



ARSÊNIO DANIEL IVO MULHANGA

**FENOTIPAGEM DE LINHAGENS DE ARROZ DE TERRAS
ALTAS NA SEGUNDA SAFRA**

**LAVRAS-MG
2023**

ARSÊNIO DANIEL IVO MULHANGA

**FENOTIPAGEM DE LINHAGENS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS NA
SEGUNDA SAFRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de Mestre.

Prof.^a. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho
Orientadora

**LAVRAS-MG
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Mulhanga, Arsénio Daniel Ivo.

Fenotipagem de Linhagens de Arroz de Terras Altas na
Segunda Safra / Arsénio Daniel Ivo Mulhanga. - 2023.

56 p. : il.

Orientador(a): Flávia Barbosa Silva Botelho.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Oryza sativa L. 2. Sistema de produção. 3. Safrinha. I.
Botelho, Flávia Barbosa Silva. II. Título.

ARSÊNIO DANIEL IVO MULHANGA

**FENOTIPAGEM DE LINHAGENS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS NA SEGUNDA
SAFRA**

PHENOTYPING OF UPLAND RICE LINES IN THE SECOND CROP

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 19 de janeiro de 2023.

Dra. Flavia Barbosa Silva Botelho	UFLA
Dr. Adriano Teodoro Bruzi	UFLA
Dr. Alexandre Alves de Carvalho	UFLA
Dra. Janine Magalhães Guedes	EPAMIG

Prof^ª. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho
Orientadora

**LAVRAS-MG
2023**

Á Deus, meu protetor

A minha mãe Virginia ao meu pai Daniel, a minha adorada Filha Eloah, minha noiva Laura
aos meus irmãos Rich, Stelio e Gabito, família, amigos, professores e colegas que me
acompanharam em minha jornada de aprendizado.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar à DEUS pela vida por ter me abençoado sempre durante esta caminhada, me dando forças para seguir em frente e por permitir mais essa grande vitória.

A minha Filha Eloah e Noiva Laura Betane pelo amor, carinho, companheirismo, apoio, incentivo, ajuda, paciência e compreensão ao longo dessa jornada, vocês são fundamentais no meu dia a dia.

À família Mulhanga, em especial aos meus pais: Daniel Jerónimo Ivo Mulhanga e Virgínia Langa. Sem vocês seria impossível chegar até aqui principalmente a minha mãe pela preocupação e orações. Por todo amor e carinho, sou eternamente agradecido.

Aos meus irmãos: Stelio, Richie, Gabito, e a todos os meus sobrinhos e primos, minha Avo Luísa Mulhanga e cunhadas pela ajuda moral.

Aos meus amigos e colegas da Universidade em especial ao Dionatas Alex Gracia, Ivan Zevo, Júlio Miguel, Domingos Jeque, José Dique, Nasma Cossa, Felipe Cardoso, pelo apoio prestado durante a formação.

Às minhas tias Carlota Fumo, Isabel Lissenga, Ilda Mulhanga, Marta Langa e aos meus tios Marcos Langa, Simeão Lissenga pela assistência durante a formação.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), especialmente ao Programa de Pós Graduação em Genética e Melhoramento de plantas pela oportunidade da realização do Mestrado.

A minha orientadora Prof^a. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho, agradeço pelos conselhos, ensinamentos transmitidos, oportunidades, paciência e confiança na realização deste trabalho.

Aos demais Professores do Programa de Genética e Melhoramento de plantas da Universidade Federal de Lavras pelos ensinamentos transmitidos.

Aos colegas da equipe do Melhor Arroz que me ajudaram na condução dos meus experimentos, por todos os ensinamentos adquiridos, oportunidades de crescimento pessoal e profissional, atenção e amizade.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

A todos outros que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação.

OBRIGADO!

RESUMO

O arroz é considerado um alimento base na dieta alimentar de mais da metade da população mundial, sendo o terceiro cereal mais produzido no mundo. Em 2030, a produção de arroz deverá alcançar 14 milhões de toneladas, superando os atuais 11 milhões e, uma das maiores expectativas para suprir essa demanda é o investimento em tecnologias e diversificação da produção, tornando o sistema produtivo mais sustentável. E uma das estratégias a ser utilizada é a inserção da cultura em segunda safra. Foram avaliadas oito linhagens elites provenientes do Programa de Melhoramento Genético de Arroz de terras Altas da Universidade Federal de Lavras (UFLA) – Melhor Arroz, em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão e Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig). Os genótipos foram avaliados em quatro (4) épocas de semeadura, com um intervalo de 7 dias, nos dias de: 28 de janeiro de 2022, 4, 11 e 18 de fevereiro de 2022. Cada época foi constituída por 8 genótipos com três repetições, totalizando 24 parcelas em delineamento de blocos casualizados (DBC). Os resultados indicaram que os genótipos CMG ERF 81-2 e CNAx20665-B-6 Trat 81 EO foram os mais precoces, enquanto os genótipos P85-15-CNAx18874-B-5-6 Trat. 17 do Preliminar e NAx20663-B-14 Trat. 78 EO, os mais tardios. A maior altura de plantas foi registrada no genótipo CMG ERF 81-2 em todas as épocas. Os genótipos 1 P 95-8 CNAx18360-B-3-B-B, CNAx20658-B-12 Trat. 73 EO e CMG ERF 81-2 apresentaram maior peso de grãos em todas as épocas. A semeadura realizada na primeira época, no dia 28 de janeiro foi considerada a data mais adequada para o cultivo de arroz, considerando o desempenho fenotípico médio dos genótipos. Portanto, as plantas com semeadura precoce possuem um melhor desempenho em comparação com as de semeadura tardia.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L. Sistema de produção. Interação GxA. Safrinha.

ABSTRACT

Rice is the third most produced grain in the world and is considered basic food in the diet of more than half of the world's people. Above the current 11 million tons, rice output is predicted to reach 14 million tons in 2030. Technology investments and production diversification, which increase the production system's sustainability, are among the most significant needs for meeting this aim. And one of the strategies to be used is the insertion of the culture in the second crop. Thus, the objective was to evaluate the phenotypic behavior and responsiveness of rice lines subjected to different sowing times in the second crop. Eight elite lines from the uplands Rice Genetic Improvement Program of the Federal University of Lavras (UFLA) - Melhor Arroz, in partnership with Embrapa Arroz e Feijão and Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) were evaluated. The genotypes were evaluated in four (4) planting seasons, with a 7-day interval, on: January 28, 2022, February 4, 11 and 18, 2022. Each season consisted of 8 genotypes with three repetitions, totaling 24 plots in a randomized block design (DBC). The results indicated that the genotypes CMG ERF 81-2 and CNAx20665-B-6 Trat 81 EO were the earliest, while the genotypes P85-15-CNAx18874-B-5-6 Trat. 17 of Preliminary and NAx20663-B-14 Trat. 78 EO, the later ones. The highest plant height was recorded in genotype CMG ERF 81-2 in all seasons. The genotypes 1 P 95-8 CNAx18360-B-3-B-B, CNAx20658-B-12 Trat. 73 EO and CMG ERF 81-2 showed higher grain weight in all seasons. Sowing performed in the first season, on January 28 was considered the most suitable date for rice cultivation, considering the average phenotypic performance of the genotypes. Therefore, the plants with early sowing have a better performance compared to those with late sowing.

Keywords: *Oryza sativa* L. Production system. GxE interaction. Second crop.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estádios de desenvolvimentos fenológicos da cultura do arroz.....	14
Figura 2 - Precipitações e temperaturas médias durante a realização dos experimentos, semeadura em janeiro e fevereiro de 2022	23
Figura 3 - Gráfico da proporção da variância genética, da interação e do ambiente na variância fenotípica.....	31
Figura 4 - GGE biplot “which-won-where” para o caráter número de dias até o florescimento (DFL) nos experimentos realizados na entre safra de 2022 em Lavras	32
Figura 5 - GGE biplot “which-won-where” para o caráter rendimento de grãos por parcela (PG) nos experimentos realizados na entre safrinha do ano 2022 em Lavras/MG.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química do solo dos locais de condução do experimento.....	23
Tabela 2 - As oito (8) linhagens elites que foram usadas na condução do experimento.....	24
Tabela 3 - Estimativas dos testes de razão de verossimilhança e parâmetros genéticos, referentes à análise conjunta dos dados envolvendo 8 genótipos testadas na safrinha 2022 em Lavras para as características número de dias até o florescimento (DFL), altura de plantas (ALT), número de perfilhos (NP), mancha parda (MP), mancha de grãos (MGR) e rendimento de grão por parcela (PG).....	27
Tabela 4 - Médias BLUP's dos genótipos com seus respectivos limites inferior e superior do intervalo de confiança para as características: número de dias até o florescimento (DFL), altura de plantas (ALT), número de perfilhos (NP), mancha parda (MP), mancha de grãos (MGR) e rendimento de grão por parcela (PG)	29
Tabela 5 - Estimativas obtidas dos valores das médias BLUP's para cada ambiente da análise de variância nos experimentos da safrinha no ano 2022 em Lavras;MG	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	A planta de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.).....	12
2.2	Sistemas de cultivo.....	15
2.2.1	Sistema de cultivo de terras baixas ou inundado.....	16
2.2.2	Sistema de cultivo de terras altas ou sequeiro	16
2.3	Exigências climáticas e principais fatores que afetam a produção de arroz.....	18
2.4	Inserção do arroz de terras altas no sistema de produção.....	20
3	MATERIAL E METODOS.....	22
3.1	Locais	22
3.2	Caraterísticas do solo	23
3.3	Tratamentos dos genótipos.....	23
3.4	Condução dos experimentos	24
3.5	Características avaliadas no experimento.....	25
3.6	Análise Estatística	25
4	RESULTADOS.....	27
5	DISCUSSÃO	34
6	CONCLUSÕES.....	39
	REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS.....	40
	APÊNDICE	50

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é considerado um alimento base na dieta alimentar de mais da metade da população mundial, sendo o terceiro cereal mais produzido no mundo (FERRARI *et al.*, 2018). Cultivado e consumido em todos os continentes, destaca-se pela produção e área de cultivo, desempenhando papel estratégico, tanto no aspecto econômico, quanto social (GARCIA *et al.*, 2021).

No mundo, cerca de 163 milhões de hectares são cultivados, anualmente, com a cultura do arroz, sob diversos sistemas de produção. A maior concentração da produção se localiza no continente asiático, com destaque para a China. Fora da Ásia, o Brasil se destaca por ocupar a primeira posição, representando 1,4% da produção mundial (CONAB, 2022).

Na safra 2021/2022, no Brasil foram cultivados 1.618,3 mil hectares, já na atual safra 2022/2023, houve uma redução de 6,2% de área cultivada (1.517,3 mil hectares). A Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), estima que a produção brasileira de arroz na safra 2022/2023, vai reduzir para aproximadamente 10,639,5 mil toneladas, menos 1,4% em comparação com as 10,788,8 mil toneladas de 2021/22 (CONAB, 2022).

