro: Record, 2008. 472 p.

EDNEY, M. J.; O’DONOVAN, J. T.; TURKINGTON, T. K.; CLAYTON, G. W.; MCKENZIE, R.; JUSKIW, P.; LAFOND, G. P.; BRANDT, S.; GRANT, C. A.; HARKER, K. N.; JOHNSON, E.; MAY, W. Effects of seeding rate, nitrogen

rate and cultivar on barley malt quality: Effects of seeding rate, nitrogen rate and cultivar on barley malt quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.92(13), p.2672–2678, 2012. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5687>

EMBRAPA. Centro de Pesquisa dos Cerrados (Planaltina, DF). **Cevada se instala nos cerrados**. Planaltina, DF: p.2, 1987. (EMBRAPA/CPAC. Noticiário 176/87)

Embrapa (a). Disponível em: <https://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-cerrado>. Acessado em: 14/12/2022.

EMBRAPA (b), Agência de Informação. Bioma Cerrado. 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado> . Acesso em: 11 dez. 2011.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). Cevada se instala nos cerrados. Planaltina: 1987. 2 p. (EMBRAPA-CPAC. Noticiário 176/87).

FALCONER, D.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.ed. Edinburgh: Longman Group Limited, 464 p., 1996.

FALEIRO, F. G.; CRUZ, C. D.; CASTRO, C. de; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. de. Comparação de blocos casualizados e testemunhas intercalares na estimação de parâmetros genéticos em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 12, p. 1675-1680, dez. 2002.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistic Division. Disponível em: <https://fenix.fao.org/faostat/internal/en/#data/QCL>. Acessado em: 09/01/2023.

FERNANDES, L. R.; XISTO, M. D.; PENNA, M. G.; MATOSINHOS, I. M.; LEAL, M. C.; PORTUGAL, L. R.; LEITE, J. I. A. Efeito da goma guar parcialmente hidrolisada no metabolismo de lipídeos e na aterogênese de camundongos. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 5, p. 563-571, 2006.

FISHER, R. A. XV. The correlation between relatives on the supposition of Mendelian inheritance. **Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh**, v. 52, n. 2, 399-433p., 1918.

EITEN, G. 1994. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M. N. (coord.). Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. (2a ed.) Brasília: UnB/Sematec. P.9-65.

GERASIMOVA, S. V.; HERTIG, C., KOROTKOVA, A. M.; KOLOSOVSKAYA, E. V.; OTTO, I.; HIEKEL, S.; KOCHETOV, A. V.; KHLESTKINA, E. K. ; KUMLEHN, J. Conversion of hulled into naked barley by Cas endonuclease-mediated knockout of the NUD gene. **BMC Plant Biology**, v.20, n.255, 2020. DOI 10.1186/s12870-020-02454-9.

GILES, R. J. The frequency of natural cross-fertilisation in sequential sowings of winter barley. *Euphytica*, v. 43, 1989, p. 125-134.

HALSTEAD, M.; MORRISSY, C.; FISK, S.; FOX, G.; HAYES, P.; CARRIJO, D. Barley grain protein is influenced by genotype, environment, and nitrogen management and is the major driver of malting quality. *Crop and breeding & genetics*, p.1-13, 2022.

HARLAN, J. R. On the origin of barley. In: *Barley: origin, botany, culture, winterhardiness, genetics, utilization and pests*. [s.l.: s.n.]: 1979. USDA-ARS Agricultural Handbookn 338. p. 9-31.

GERASIMOVA, S. V.; HERTIG, C., KOROTKOVA, A. M.; KOLOSOVSKAYA, E. V.; OTTO, I.; HIEKEL, S.; KOCHETOV, A. V.; KHLESTKINA, E. K. ; KUMLEHN, J. Conversion of hulled into naked barley by Cas endonuclease-mediated knockout of the NUD gene. **BMC Plant Biology**, v. 20, Suppl 1, article 255, Oct. 2020. DOI 10.1186/s12870-020-02454-9.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/busca.html?searchword=cerrado>. Acessado em: 20/11/2022.

KACZMAREK, J.; ADAMSKI, T.; SURMA, M.; JEŻOWSKI, S.; LEŚNIEWSKAFRTCZAK, M. Genotype-environment interaction of barley double haploids with regard to malting quality. **Plant Breeding**, v. 118, p. 243-247, 1999.

KEMPTHORNE, O. An introduction to genetic statistics. 3ª impr. New York, John Wiley Sons, p.545,1966.

KIRIN HOLDING. Global Beer Consumption by Country in 2020. Disponível em: [https://www.kirinholdings.com/en/newsroom/release/2022/0127\\_04.html](https://www.kirinholdings.com/en/newsroom/release/2022/0127_04.html). Acessado em: 19/01/2023.