O cultivo do cereal é realizado tanto no sistema de sequeiro, também chamado de “cultivo em terras altas”, quanto no sistema irrigado ou várzeas (BORÉM; RANGEL, 2015). O arroz de terras altas, concentra-se na região do Cerrado, sendo que este sistema de cultivo, exerce papel fundamental ao complementar o abastecimento nacional e constitui uma alternativa interessante em termos de sustentabilidade para os produtores rurais, visto que, pode se fazer uso da rotação e/ou sucessão de culturas e, em integração de sistemas, principalmente lavoura pecuária e floresta (SALES *et al.*, 2021).

No Brasil, o cultivo do arroz de terras altas sofreu grande concorrência com *commodities*, principalmente com a cultura da soja, para a qual se obtém maior financiamento e sua comercialização apresenta maior liquidez comparado aos grãos de arroz. Tal fato, fez-se com que outras culturas de importância tivessem a época de semeadura deslocada para outras safras, exemplo da cultura de arroz que, como forma de aumentar a sua produção, manter a sustentabilidade, além da rentabilidade nas áreas de soja/milho a janela da semeadura precisa ser estabelecida na segunda safra (SANTANA *et al.*, 2022).

Algumas estratégias foram criadas para minimizar os efeitos desse deslocamento do arroz em terras altas, dentre elas, destaca-se a inserção da cultura do arroz em sistema de produção, como a sucessão soja-arroz ou a rotação de culturas soja-arroz-feijão-milho-soja-trigo que vem ocorrendo de forma gradual no país. Contudo, é necessário que essas estratégias

de produção, sejam introduzidas não só em áreas antigas ou estabelecidas, mas também, em áreas novas ou recém-abertas, isso devido às grandes vantagens que esses sistemas fornecem, como forma de reduzir a constante utilização do “monocultivo” de soja e milho (TREVISAN *et al.*, 2017).

Nesse contexto, o programa de melhoramento genético de arroz de terras altas, tem estado a trabalhar no desenvolvimento de linhagens resilientes com ampla adaptação às adversidades climáticas em diferentes ambientes, visando além da diminuição do estresse, a inserção do arroz de terras altas no sistema agrícola em duas safras (SOARES *et al.*, 2019). Desta maneira, devem ser considerados como uma das mais promissoras estratégias para a manutenção e expansão do cultivo do arroz, a atual necessidade de cultivares precoces e produtivas, como também a área cultivada em segunda safra e benefícios do arroz nos sistemas de produção que auxiliarão na sustentabilidade da produção nacional (LIMA *et al.*, 2020).

Diante do exposto, é oportuno investigar o comportamento fenotípico de linhagens de arroz de terras altas em diferentes épocas de semeadura na segunda safra, para que possam ser introduzidas nesse cultivo, com o objetivo de garantir e impulsionar o aumento da produção e manutenção da segurança alimentar no país e no mundo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais importantes para mais da metade da população mundial, sendo o terceiro cereal mais produzido no mundo (SHI *et al.*, 2022). É uma fonte significativa de calorias, energia, proteínas e nutrientes com destaque para o magnésio, fósforo, manganês, selênio, ferro, ácido fólico, tiamina e niacina, nutrientes essenciais para o desenvolvimento e funcionamento adequado do corpo humano (RATHNA *et al.*, 2019).

O cereal é considerado um dos alimentos com maior balanceamento nutricional, fornecendo 20% de energia e 15% de proteína. Contribui com 21% da ingestão diária calórica per capita necessária ao homem e possui a capacidade de ampla adaptação de cultivo, considerando-se a cultura com maior potencial de aumento de produção para contribuir no combate à fome (VILLEGAS *et al.*, 2018).

O consumo de arroz no mundo está projetado para aumentar de 480 milhões de toneladas de arroz beneficiado em 2014 para quase 550 milhões de toneladas em 2030, resultado do crescimento populacional e crescimento econômico impulsionado nos países em desenvolvimento (GMACH *et al.*, 2018; YUAN, 2021).

O Brasil, ocupa o décimo primeiro lugar na produção de arroz no mundo, sendo o maior produtor de arroz fora da Ásia, com cerca de 1,44% da produção mundial (USDA, 2022). O

mercado de arroz é um setor importante para a economia brasileira, produzido em praticamente todos os Estados, pode ser considerado umas das culturas de maior importância, tanto no aspecto de valor econômico quanto social (SATO *et al.*, 2022).

Na safra 2020/2021, o país cultivou 1,680 milhão de hectares do grão tendo uma produção de 11,091 milhões de toneladas, esse volume de produção foi suficiente para atender à demanda interna e no mesmo ano obteve-se um ganho de R\$ 19,951 bilhões em termos de valor bruto da produção (IBGE, 2020). A estimativa para 2022/2023 indica um aumento na produtividade em 2,4% o que coloca o arroz entre as culturas de maior importância econômica no Brasil (CONAB, 2022).

No que se refere ao aspecto social do arroz em 2021, mais de 160 mil estabelecimentos agropecuários foram cultivados no país e a maior parte (93%) tendo áreas menores que dez hectares, o que explica que o seu cultivo é feito majoritariamente por pequenos produtores (IBGE, 2021). Portanto, o seu cultivo é de extrema importância, pois tem se verificado ao longo do tempo devido as grandes transformações que tem acontecido na área (SOARES *et al.*, 2019).

2.1 A planta de arroz (*Oryza sativa* L.)

O arroz é uma gramínea anual adaptada ao ambiente aquático, varia quanto ao tamanho de 0,3 m de altura em mutantes anões e, até 5,0 m em genótipos mais adaptados. Segundo a função que desempenha nos órgãos de uma planta pode ser dividida em vegetativa e reprodutiva. Os órgãos vegetativos são: raízes, colmos e folhas, já os reprodutivos: flores, sementes e frutos (BORÉM; RANGEL, 2015).

Quanto aos órgãos vegetativos as raízes são fibrosas constituídas de radículas com raízes seminais. As raízes seminais, ou radícula, são originadas na coleorriza, onde após a emergência é seguida por uma ou duas raízes seminais secundárias. Esse conjunto de raízes se desenvolvem em raízes laterais (SINGH *et al.*, 2008). E duram apenas por um curto período de tempo após a germinação e são logo substituídas pelo sistema secundário de raízes adventícias, que são produzidas a partir de nós inferiores dos caules jovens. São fibrosas e possuem muitas ramificações e pelos radiculares (YANG *et al.*, 2022).

As características morfológicas e fisiológicas de um sistema de raízes longas e ramificadas é característica de extrema importância ao arroz, pois desempenham um papel importante na determinação do crescimento da parte aérea e na produtividade (KIM *et al.*, 2020).

Outro órgão vegetativo é o colmo do arroz que é constituído por um caule principal e por um conjunto variável de caules primários, secundários e terciários ou perfilhos. Na sua

composição possui uma série de nós e entrenós. Esse número de nós depende da fenologia do genótipo que varia de 13 a 16 por caule (GUIMARÃES *et al.*, 2002).

O perfilho é uma estrutura composta de folhas e gemas axilares. A sua visualização somente é visível mediante a dissecação e encontra-se na base do perfilho, como um conjunto de nós, apenas no período reprodutivo da cultura é que os nós se distanciam devido ao alongamento dos entrenós, o que permite a sua visualização (CHANG *et al.*, 1965). E a cor dos nós e entrenós, o número de perfilhos e o seu ângulo são importantes características de descrição varietal (KASHIWAGI, 2022).

A cultura do arroz possui também folhas que estão dispostas em ângulo com o colmo, em duas fileiras, uma em cada nó. A segunda folha e as restantes estão posicionadas de forma alternada e surgem no início das gemas situadas nos nós. Dependendo da fenologia de cada genótipo surgem de 8 a 14 folhas (PINHEIRO & HEIMANN, 2013). A última folha a surgir em cada colmo denomina-se folha-bandeira e, os genótipos diferem quanto ao comprimento, largura, ângulo de inserção, pubescência e cor das folhas, e essas características são de grande importância na caracterização e descrição varietal (MACLEAN *et al.*, 2002).

A planta possui uma inflorescência denominada panícula que se localiza no último entrenó do colmo. É constituída por uma haste central chamada ráquis e por continuas ramificações que se formam as espiguetas (CHANG *et al.*, 1965). Dependendo de cada genótipo existe diferença no comprimento da panícula, forma e ângulo das ramificações primárias, na massa e densidade da panícula, o seu tamanho é de acordo com a cultivar que varia de 20 a 26 cm e com o comprimento de 100 a 300 grãos (GUIMARÃES *et al.*, 2002).

A panícula é constituída por várias espiguetas que são a unidade da inflorescência que surge no pedicelo, essas espiguetas são formadas por dois pares de brácteas ou glumas. Existem dois tipos: as brácteas superiores que após a formação do grão constituem as cascas botanicamente chamadas de glumelas (BORÉM; RANGEL, 2015). A maior delas possui 5 nervuras de constituição central, carena, duas medianas e duas marginais e a menor chamada pálea possui 3 nervuras uma central e duas marginais. E no grão maduro, as brácteas inferiores são denominadas de glumas estéreis (YUAN, *et al.*, 2020). Outra estrutura morfológica da espiguetas é a arista que é uma extensão filiforme da quilha do lema que é considerado um importante descritor varietal (REN *et al.*, 2020).

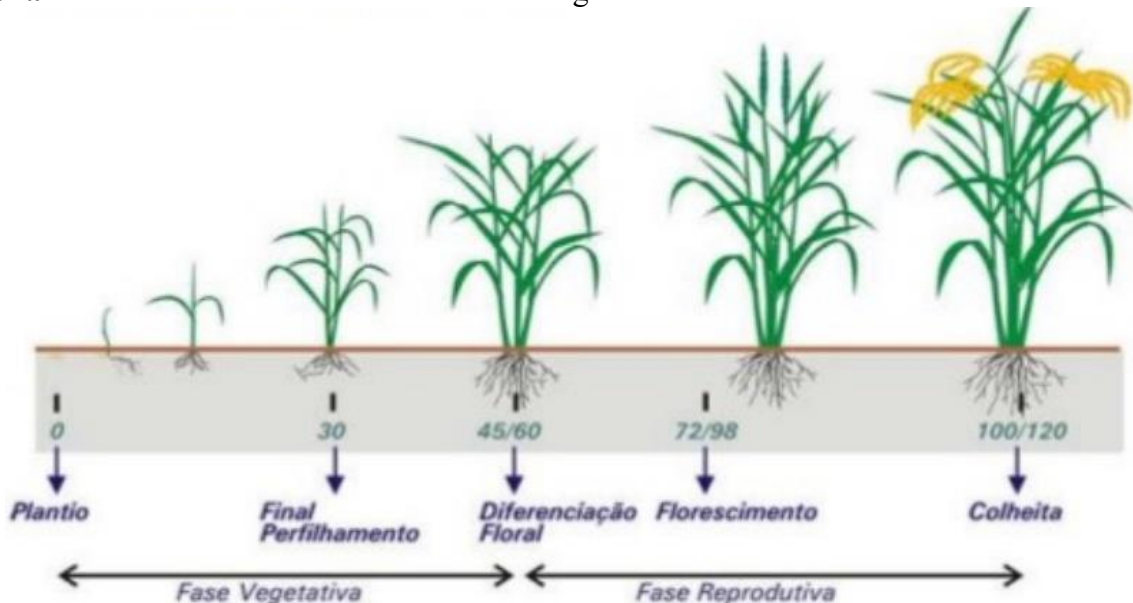
No caso da flor do arroz ela é hermafrodita, ou seja, é monoica. Possui órgão masculino e feminino. O masculino, também chamado de androceu, compreende as anteras em número de seis as quais contém os grãos de pólen e o filete que as liga à base da flor e ponto conexão do filete com a antera designado conectivo. O órgão feminino, ou gineceu contém um ovário

com um óvulo do estilete e de dois estigmas plumosos, geralmente com variação na coloração do branco ao violeta. Fatores morfológicos como estigma, estilete e anteras curtos favorecem a autogamia do arroz (OKA, 1988).

O outro órgão importante é o grão de arroz que é formado pelo ovário fecundado e contém uma única semente nas suas paredes do pericarpo é envolvida pelo lema e a pálea, no qual em conjunto com as glumelas estéreis e estruturas associadas, compõem a casca e, o grão sem casca denomina-se cariopse (SMIDERLE & PERREIRA, 2008).

Os estádios de crescimento da planta de arroz são um processo fisiológico, de caráter contínuo que envolve um ciclo completo, iniciado na germinação e finalizado na maturação dos grãos (BOREM; RANGEL, 2015). O seu crescimento é determinado por um padrão comum no tempo, que varia um pouco, devido a influência ambiental e das características genéticas do genótipo. O ciclo de uma planta de arroz está compreendido de 100 a 210 dias e isso depende de cada cultivar (Figura 1). E o desenvolvimento está dividido em duas fases principais: a fase vegetativa (germinação, crescimento da plântula e perfilhamento) e reprodutiva (emissão da panícula, exserção da panícula e floração) e por fim pela maturação do fruto (grão leitoso, grão pastoso e grão maduro) (ABREU; OLIVEIRA, 2015).

Figura 1 – Estádios de desenvolvimentos fenológicos da cultura do arroz.



Fonte: Portal Embrapa (2023).

A fase vegetativa, dá-se com o início da germinação da semente até o início da formação do primórdio floral. E cultivares com um ciclo de 130 a 135 dias em condições de clima tropical, dura 65 a 70 dias principalmente, sendo esta fase mais variável (MOHAPATRA; SAHU, 2022).

O perfilhamento é caracterizado pela capacidade de emitir colmos laterais e no aumento lento em altura e emergência de folhas, se inicia no estágio vegetativo de V4 (4 folhas) ou V5 (5 folhas), o que depende da cultivar e das condições ambientais. Quanto as cultivares de ciclo curto o perfilhamento máximo acontece no mesmo período do início da diferenciação das panículas, e em cultivares de ciclo longo estende-se pela fase reprodutiva (GUIMARÃES *et al.*, 2002).

Por outro lado, a fase reprodutiva da cultura do arroz acontece desde a iniciação do primórdio floral até o florescimento. O tempo de duração é relativamente constante, podendo levar em torno de 35 dias em clima tropical (BORÉM; RANGEL, 2015).

O início do florescimento inicia com emissão da panícula, em que ocorrem os processos de abertura das flores, polinização e fertilização (GUIMARÃES *et al.*, 2002). Nesta fase, o arroz é muito sensível a estresses abióticos, como: déficit hídrico, deficiência nutricional, principalmente de nitrogênio, radiação solar e baixas temperaturas (CHANDRARATNA, 1964; YOSHIDA, 1978). Após o término da fase reprodutiva sucede-se a fase de maturação que ocorre após a fertilização e dura entre 15 a 40 dias, podendo se estender até 60 dias em climas temperados dependendo de cada cultivar (BOREM; RANGEL, 2015).

Quanto aos estádios de formação nessa fase, à medida que o grão amadurece as folhas tornam-se senescente e amarelas de forma ascendente. Dependendo dos genótipos o colmo e as folhas superiores continuam verdes mesmo com os grãos maduros (ABREU; OLIVEIRA, 2015).

2.2 Sistemas de cultivo

No Brasil, o arroz é produzido em diferentes sistemas de cultivo: terras baixas também conhecido como “inundado ou várzea” e terras altas “arroz de sequeiro” (RIBAS *et al.*, 2021). Praticamente toda produção nacional é proveniente do sistema inundado, com destaque para região Sul, responsável por 80,90% da produção nacional do grão, principalmente nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, respectivamente (CONAB, 2022). Este sistema de cultivo caracteriza-se por ser de plantio anaeróbico e ter suas necessidades hídricas atendidas pela precipitação pluvial ou, de forma suplementar e, pela irrigação por aspersão (KATO *et al.*, 2019).

O sistema de cultivo do arroz de terras altas está inserido majoritariamente no cerrado brasileiro, nos Estados de Mato Grosso, Rondônia, Goiás e Tocantins, correspondendo aproximadamente a 19,10% de toda área plantada e, considerada a maior área cultivada da América Latina neste sistema (CONAB, 2022).

2.2.1 Sistema de cultivo de terras baixas ou inundado

No sistema de terras baixas, o arroz é cultivada em várzeas com controle de água e, em solos não sistematizados irrigados por água de chuva ou por elevação do lençol freático (REIS *et al.*, 2018). Praticamente no Brasil, aproximadamente 33 milhões de hectares de terras baixas de solos aluviais e hidromórficos estão sujeitos a inundações e dessa área total, 5,4 milhões de hectares estão localizados no estado de Rio Grande do Sul (RS), que corresponde 20% de todo o Estado (GOULART *et al.*, 2020).

As áreas de cultivo para terras baixas são caracterizadas por altitudes de até 50 m e encostas até 5%. Nos quais, os solos de várzea são em sua maioria Planossolos (mais de 50% da área), seguido por Chernossolos, Neossolos, Gleissolos, Plintossolos e Vertissolos (SANTOS *et al.*, 2018). E mesmo com diferenciados tipos de solos, as áreas de várzea utilizadas para o cultivo de arroz por inundação têm como propriedades: naturalmente baixa capacidade de drenagem, textura arenosa na superfície do solo, presença de horizonte B textural e presença de subsuperfície compactada (PINTO *et al.*, 2004).

As lavouras, de arroz irrigado por inundação no Brasil, tiveram em média a produtividade nacional de cultivo de 7,68 t ha⁻¹ e ocuparam aproximadamente 1,302,3 mil hectares, com uma produção estimada de 10,001,2 t na safra 2021/2022. Na safra 2022/2023, espera-se uma área menor de 1,224,6 mil hectares, com produtividade média estimada em 8,1 t ha⁻¹ e produção de 9,924,8 t principalmente (CONAB, 2022).

2.2.2 Sistema de cultivo de terras altas ou sequeiro

O sistema de terras altas é cultivado em ambiente aeróbico, tendo sua demanda hídrica maioritariamente suprida apenas pela água das chuvas. Nesse sistema, o arroz é cultivado em solos bem drenados, principalmente latossolos, situação em que a região de cerrado é a favorecida e a maioria desses solos são deficientes em nutrientes tendo grande adaptação ao plantio direto (FERREIRA & WANDER, 2021).

A produção de arroz de sequeiro se concentra nas regiões Centro-Oeste e Nordeste, no qual o Estado de Mato Grosso que é o maior produtor seguido por Maranhão (CONAB, 2021). Nesse sistema de cultivo nas regiões mencionadas acima, as propriedades agrícolas são muito extensas e há utilização de máquinas em todas as operações. A instabilidade climática durante o período de cultivo e a ocorrência de doenças, especialmente brusone (*Pyricularia oryzae*), e de pragas, como cupins, contribuem para sua baixa produtividade (TOMÉ *et al.*, 2019).

As áreas do arroz de terras altas no Brasil, tiveram em média uma produtividade de 2,493 t ha⁻¹ numa área estimada de 316 mil hectares, com produção de 787,6 t na safra 2021/2022 e na safra 2022/2023 espera-se uma produção de 714,7 t e produtividade média de 2,442 t ha⁻¹ numa área de 292,7 mil hectares (CONAB, 2022).

Esse sistema apresenta menor produtividade que o sistema inundado, a média de produtividade nacional é de 2,5 t ha⁻¹ que é bem inferior ao sistema irrigado, que possui produtividade média de 7,9 t ha⁻¹ (CONAB, 2021). Esse cenário acontece, pois, existe uma heterogeneidade tecnológica na condução do arroz de terras altas, podendo variar de um baixo nível tecnológico até áreas com alta tecnologia. Por outro lado, se a cultura do arroz for bem manejada é capaz de atingir produtividades acima de 5 t ha⁻¹ (INACIO *et al.*, 2018; TOMÉ *et al.*, 2019).

Quanto a seu plantio pode ser feito sob baixo pivô utilizando irrigação suplementar, como também abertura de áreas e pastagens degradadas. No cultivo com irrigação por aspersão em terras altas, esse sistema caracteriza-se por intenso uso do solo, com rotação de culturas e elevado uso de tecnologia. Os plantios feitos na estação chuvosa, durante os meses de outubro a maio, a irrigação é de forma suplementar (VORIES *et al.*, 2017).

No começo do período “das águas”, a ocorrência de precipitações pluviais é incerta e, em janeiro e fevereiro, podem acontecer períodos de estiagem, denominados veranicos, o que reduz significativamente a produtividade de arroz (HEINEMANN, 2010).

Para o seu plantio recomenda-se menor espaçamento entre linhas e entre plantas na linha e profundidade das sementes varia de 3 cm a 5 cm, para a aplicação do fertilizante de plantio, 5 cm abaixo das sementes. Em plantios mecanizados usar espaçamentos menores que 40 x 30 cm e 10 a 12 sementes/cova. E recomenda-se preferencialmente as cultivares de ciclo curto e a cultivares de ciclo semiprecoce (BOREM; RANGEL, 2015).

Quanto as atividades de manejo de plantas daninhas procedem-se de uma a três capinas durante o ciclo da cultura, que pode ser realizada de forma manual e mecanizada. Recomenda-se efetuar a primeira capina aos 30 dias e a segunda aos 50 dias após a emergência do arroz. Em áreas mecanizadas, majoritariamente dá-se preferência ao controle químico. Apenas recomenda-se o uso dessa prática somente em caso de grande infestação e se a aplicação for economicamente viável (LACERDA; NASCENTE, 2021).

O ataque das pragas é favorecido pelas condições climáticas que auxiliam na proliferação dos insetos nesse tipo de sistema, e o arroz é atacado por diversas pragas, desde a semeadura até a colheita (STEINMETZ *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2015).