Kumar, D.; Verma, R. P. S.; Narwal, S.; Kharab, A. S.; Malik, R.; Selvakumar, R.; Singh, J.; Kumar, V.; Sharma, I. Barley lines with higher grain beta glucan content identified. **Indian Journal of Plant Genetics Resource**, n.28, v.3, p.346–347, 2015.

LASZTITY, R. **The chemistry of cereal proteins**. CRC Press, Inc. Ed. 2, p. 424-428, 1996.

LOPES, A. S. **Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo**. (2a ed). Piracicaba: Potafos. p.162, 1984.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN H. D. **Desordens nutricionais no Cerrado**. Piracicaba: Potafos, p.136, 1985.

MENDES, E.P.P. Ocupação e produção no Cerrado goiano: do século XVIII ao XX. In: *II Simpósio Internacional Savanas Tropicais*. Brasília, 2008.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Portaria nº 691 de 22 de novembro de 1996.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Mercado cervejeiro cresce no Brasil e aumenta interesse pela produção nacional de lúpulo

e cevada. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/08/mercado-ervejeiro-cresce-no-brasil-e-aumenta-interesse-pela-producao-nacional-de-lupulo-e-cevada>. Acessado em: 19/01/2023

Ministério do Meio Ambiente (MMA). Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/cerrado>. Acessado em: 14/12/2022.

MOLINA-CANO, J. L.; FRANCESCH, M.; PEREZ-VENDRELL, A. M.; RAMO, T.; VOLTAS, J.; BRUFAU, J. Genetic and environmental variation in malting and feed quality of barley. **Journal Cereal Science**, v. 25, n. 1, p. 37-47, 1997.

MONTEIRO, V. A.; AMABILE, R. F.; SPEHAR, C. R.; FALEIRO, F. G.; VIEIRA, E. A.; PEIXOTO, J. R.; RIBEIRO JUNIOR, W. Q.; MONTALVÃO, A. P. L. Genetic Parameters and morpho-agronomic characterization of barley working collection in the Brazilian Savannah. **Journal of the Institute of Brewing**, 2018.

MOREAU, R. A. Barley Oil. Disponível em: <http://wyndmoor.arserrc.gov/Page/D8200/8221-a.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2012.

NADEL, D.; WEISS, E.; SIMCHONI, O.; TSATSKIN, A.; DANIN, A.; KISLEV, M. Stone age hut in Israel yields world's Oldest evidence of bedding. *Proceeding of the National Academy of Science*, v. 101, n. 17, p. 6821-6826, 2004.

Narwal, S.; Kumar, D.; Verma, R. P.S. Effect of genotype, environment and malting on the antioxidant activity and phenolic content of Indian barley. **Journal of Food Biochemical**, n.40, p.91-99, 2016.

Narwal, S.; Kumar, D.; Sheoran, S.; Verma, R. P. S.; Gupta, R. K. Hullless barley as a promising source to improve the nutritional quality of wheat products. **Journal of Food Science Technology**, v.54, n.9, p.2638-2644, 2017. DOI 10.1007/s13197-017-2669-6

OLIVEIRA, V.O.; CARNEIRO, P.C.S.; CARNEIRO, J.E. de S.; CRUZ, C.D. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão-comum em Minas Gerais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.41, n. 2, 257-265 p., 2006.

PINS, J. J.; KAUR, H. A review of the effects of barley  $\beta$ -glucan on cardiovascular and diabetic risk. **Cereal Food World**, v. 51, p. 8-11, 2006.

PROENÇA, C.; OLIVEIRA, R. S.; SILVA, A. P. Flores e frutos do cerrado. Brasília, DF: UnB, 2002. 226 p.

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

- RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. Experimentação em genética e melhoramento de plantas. Lavras – MG: UFLA, p. 326, 2000.
- REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T.; MARTINS, E. S. Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 107-149, 2008.
- REID, D. A.; WIEBE, G. A. Taxonomy, botany, classification, and world collection. In: **Barley: origin, botany, culture, winterhardiness, genetics, utilization and pests**. [s.l.: s.n.]: 1979. USDA-ARS Agricultural Handbookn 338. p. 61-84.
- RESENDE, M. D. V. (2002) Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Brasília – DF: **Embrapa Informações Tecnológicas**, 975p., 2002.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. (2007) Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n.3, 182 – 194p, 2007.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In Cerrado: ecologia e flora (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). **Embrapa Cerrados, Planaltina**. p.151 -212.
- RIBEIRO, J. F., WALTER, B. M. T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. p. 89-166. In: SANO, S. M., ALMEIDA, S. P. de. (ed.) **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC. xii + 556p.
- ROCHA, O. C., A. F. GUERRA, F. A. M. SILVA, J. R. R. MACHADO JÚNIOR, M. C. ARAÚJO & H. H. SILVA. 2006. Programa para monitoramento de irrigação do cafeeiro no cerrado. p. 61-64. In **Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada, 8. Araguari**. 198 p. Anais.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book: il. color. E-book, no formato ePub, convertido do livro impresso.
- SAYD, R. M., AMABILE, R. F., FALEIRO, F. G., & BELLON, G. Genetic variability of hull-less barley accessions based on molecular and quantitative data. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 2, p.160-167, 2015
- SAYD, R. M., AMABILE, R. F., FALEIRO, F. G., MONTALVÃO, A. P. L., COELHO, M.C. Agronomic characterization of high-yielding irrigated barley accessions in the Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 2, p. 84-94, 2017.
- SAYD, R. M.; AMABILE, R. F.; FALEIRO, F. G.; MONTALVÃO, A. P. L.; BRIGE, F. A. A.; DELVICO, F. M. (2018) Genetic parameters and agronomic