Nesse período, a cultura está sujeita ao ataque de vários artrópodes, em destaque, a broca-do-colo, os cupins e a cigarrinha-das-pastagens (KHAN *et al.*, 2019). E também é muito atacada por várias doenças de origem fúngica principalmente, a brusone (*Pyricularia oryzae*), escaldadura (*Rhynchosporium oryzae*), mancha parda (*Helminthosporium oryzae*), mancha-de-grãos (complexo de patógenos) e mancha estreita (*Cercospora oryzae*). De todas estas doenças a mais importante é a brusone, por causa dos prejuízos que acarreta à produção (GOMES *et al.*, 2019).

2.3 Exigências climáticas e principais fatores que afetam a produção de arroz

A cultura do arroz é muito sensível às variações climáticas. Portanto, se as condições de clima forem favoráveis ao longo de toda fase da cultura, no estágio reprodutivo principalmente, se terá excelentes níveis de produtividade. Enquanto que, se essas condições não forem favoráveis, ocorrerá baixas produções nas safras sendo determinada pela duração e à intensidade das condições meteorológicas (STEINMETZ *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2019).

As condições climáticas ideais para um bom desempenho da planta de arroz são de extrema importância, com destaque a temperatura, fotoperíodo, radiação solar e precipitação pluvial, que são um dos elementos climáticos de maior importância para o crescimento e desenvolvimento do arroz (GAO, 1992; LAGO, 2009).

No que se refere a temperatura, possui um papel relevante para o crescimento e desenvolvimento do arroz, sendo um dos elementos climáticos de maior importância em todas as fases fenológicas da planta, possui temperaturas críticas ótima, mínima e máxima. A temperatura ótima para o desenvolvimento do arroz situa-se na faixa de 20 a 35°C para a germinação, de 30 a 33°C para a floração e de 20 a 25°C para a maturação (FERRARI *et al.*, 2018).

O período final da fase vegetativa, ou seja, o emborrachamento, que acontece dias antes do florescimento é o mais sensível as baixas temperaturas. A faixa crítica de temperatura que pode induzir esterilidade no arroz é de 15 a 17°C para os mais sensíveis e de 17 a 19 °C para os genótipos tolerantes ao frio. A ocorrência de altas temperaturas diurnas superiores a 35°C também pode causar esterilidade de espiguetas (WANG *et al.*, 2019).

As temperaturas iguais ou inferiores a 15 °C durante o início e o fim do estágio da floração mais precisamente no estágio R2, e também durante a fase de emborrachamento que tem o seu início de 7 a 16 dias antes da emissão das panículas é considerado como o mais sensível às baixas temperaturas, sendo a segunda fase mais sensível a floração (BADRIYAH *et*

al.,2022), causando perdas expressivas na produtividade, que podem ocasionar em resultados de alta ocorrência da esterilidade de espiguetas (HEINEMANN *et al.*, 2021).

Outro fator que influencia o desempenho fenotípico da planta do arroz é o fotoperíodo, que é definido como o número de horas de luz no dia, sendo o arroz, uma planta de dias curtos. A diferenciação floral inicia em resposta aos dias curtos, podendo ser retardada ou nem iniciar quando a planta é submetida a longos fotoperíodos (ANDRADE *et al.*, 2022).

O fotoperíodo ótimo é conceituado como o comprimento do dia no qual a duração da emergência até a floração é mínima. Na maioria dos genótipos de arroz varia entre 9 e 10 horas, enquanto que, o fotoperíodo crítico é o maior fotoperíodo que uma planta irá florescer ou o fotoperíodo além do qual a planta não irá florescer (STEINMETZ *et al.*, 2006).

No processo de adaptação ou criação de novas cultivares, são selecionadas aquelas que apresentam comprimentos de ciclo compatíveis com as características fotoperiódicas da região. Portanto, o fotoperíodo pode ser considerado um fator limitante quando se pretende realizar o plantio de arroz fora das épocas tradicionais de cultivo que compreendem os meses de Fevereiro a Junho (STEINMETZ & MEIRELES, 1999).

A radiação solar também é um elemento climático de extrema importância na resposta positiva da planta do arroz. No processo de fotossíntese, as plantas usam uma fração da radiação que nelas incide, entre os comprimentos de onda que variam de 0,4 a 0,7 μ m, considerada radiação fotossintética ativa, que pode ser aproximadamente até 50% de toda radiação que incide na planta (KLERING *et al.*, 2008).

A precipitação é considerada um fator de extrema relevância, pois isso é afetado pelo perfil do regime pluvial da quantidade e distribuição das chuvas durante as fases de crescimento da planta de arroz de terras altas, o que reflete na produção de grãos. E, geralmente o total de precipitação anual nas regiões do cerrado é de 1.463 mm e, 90% dessa quantidade ocorre nos períodos de outubro a abril, nos meses de maio e setembro, inicia uma estação seca contínua com os índices de pluviosidade muito baixos (STEINMETZ *et al.*, 1988).

A ocorrência de estiagem (veranicos), durante a estação chuvosa, é caracterizada pela alta demanda evaporativa do ar, altos níveis de radiação solar e temperaturas do ar elevadas. Essa limitação na disponibilidade de água na cultura de arroz é muito prejudicada dependendo da fase fenológica da planta e os efeitos devido a esse estresse podem ser variáveis (KLUTHCOUSKI *et al.*, 1987).

Se o estresse hídrico ocorrer durante a fase vegetativa, haverá uma redução na altura da planta, no número de perfilhos e na área foliar, esse déficit pode ser recuperado se as necessidades hídricas forem supridas antes do período da floração. No caso em que o estresse

ocorrer durante o estágio reprodutivo será difícil a recuperação das plantas de modo a responder as necessidades hídricas nas fases subsequentes visto que o efeito é irreversível (HEINEMANN, 2010).

O rendimento da planta é afetado de forma acentuada quando o estresse hídrico ocorre na fase de florescimento, pois nessa fase são afetados todos processos que compreendem o desenvolvimento reprodutivo, e tendo resultado esterilidade das espiguetas (KIM *et al.*, 2020). Portanto, é notório que no arroz de terras altas, a redução da água contribui na redução do rendimento da cultura. Sendo que, para reduzir os efeitos negativos do déficit hídrico, tem que se semear em períodos em que a fase de florescimento e enchimento de grão vai coincidir com a demanda das chuvas (CHEN *et al.*, 2019).

2.4 Inserção do arroz de terras altas no sistema de produção

Nas últimas décadas devido ao crescimento exponencial da população mundial, a atividade agrícola tem exercido um papel insustentável devido ao “sistema de cultivo” soja-milho principalmente, sem adoção de outras culturas no sistema de produção. A monocultura altamente especializada, com intensa praticidade tem sido realizada com adoção de novas tecnologias consideradas importantes sobre o ponto de vista da produtividade e segurança alimentar (CARLOS *et al.*, 2022). No entanto, a perda de biodiversidade causada pela agricultura moderna tem preocupado os governos mundiais (FIGUEROLA *et al.*, 2015).

Dentro da orizicultura, esse cenário não se difere dos outros, e a monocultura de arroz irrigado é uma prática comum na maioria dos países asiáticos, que concentram 90% da produção mundial de arroz (IRRI, 2019). Este problema também ocorre no Brasil, que é o maior produtor de arroz da América Latina e, a sua produção é 80% advinda do sistema inundado, outros 20% é suprida pelo sistema de terras altas (SOSBAI, 2018).

No Brasil, o sistema de cultivo predominante é o inundado e os cinco maiores Estados produtores de arroz considerando a safra 2021/22 foram: Rio Grande do Sul com 70,1% da produção e Santa Catarina com 10,89%, sendo que esses dois Estados pertencem ao sistema de cultivo inundado. Já os Estados de Tocantins, com (6,01%), Mato Grosso, com (3,755%) e Maranhão com (1,39%) são referentes ao sistema de cultivo de terras altas. Quanto a importação do arroz em casca, nesse respectivo ano foi de 1.150,0 mil t e, de exportação 1.900,0 mil t respectivamente (CONAB, 2022).

Os estudos realizados demonstram que a produção nacional de arroz necessária para abastecer a demanda interna dos consumidores, em 2030 deverá alcançar 14 milhões de toneladas superando os atuais 11 milhões e, uma das maiores expectativas para suprir essa

demanda é o investimento em tecnologias e diversificação da produção, tornando o sistema produtivo mais sustentável (FAO, 2020).

No que diz respeito ao consumo médio anual de arroz, o país consome 47,30 kg hab⁻¹ ano *per capita*, o que corresponde o consumo diário de 131,4 g, por isso, é considerada a principal fonte de energia do brasileiro, juntamente com o feijão. Esses dados demonstram que o grão é a principal fonte de carboidratos no prato dos consumidores brasileiros ocupando um importante papel social e econômico no país (HEINEMANN *et al.*, 2019).

No sul do Brasil, as áreas de plantio contínuo de arroz irrigado propiciaram plantas daninhas resistentes a herbicidas (GALON *et al.*, 2008), aumentando a infestação de doenças e redução da qualidade do solo (CARLOS *et al.*, 2020; MARTINS *et al.*, 2017). Devido ao fato de que o arroz em sua composição bioquímica possui uma proporção maior de Carbono e Nitrogênio (C/N), teor de silício, e lignina (ZHU *et al.*, 2014). E os resíduos conterem mineralização lenta com altas taxas de ativação o que induz períodos mais longos de imobilização de N (MCDANIEL & GRANDY, 2016).

Outro problema, é a contribuição na emissão de gás metano (CH₄), que é produzido em condições anaeróbicas associadas a solos inundados (RUNKLE *et al.*, 2019). Esse é um gás de efeito estufa, o qual é uma das principais causas do aquecimento global e das mudanças climáticas (SETYANTO *et al.*, 2018). O cultivo de arroz irrigado é uma fonte de metano e contribui atualmente com 11% da emissão global. Anualmente, no Brasil, o arroz de terras baixas contribui com a emissão de aproximadamente 460 mil toneladas do gás metano (BRASIL, 2019).

O cultivo de arroz de terras altas possui inúmeras vantagens em relação ao sistema irrigado como por exemplo, contribuir para a mitigação do baixo teor de gás de metano na atmosfera, diluição de custos de produção, utilização de áreas com solos de baixa fertilidade e menores investimentos iniciais e, a rotação de princípios ativos de herbicidas, diminuindo assim a resistência das plantas daninhas no sistema de produção (ZHOU *et al.*, 2022).

Segundo Carvalho *et al.* (2020) é de extrema importância o aumento da expansão do cultivo de arroz de terras altas, pois isso irá favorecer uma melhor distribuição da produção e aumento da segurança alimentar. Sendo que, esse cenário atual do uso contínuo das mesmas culturas nas áreas de produção soja e milho, principalmente, tem criado vários problemas relacionados com o manejo e a sustentabilidade.

Uma das estratégias a ser adotada para o arroz tanto para o inundado quanto ao de sequeiro, é sua inserção no sistema de produção, neste caso, a rotação ou sucessão de culturas, para redução de uso de herbicidas, o que vai ocasionar o aumento da biodiversidade e renda

extra ao produtor, ganhos produtivos pelas complementariedades geradas no preparo do solo, no combate às plantas daninhas e na fertilidade do solo, o que irá diminuir os custos de produção da atividade arroteira (SILVA *et al.*, 2022).

A sucessão soja-arroz vem sendo uma alternativa para mitigar os problemas que se tem registrado nos sistemas de produção nacional, esse cenário pode ser revertido em ganhos na comercialização. E que o produtor de monocultivo, quando este introduzir a sucessão soja-arroz na safrinha no seu sistema de cultivo, os ganhos podem ser auferidos pela antecipação da venda de uma *commodity* e armazenamento da outra para vendas na entressafra (GOULART *et al.*, 2020).

Em sistema de terras altas este cenário, é uma importante alternativa para a segurança alimentar, com maior sustentabilidade econômica e ecológica à produção da cultura. Para isto, o melhoramento genético ainda precisa superar alguns desafios, como a consolidação da cultura nos diferentes sistemas de produção de grãos e desenvolvimento de cultivares precoces e produtivos menos sensíveis a estresses bióticos e abióticos, para que esses possam ser inseridos como estratégia no sistema de produção soja-arroz-feijão-milho-soja-trigo (CARLOS *et al.*, 2020).

Portanto, a realização de estudos que se dedicam a avaliar o comportamento das melhores cultivares preferencialmente produtivas e precoce a serem inseridas nesses sistemas de produção é de extrema importância. Deste modo, é necessário que pesquisas com arroz de terras altas continuem sendo realizadas no País e disponibilizando tecnologias relevantes aos produtores (FERRARI *et al.*, 2018).

Nesse sentido, além de considerar o cultivo de arroz de terras altas como uma atividade de oportunidade, os programas de pesquisas devem considerar e levar em conta a perda de dinamismo do sistema de sequeiro, e elevar os conhecimentos na elaboração de projetos de grande relevância que possam agregar e apoiar na criação de tecnologias, viradas a inserção do arroz na safrinha como uma estratégia no sistema de produção (FEREIRA, 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Locais

Os experimentos foram conduzidos na segunda safra de 2022, em Lavras, Minas Gerais, Brasil, localizado entre as latitudes 21°14'S, longitude 44°59'W e altitude 919 m e clima Cwa de acordo com a classificação de Köppen (clima subtropical úmido influenciado pelas monções), no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da UFLA

(CDCT) – Fazenda Muquém. Os dados referentes à climatologia e propriedades químicas do solo dos ambientes experimentais encontram-se na Figura 2 e Tabela 1.

3.2 Características do solo

Antes da instalação do experimento foi realizada análise das características químicas do solo, realizando uma amostragem de 20cm abaixo do solo de forma a aferir sobre a fertilidade (Tabela 1) e, também, coletou-se os dados referentes ao clima durante a condução dos experimentos (Figura 2).

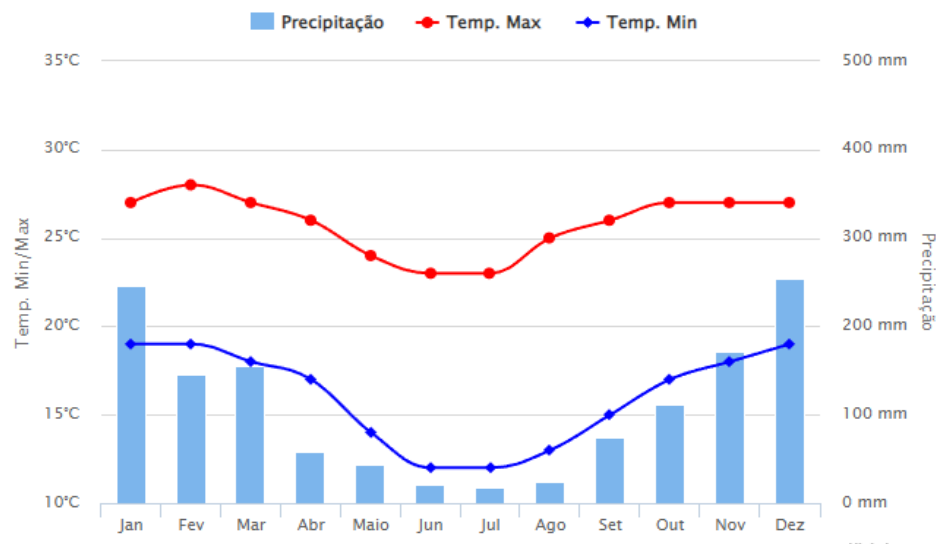
Tabela 1 – Composição química do solo dos locais de condução do experimento.

pH	K	P	Ca	Mg	Al	M.O
	mg/dm ³		cmol/dm ³			dag/kg
6,0	117,28	3,20%	5,67%	1,35	0,10	3,17

Legenda: pH= potencial hidrogeniônico; K= potássio; P= fosforo; Ca= Calcio; Mg= Manganês; M. O= matéria orgânica.

Fonte: Do autor (2023).

Figura 2 – Precipitações e temperaturas médias durante a realização dos experimentos, semeadura em janeiro e fevereiro de 2022.



Fonte: Inmet (2022).

3.3 Tratamentos genéticos

Foram avaliadas oito linhagens elites provenientes do Programa de Melhoramento Genético de Arroz de terras Altas da Universidade Federal de Lavras (UFLA) – Melhor Arroz,

em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão e Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) (Tabela 2).

Tabela 2 – As oito (8) linhagens elites que foram usadas na condução do experimento.

Identificação	Nome da Cultivar/Linhagem	Origem
1	1 P 95-8 CNAx18360-B-3-B-B	UFLA/EPAMIG
5	CNAx20663-B-14 Trat. 78 EO	UFLA/EPAMIG
7	CNAx20658-B-12 Trat. 73 EO	UFLA/EPAMIG
8	CMG ERF 81-2	EMBRAPA/UFLA/EPAMIG
10	P85-15-CNAx18874-B-5-6 Trat. 17 do Preliminar	UFLA/EPAMIG
16	OBS1819-126-9 Trat. 7 do Preliminar	UFLA/EPAMIG
17	CNAx20658-B-12 Trat. 73 EO	UFLA/EPAMIG
18	CNAx20665-B-6 Trat 81 EO	UFLA/EPAMIG

Fonte: Melhor Arroz (2022).

3.4 Condução dos experimentos

Os genótipos foram avaliados em quatro (4) épocas de semeadura, com um intervalo de 7 dias, nomeadamente: 28 de janeiro/2022 (Época 1), 4 (Época 2), 11 (Época 3) e 18 de fevereiro/2022 (Época 4). Cada experimento foi constituído de 24 parcelas, 8 genótipos com três repetições, em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial. Cada parcela foi formada por três linhas de 4,0 m de comprimento, espaçadas em 0,17m e com densidade de semeadura de 90 sementes por metro linear. As avaliações foram realizadas na área útil de cada parcela definida como a linha central. As duas linhas laterais serviram de bordadura e a central para observação e coleta das características fenotípicas e de rendimento.

Em todos os tratamentos foram feitas uma adubação de base usando NPK, com 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 20 kg ha⁻¹ de K₂O, antes da semeadura. E duas adubações de cobertura, nos estágios fenológicos V3 ou V4 e antes do início do perfilhamento, de forma a estimular o desenvolvimento vegetativo das plantas, totalizando 90 kg de N por hectare. O manejo das plantas daninhas foi iniciado logo após a emergência, e conduzido de acordo com o recomendado para a cultura de arroz de terras altas na região.

3.5 Características avaliadas no experimento

a) Número de dias para o florescimento (DFL): foi feita por meio da avaliação fenotípica das plantas das parcelas, anotando o número de dias decorridos entre a semeadura até quando 50% das plantas estavam no estágio R4;

b) Altura de plantas (ALT): mediu-se aleatoriamente em cinco plantas da área útil de cada parcela, partindo do solo à extremidade da panícula mais alta e determinou-se a média da parcela.

c) Número de perfilhos (NP): foram contados o total de perfilhos em cinco plantas aleatórias da área útil e, fez-se a média de cada parcela;

d) Resistência a Doenças: obtido por observações visuais das folhas e panículas durante a fase de maturação, tendo sido observada a incidência de doenças como a brusone da folha e do pescoço; mancha parda; mancha de grãos e escaldadura da folha, tendo-se atribuído notas de acordo com a seguinte escala: 1- menos de 5% de folhas e/ou panículas infectadas; 3 - de 5 a 10% de folhas e/ou panículas infectadas; 5 - de 11 a 25% de folhas e/ou panículas infetadas; 7 - de 26 a 50% de folhas e/ou panículas infetadas e 9 - para mais que 50% de folhas e/ou panículas infectadas (CENTER, 2011);

3.5.5 Rendimento de grão por parcela (PG): foi realizado o peso dos grãos da parcela após colheita e secagem para 13% de umidade.

3.6 Análise Estatística

Em virtude do desbalanceamento dos dados, a abordagem que foi utilizada para análise conjunta dos dados foi via modelos mistos. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do ambiente computacional R (R CORE TEAM, 2020) pelo algoritmo REML/BLUP, em que os componentes de variância e parâmetros genéticos foram estimados via REML (máxima verossimilhança restrita) e predição das médias ajustadas por meio do BLUP (melhor predição linear não viesada), sendo o modelo linear mistos utilizado, representado pela seguinte equação:

$$y = Xb + Zu + e$$

em que:

y: vetor de observações de parcelas em cada ambiente;

b e u: vetores de efeitos fixos (blocos e épocas de semeadura) e aleatórios (de genótipos mais as interações), respectivamente;

e: vetor aleatório de erros;

X e Z: matrizes de incidência para os efeitos fixos e aleatórios, respectivamente.

Neste conjunto de dados, assumiu-se que $e \sim N(0, R)$ e $u \sim N(0, \Sigma)$. Utilizando a matriz de equações de modelos mistos (MEMM):

$$C = \begin{vmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + \Sigma^{-1} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{vmatrix}$$

Pegando o logaritmo natural, derivando em relação a **b** e **u** e considerando as matrizes de variância e covariância genética Σ . E de efeito aleatório R conhecidas, obtemos a equação de modelos mistos multivariada, dada por:

$$\begin{vmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + \Sigma^{-1} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \hat{b} \\ \hat{u} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{vmatrix}$$

Realizando algumas manipulações e assumindo a matriz dos autovetores $V = ZR^{-1} - Z' + \Sigma$, sendo Σ a matriz de variância e covariância genética, Z a matriz de incidência dos vetores de efeitos aleatórios e R é a matriz de variância e covariância para efeitos residuais, a estimação dos BLUP's (efeitos fixos) é dada por:

$$\hat{b} = (X'V^{-1}X)^{-1}X'V^{-1}y$$

E a estimação dos BLUP's (efeitos aleatórios) é dada por:

$$\hat{u} = Z'\Sigma V^{-1}(y - Xb)$$

a) Acurácia de seleção (Ac):

$$Ac = \sqrt{h_{gm}^2}$$

b) Coeficiente de variação genotípico (CV_g) e residual (CV_r):

$$CV_g = \left(\sqrt{\sigma_g^2} / \mu \right) \times 100$$

$$CV_r = \left(\sqrt{\sigma_e^2} / \mu \right) \times 100$$

Sendo a razão entre eles dada por:

$$CV_{ratio} = \left[\left(\sqrt{\sigma_g^2} / \mu \right) / \left(\sqrt{\sigma_e^2} / \mu \right) \right] \times 100$$

Para verificação dos genótipos que tiveram melhor desempenho em todas as épocas foi realizada a análise GGE biplot “which-won-where” para o caráter número de dias até o florescimento (DFL) e rendimento de grão por parcela (PG) nos experimentos.