characterization of elite barley accessions under irrigation in the savanna. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n.3, 2018.

SEARLE, S. R.; CASELLA, G.; McCULLOCH, C. E. **Variance components**. New York: John Wiley & Sons, 501 p., 1992.

SHIMIZU, C.; KIHARA, M.; AOE, S.; ARAKI, A.; ITO, K.; HAYASHI, K.; WATARI, J. SAKATA, Y.; IKEGAMI, S. Effect of high  $\beta$ -glucan barley on Serum cholesterol concentrations and visceral fat area in Japanese men-A randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. **PlantFoods for Human Nutrition**, v. 63, p. 21-25, 2008.

SIBBR. Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira. Disponível em: <https://ala-bie.sibbr.gov.br/ala-bie/species/389594#classification>. Acessado em: 20/12/2022

STARLING, T. M. Barley. In: FEHR, W. R.; HADLEY, H. H. (Ed.). **Hybridization of crop plants**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America, 1980. p. 189-193.

STANSFIELD, W. D. **Genética**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1974. 958 p., 1974.

STERNA, V.; BLEIDERE, M.; SABOVICS, M.; AUZINS, A.; LEIMANE, I.; KRIEVINA, A. Improving nutritional value of products with flour of the hullless barley cultivar ‘Kornelija’ as an ingredient, **Zemdirbyste-Agriculture**, v.108, n.1, p.43–50, 2021.

TAKETA, S.; AMANO, S.; TSUJINO, Y.; SATO, T.; SAISHO, D.; KAKEDA, K.; NOMURA, M.; SUZUKI, T.; MATSUMOTO, T.; SATO, K.; KANAMORI, H.; KAWASAKI, S.; TAKEDA, K. Barley grain with adhering hulls is controlled by an ERF family transcription factor gene regulating a lipid biosynthesis pathway. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 105, n.10, p.4062-4067, 2008. DOI 10.1073/pnas.0711034105.

THOMÉ, R. D. (2020) **Parâmetros genéticos, adaptabilidade e estabilidade de genótipos de cevada irrigada no Cerrado do Distrito Federal**. 85p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Melhoramento Vegetal) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV, Universidade de Brasília.

VAVILOV, N. I. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. **Chronica Botanica**, v.13, n.1-6, 1951.

YADAV, S. K.; SINGH, A. K.; PANDEY, P.; SINGH, S. (2015) Genetic variability and direct selection criterion for seed yield in segregating generations of barley (*Hordeum vulgare* L.). **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 1543-1549, 2015.

YALÇIN, E.; ÇELİK, S.; AKAR, T.; SAYIM, I.; KÖKSEL, H. Effects of genotype and environment on  $\beta$ -glucan and dietary fiber contents of hull-less barley grown in Turkey. **Food Chemistry**, v. 101, p. 171-176, 2007.

YAO, X.; YAO, Y.; NA, K.; LI, X.; BAI, Y.; CUI, Y.; WU, K. Accumulation and regulation of anthocyanins in white and purple Tibetan Hullless Barley

(*Hordeum vulgare* L. var. *nudum* Hook. f.) revealed by combined de novo transcriptomics and metabolomics. **BMC Plan Biology**, v.22, n.391, 2022.

ZHANG, G.; CHEN, J.; WANG, J.; DING, J. Cultivar and environmental effects (1-3, 1-4)- $\beta$ -D-glucan and protein content in malting barley. **Journal of Cereal Science**, v. 34, p.295-301, 2001.

ZHOU, M. Barley Production and Consumption: World Barley Production. In: ZHANG, G.; LI, C. (Ed.). **Genetics and improvement of barley malt quality**. Dordrecht: Springer; Hangzhou: Zhejiang University Press, 2009. p. 1-16.

ZOHARY, D.; HOPF, M. Domestication of plants in the old world: the origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley. 3rd. ed. Oxford: Oxford University Press, 2001. 328 p.