4 RESULTADOS

Com o intuito de investigar a precisão dos dados foram estimados quatro parâmetros utilizados no melhoramento genético de plantas: a acurácia seletiva (rgg), coeficiente de variação genética (CVg), coeficiente de variação relativa (CVr) e a razão entre o coeficiente de variação genético e coeficiente de variação relativa (CV ratio), para cada característica avaliada (Tabela 3).

Tabela 3 – Estimativas dos testes de razão de verossimilhança e parâmetros genéticos referentes à análise conjunta dos dados envolvendo 8 genótipos testadas na safrinha 2022 em Lavras para as características número de dias até o florescimento (DFL), altura de plantas (ALT), número de perfilhos (NP), mancha parda (MP), mancha de grãos (MGR) e rendimento de grãos por parcela (PG).

Fonte Variância	DFL	ALT	NP	MP	MGR	PG
Genótipo (G)	3,41e-05*	0,000546*	0,0529 ^{ns}	0,763 ^{ns}	0,00275*	0,2313 ^{ns}
Ambiente (E)	3,74e-04*	0,026612*	0,00409*	0,231 ^{ns}	0,0295*	0,0136*
G x E	5,43e-01 ^{ns}	0,112542 ^{ns}	0,99995 ^{ns}	0,238 ^{ns}	1 ^{ns}	0,1222 ^{ns}
Acurácia (rgg)	0,957	0,925	0,791	0,409	0,888	0,776
Cvg (%)	8,189	9,833	10,442	3,902	15,159	25,672
Cvr (%)	7,635	10,586	27,941	24,615	27,247	52,713
CV ratio (%)	1,073	0,929	0,374	0,159	0,556	0,487

Legenda: * - valor significativo ($p < 0,05$) pelo teste F; ^{ns} não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F; rgg: acurácia seletiva, CVg: coeficiente de variação genético e CVr: coeficiente de variação relativa. CV ratio: razão entre o coeficiente de variação genético e coeficiente de variação relativa

Fonte: Do autor (2023).

Considerando a acurácia, as estimativas variaram de baixa a muito altas 0,409 a 0,957, para o MP e DFL, respectivamente (RESENDE e DUARTE, 2007).

Pelas estimativas do coeficiente de variação genética, detectou-se a existência de variabilidade genética, para cada caráter, com variação de 3,902 a 25,675 % entre MP e PG, respectivamente. Os caracteres PG e MGR foram os que apresentaram maiores variabilidades (CVg = 25,675 e 15,159 %, respectivamente), enquanto os menores valores foram observados para MP e DFL.

O coeficiente de correlação relativa (CVr), neste experimento variou entre 7,635 e 52,713%, sendo que para os caracteres DFL e ALT as razões foram abaixo da magnitude de 1. Vale salientar que, valores de CVratio ≥ 1 indicam situação favorável para a seleção do caráter.

Os efeitos do modelo foram testados pelo teste da máxima verossimilhança restrita (LRT), em que se mostrou significativo ($p < 0,05$) para efeito de genótipos nos caracteres DFL, ALT e MGR. Já para a interação genótipos por ambientes (G x E), todos apresentaram efeito

não significativo. O efeito de ambiente foi considerado de natureza aleatória, e apresentou a significância para os caracteres DFL, ALT, NP, MGR e PG.

Observou-se variabilidade entre os genótipos avaliados para todas as características e em todos os ambientes, fato este que pode ser observado por meio das estimativas de variância genotípica, cujos intervalos foram diferentes de zero. As variações existentes para o mesmo caráter, em ambientes diferentes, podem ser elucidadas devido às condições existentes naquele ambiente que favoreceram ou não a sua expressão (Tabela 4).

Tabela 4 – Médias BLUP's dos genótipos com seus respectivos limites inferior e superior do intervalo de confiança para as características: número de dias até o florescimento (DFL), altura de plantas (ALT), número de perfilhos (NP), mancha parda (MP), mancha de grãos (MGR) e rendimento de grão por parcela (PG).

GENOTIPOS	DFL			ALT (cm)			NP			MP			MGR			PG (g) das épocas 1 e 3		
	\bar{x}	LL	UL	\bar{x}	LL	UL	\bar{x}	LL	UL	\bar{x}	LL	UL	\bar{x}	LL	UL	\bar{x}	LL	UL
1 P 95-8 CNAx18360-B-3-B-B	106	100	112	77,56	71,1	84,03	5	5	6	3	3	4	3	3	4	31,12	20,42	41,82
NAx20663-B-14 Trat. 78 EO	115	109	121	68,02	61,56	74,49	5	4	6	4	3	4	3	3	4	24,31	13,60	35,01
CNAx20658-B-12 Trat. 73 EO	110	104	116	76,59	70,12	83,06	6	6	7	4	3	4	4	3	5	29,43	18,72	40,13
CMG ERF 81-2	89	83	95	88,81	82,34	95,28	5	5	6	4	3	4	4	4	5	37,20	26,49	47,90
P85-15-CNAx18874-B-5-6 Trat. 17 do Preliminar	114	108	120	77,88	69,40	82,34	4	4	5	4	3	4	3	3	4	21,64	10,94	32,35
OBS1819-126-9 Trat. 7 do Preliminar	108	102	114	72,45	65,98	78,92	5	4	6	4	3	4	3	3	4	27,79	17,09	38,50
CMG ERF 221-19	113	108	120	66,98	60,51	73,45	5	5	6	4	3	4	4	3	5	21,79	11,09	32,50
CNAx20665-B-6 Trat 81 EO	103	96	108	78,85	72,38	85,32	5	4	5	4	3	4	3	3	5	28,29	17,58	39,00

Legenda: LL – Limite inferior; UL – Limite superior.

Fonte: Do autor (2023).

As médias BLUP's dos genótipos apresentaram resultados promissores quanto o caráter número de dias até o florescimento, considerando os genótipos CMG ERF 81-2 e CNAX20665-B-6 Trat 81 EO, com 89 a 103 dias, respectivamente. Quanto à altura de plantas, os genótipos CNAX20663-B-14 Trat. 78 EO e CMG ERF 221-19, apresentaram médias baixas comparadas com os outros genótipos com 68,02 e 66,98 cm respectivamente. Os genótipos P 95-8 CNAX18360-B-3-B-B, CNAX20658-B-12 Trat. 73 EO e CMG ERF 81-2 quanto ao peso de grãos foram os que mais se destacaram comparado com os outros genótipos com 31,12, 29,43 e 37,20g.

A fonte de variação épocas de semeadura proporcionaram diferentes expressões fenotípicas para todos os caracteres, exceto para mancha parda. As estimativas são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Estimativas obtidas dos valores das médias BLUP's para cada ambiente da análise de variância nos experimentos da safrinha no ano de 2022 em Lavras/MG.

AMBIENTES	DFL	ALT (cm)	NP	MP	MGR	PG (g)
Época 1	100	80,651	6,340	3,772	4,617	39,267
Época 2	99	78,221	6,494	4,328	3,905	24,299
Época 3	105	74,362	5,533	3,974	3,477	19,525
Época 4	124	69,351	3,342	4,176	3,335	-

Legenda: DFL – número de dias até floração; ALT- Altura de plantas; NP - Número de perfilo; MP - mancha parda; MP - mancha de grãos; PG - peso de grãos.

Fonte: Do autor (2023).

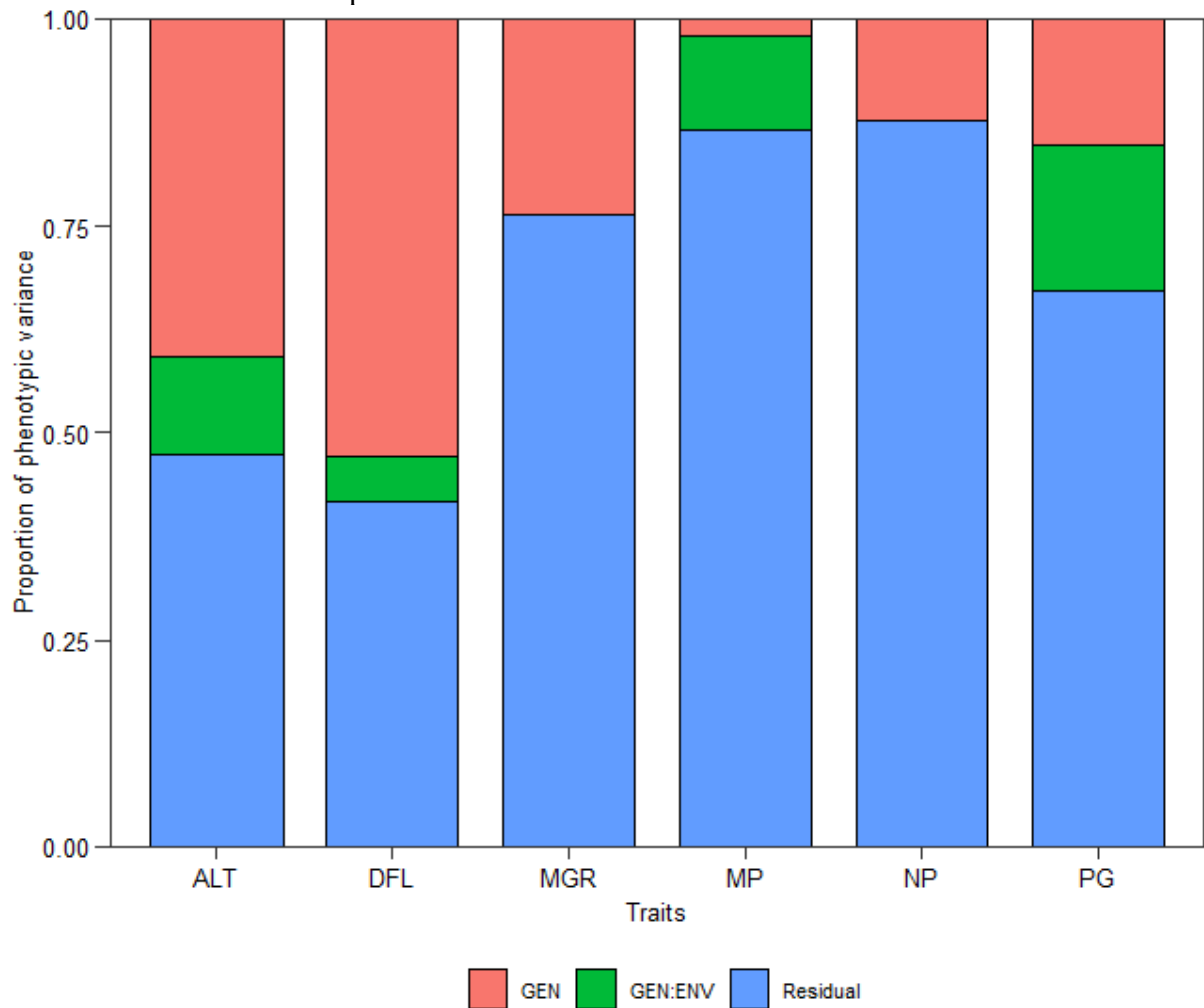
As épocas de semeadura 1 e 2 obtiveram a média de dias decorridos da semeadura até floração de 99 e 100 dias, sendo que apresentaram diferença significativa comparado com as épocas 3 e 4, com 105 a 124 dias, respectivamente.

Quanto a altura da planta, as épocas 3 e 4 resultaram em valores de 74,362 cm e 69,351 cm, representando plantas mais curtas em comparação com as épocas 1 e 2, com valores de 80,651 cm e 78,221 cm.

O peso do grão nas diferentes épocas, também, se mostrou significativamente superior apenas na época 1 com 39,267g comparado com as outras épocas que tiveram baixo peso com destaque para a época 4 que não produziu nenhum grão.

Na Figura 3, pode-se observar que, para os caracteres DFL e ALT, a proporção da variância genotípica contribuiu mais em relação a composição da variância fenotípica do que a interação genótipos por ambientes. Portanto, ainda que menor, a interação GxE foi significativa para esses caracteres.

Figura 3 – Gráfico da proporção da variância genética, da interação e do ambiente na variância fenotípica.



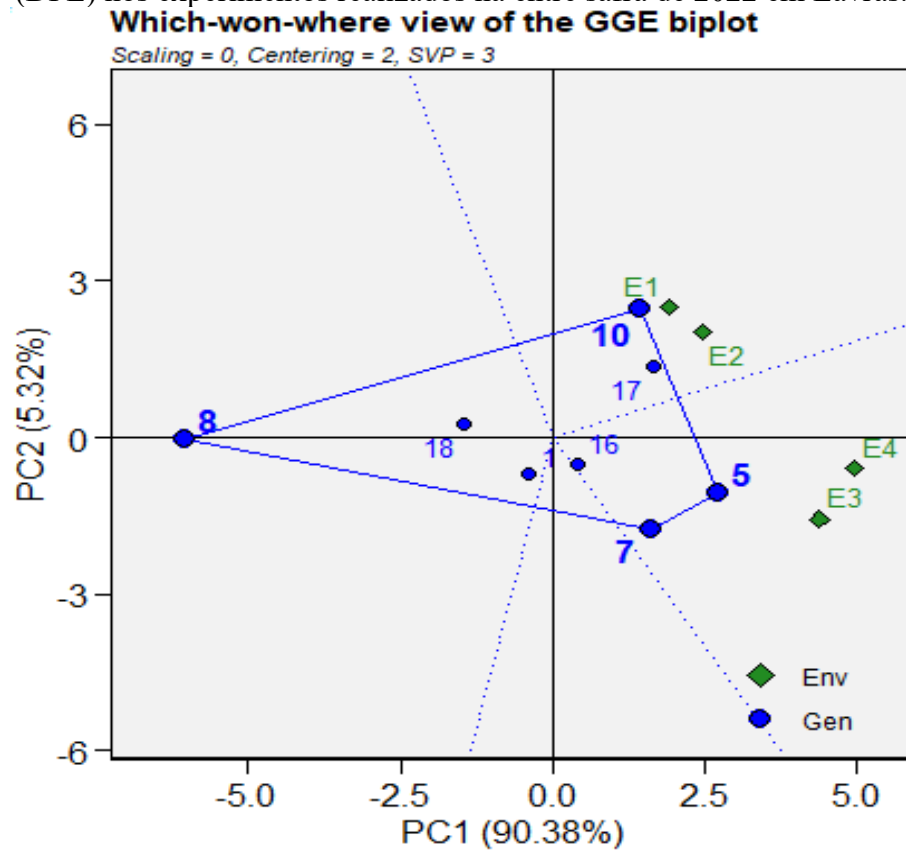
Legenda: GEN - Genótipo; GEN:ENV – a interação genótipo e ambiente; Residual - o erro associado as variações. DFL – número de dias até floração; ALT- Altura de plantas; NP - Número de perfilo; MP - mancha parda; MP - mancha de grãos; PG - peso de grãos.

Fonte: Do Autor (2023).

Observou-se efeito da interação expressivo para MP e PG, sua contribuição para a variância fenotípica foi maior que a variância genotípica. Entretanto, nota-se que a MP a variância residual foi mais alta (65% da variância fenotípica), o que sugere uma grande influência ambiental. A variância residual, também, foi a mais expressiva para os caracteres MGR e NP, em que 76% e 85% da variância fenotípica foram devido à variância residual.

Na Figura 4 é apresentado os GGE biplot “which-won-where” para quais os genótipos tiveram melhor desempenho quanto o caráter número de dias para o florescimento.

Figura 4 – GGE biplot “which-won-where” para o caráter número de dias até o florescimento (DFL) nos experimentos realizados na entre safra de 2022 em Lavras.



A análise GGE biplot apresentou boa eficiência de acordo com a caráter desejado. Este método considera o efeito do ambiente desnecessário na seleção de cultivares e a capacidade adaptativa dos genótipos é mais importante neste caso quando comparada as condições ambientais (CAMARGO-BUITRAGO *et al.*, 2011).

Portanto, as linhas traçadas entre a origem e os ambientes são usadas para especificar a interrelação entre os ambientes e os genótipos, a partir do ângulo formado entre eles. Considerando as estimativas dos dias até a floração, o desempenho de um genótipo em uma determinada época de semeadura é maior que a média se o ângulo formado entre ele e a época de semeadura for maior que 90° .

E se este ângulo for menor que 90° o desempenho do genótipo nesta época é menor que a média, pois está associado a valores maiores que a média obtida. Caso o ângulo formado seja igual ou próximo a 90° , considera-se que o desempenho do genótipo seja igual à média. (YAN; TINKER, 2006; YAN, 2001).

Nesse caso, pode-se constatar que houve variação no padrão de distribuição dos genótipos e as épocas de semeadura no gráfico, e que poucos genótipos formaram ângulos menores que 90° nas épocas avaliadas.

Os ambientes foram divididos em setores, de acordo com as linhas verdes que saíram da origem do biplot. Essa divisão foi realizada de acordo com a variação do grupo de genótipos em um determinado grupo de épocas.

O desempenho de um dado genótipo e época de semeadura é observado em relação ao eixo x, em que quanto mais à direita do centro do biplot menor é o desempenho em relação à média pela associação com maiores estimativas de dias até ao florescimento e, quanto mais à esquerda, maior o desempenho em relação à média.

Assim, a distribuição em relação ao eixo x reflete os dias até o florescimento encontradas nesses genótipos considerando as respectivas épocas. O genótipo que corresponde ao vértice do grupo das épocas de semeadura é aquele que possui a maior ou menor estimativa de dias até floração, dependendo do posicionamento em relação ao eixo x, para o mega ambiente em que está contido.

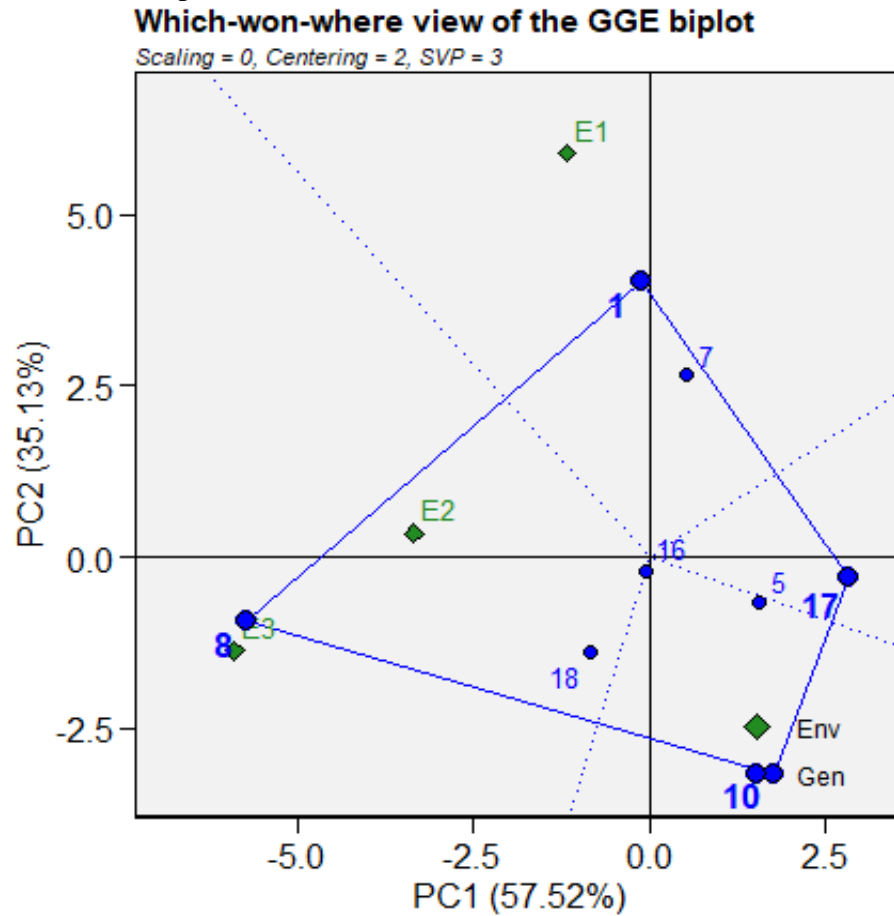
Nos setores onde não foram agrupados nenhum dos ambientes, estão os genótipos que apresentaram os mais inconsistentes valores médios, em uma ou mais épocas.

Como o objetivo é identificar os genótipos estáveis e precoces quanto aos dias até a floração, os genótipos à esquerda merecem maior atenção, com destaque para o genótipo CMG ERF 81-2 com a menor média de dias até floração que se manteve estável sendo que foi a mais precoce em todas as épocas de semeadura.

Os genótipos que obtiveram estimativas acima da média e devem ser desconsiderados foram NAX20663-B-14 Trat. 78 EO, P85-15-CNAX18874-B-5-6 Trat. 17 do Preliminar e CNAX20658-B-12 Trat. 73 EO porque ocuparam respectivamente os vértices à direita.

Quanto ao caráter peso de grãos, na Figura 5, que apresenta a média versus estabilidade, confirma a informação da Figura 4 e revela os genótipos que melhor se destacaram.

Figura 5 – GGE biplot “which-won-where” para o caráter rendimento de grãos por parcela (PG) nos experimentos realizados na entre safrinha do ano 2022 em Lavras/MG.



Portanto, no caráter peso de grão pode-se constatar que houve variação em termos do padrão na distribuição dos genótipos e as épocas de semeadura, mostrando que muitos genótipos formaram ângulos maiores que 90° nas épocas de semeadura.

Os genótipos com o melhor desempenho foram CMG ERF 81-2 e 1 P 95-8 CNAx18360-B-3-B-B quanto ao peso de grãos, pois esses se encontram a esquerda, sendo que os seus valores são maiores que a média e foram mais produtivos se mantendo estáveis em todas as épocas de semeadura.

Quanto as estimativas abaixo da média foram identificadas os genótipos P85-15-CNAx18874-B-5-6 Trat. 17 do Preliminar e CMG ERF 221-19 porque ocuparam os vértices à direita, sendo que esses devem ser desconsiderados por apresentar baixo peso de grão.

5 DISCUSSÃO

Elevadas estimativas de acurácia foram obtidas para os caracteres DFL, ALT, NP, MGR e PG, com exceção de MP. É importante salientar que valores de baixa acurácia não

necessariamente estão relacionados à baixa precisão. A baixa variabilidade genética do estudo pode influenciar em baixas estimativas para a acurácia, sendo assim, além da acurácia foram estimados os coeficientes de correlação (Tabela 3).

Ao se observar o coeficiente genético (CVg), verifica-se uma alta a baixa variação entre os genótipos para os caracteres. Essa afirmativa, a princípio, se deve ao fato de os genótipos avaliados serem provenientes de populações com "background" semelhantes, de um mesmo programa de melhoramento genético. Explicando as pequenas magnitudes das estimativas, visto que CVg relaciona-se à variabilidade genética presente dentro do experimento.

O coeficiente de variação relativo (CVr) indica um provável sucesso para a seleção do caráter. Em que valores ≥ 1 representam maiores ganhos à seleção, uma vez que a variação genética é igual ou maior que a variação residual no experimento. E quanto maiores forem os valores para este coeficiente menor será a influência ambiental sofrida pelo caráter (SANTOS *et al.*, 2019). Foi observado que nenhum dos caracteres obteve estimativas superiores a 1, contudo valores bem próximos. Portanto, é importante salientar que DFL e NP são fortemente influenciados pelo ambiente, principalmente em experimentos com déficit hídrico, com grande influência de baixas temperaturas e veranicos (MANICKAVELU *et al.*, 2006).

Sabe-se que os fatores ambientais são uma das causas importantes que afetam o crescimento e a produtividade de grãos do arroz (WANI *et al.*, 2016). A seleção de uma época de semeadura apropriada, evita extremos ambientais (temperaturas baixas ou elevadas, seca, chuvas intensas ou déficit hídrico) em estádios críticos de crescimento de uma cultura e é vital para expressar o potencial de rendimento genético de uma linhagem (ABBAS *et al.*, 2021). No presente trabalho, as épocas de semeadura influenciaram, no crescimento e produtividade de grãos do arroz, quando semeadas na primeira e segunda época, concretamente a 28 de janeiro e 4 de fevereiro. Ao contrário, da semeadura realizada na terceira e quarta época, 11 e 18 de fevereiro, respectivamente, resultaram na redução no crescimento e ciclo tardio, mesmo com o mesmo manejo realizado em todas as épocas (Tabela 4).

As menores magnitudes das estimativas BLUP's de ALT e PG, apresentadas na terceira e quarta época de semeadura (Tabela 5), são explicadas pelos dados climatológicos, apresentados na Figura 2. Verifica-se que, no período em que as plantas necessitavam de umidade e boa temperatura para o seu bom desenvolvimento fisiológico, houve a incidência de déficit hídrico, baixa radiação solar e temperaturas, o que ocasionaram a baixa produção. PAL *et al.*, (2017) afirmaram que a biomassa é produzida pela conversão de energia luminosa em matéria seca nas plantas. Estendendo o período de crescimento da cultura e um aumento na

quantidade total de radiação solar interceptada por plantas de arroz resultam em uma melhoria na fotossíntese da cultura, produção de biomassa e, finalmente, no grão.

Na área de estudo, no mês de janeiro é o período em que a ocorrência de chuvas é intensa, há boas temperaturas para o crescimento vegetativo do arroz com aumento progressivo. A ocorrência de baixas temperaturas associado ao déficit hídrico podem ser a principal razão do crescimento vegetativo reduzido em plantas semeadas tardiamente, como indicado por uma redução gradual na altura da planta e número de perfilhos.

A ocorrência de baixas temperaturas e estresse hídrico, ocasionados no estágio de desenvolvimento fenológico reprodutivo, nas fases R2 e R3, nas épocas de cultivo 3 e 4, foram um dos principais fatores de estresse ambiental que limitaram a fecundação e desenvolvimento dos grãos, reduzindo drasticamente o rendimento da cultura. Segundo ZHANG *et al.*, (2020), as fases cruciais da cultura, que define a produtividade de grãos compreendem entre o início do emborrachamento (fase R2) até o florescimento pleno (R5). Nesse intervalo, a ocorrência de estresses abióticos, como baixas temperaturas e falta de água refletem diretamente na redução da expressão genotípica.

Corroborando com os resultados apresentados, estudos anteriores mostraram que a fertilidade das espiguetas é sensível à alta e baixas temperaturas, e isso pode ser agravado, também, devido ao resultado do fechamento dos estômatos foliares que resultaram na limitação da absorção de dióxido de carbono (YANG *et al.*, 2019).

Outros relatos apresentados na literatura confirmam que o estágio reprodutivo é a fase mais sensível ao déficit hídrico (FERRARI *et al.*, 2018). A formação da panícula de arroz e a morfogênese das espiguetas são fatores primordiais de rendimento de arroz (ZINOLABEDIN *et al.*, 2008). Nesse trabalho, na fase de florescimento, houve um aumento significativo na esterilidade das espiguetas, o que resultou em defeitos congênitos na panícula que deram origem às perdas de rendimentos e má qualidade de grãos.

A altura da planta (ALT) é uma característica morfológica controlada por locos de característica quantitativa (QTL's), e é muito afetado pelas condições ambientais (ZHENG *et al.*, 2020). Genótipos com certa tolerância a seca, segundo vários autores, apresentam crescimento vegetativo mais pronunciado (FAHAD *et al.*, 2017; HUSSAIN *et al.*, 2020). No caso específico de arroz de terras altas, em condições ideais de cultivo, é desejável que as cultivares não ultrapasse 100 cm de altura (SAITO *et al.*, 2018), isso porque, uma vez que plantas forem muito altas apresentam um alto risco de acamamento (NIU *et al.*, 2021). No entanto, todos os genótipos avaliados neste experimento já apresentavam médias de altura

adequadas. Entretanto, com a falta de água durante os estágios cruciais ocasionaram o fraco crescimento das plantas.

Uma redução na altura sob estresse hídrico levará a uma redução da área fotossintética, reduzindo o aproveitamento da eficiência energética da luz, conseqüentemente levando a um menor rendimento (CAO *et al.*, 2021). Segundo Guimarães (2002) ainda sugere que a produtividade de grãos em condições de estresse hídrico é determinada, entre outras características, pela altura da planta.

Nas quatro épocas de semeadura os genótipos mais baixos foram NAX20663-B-14 Trat. 78 EO e CMG ERF 221-19, enquanto o genótipo CMG ERF 81-2 obteve a maior altura. Também pode-se observar que a maior média de altura dos genótipos foi na época 1. No entanto, na época quatro, os genótipos apresentaram a menor média de altura provavelmente devido à semeadura tardia.

Esses dados corroboram com os obtidos por MEIRELLES *et al.*, (2022), utilizando diferentes épocas de semeadura, na safra nos meses de outubro, novembro, dezembro e na safrinha no mês de fevereiro, avaliando oito cultivares de arroz de terras altas, também observaram efeito significativo para a altura da planta, no qual as cultivares: BRS Esmeralda, IAC 500, ANa 5015, IAC 203, ANa 7211 e BRSGO Serra Dourada foram maior na semeadura dos meses de outubro e novembro do que nos meses de dezembro e fevereiro.

A interação entre épocas de semeadura e os desempenhos fenotípicos dos genótipos avaliados, demonstrou diferenças significativas nos caracteres DFL, ALT e PG (Tabela 5). As estimativas, enfatizam, novamente, a importância de se realizar a semeadura mais cedo na safrinha, de modo que as últimas chuvas possam coincidir com a fase de floração e enchimento de grão e, conseqüentemente maiores rendimentos. Esses dados colaboram com o estudo realizado por MEIRELLES *et al.*, (2022), onde observaram que na safra nos meses de outubro, novembro, dezembro e na safrinha no mês de fevereiro, a resposta de cada uma das cultivares variou de acordo com a época de semeadura e as plantas de semeadura realizada em fevereiro foram as mais tardias, considerando o número de dias para o florescimento. MAUAD *et al.*, (2011), também, observaram diferença nos plantios realizados em outubro e novembro em que maiores valores de massa seca da parte aérea foram observados em detrimento da semeadura realizada em fevereiro.

No que se refere ao peso de grãos, houve diferença significativa entre as épocas com destaque para a primeira época, em que se observou o maior peso médio de grãos de 39,27g sendo que o genótipo CMG ERF 81-2 obteve a estimativa mais elevada, de 37,20g, considerando todas as épocas. Tais resultados podem ser comparados com os dados de

MEIRELLES *et al.*, (2022), que na semeadura de outubro as cultivares ANa 5015, IAC 500 e ANa 7211, apresentaram maiores valores entre todas as épocas e na semeadura de fevereiro somente a cultivar BRS Esmeralda apresentou maior eficiência produtiva. SFADAR *et al* (2013) realizaram um trabalho com oito acessos de arroz de grão médio em cinco épocas de semeaduras diferentes (16 de abril, 1º de maio, 16 de maio, 1º de junho e 16 de junho) entre 2004 a 2006. Os autores relataram que a maioria dos acessos tinha maior peso de 1.000 grãos quando realizado a semeadura em 16 de maio. Além disso, o rendimento de grãos de arroz e o número de espiguetas inteiras por panícula aumentou com a semeadura tardia, enquanto os dias até 100% da floração e a altura das plantas diminuíram.

A análise which-won-where (Figura 4 e 5) é uma característica única do GGE biplot, em que o posicionamento dos genótipos nos setores indica a presença da interação genótipos por ambientes significativa (ALWALA *et al.*, 2010)

Na análise gráfica de média versus estabilidade, pela metodologia GGE biplot, pode-se, por meio dessa informação, identificar a magnitude da estabilidade de cada genótipo por meio do comprimento do vetor perpendicular à seta de única extremidade e quanto maior a projeção do genótipo no eixo da ordenada, maior a instabilidade do genótipo que representa uma maior interação com o ambiente (YAN; TINKER, 2006).

Portanto, quando diferentes cultivares estão adaptadas a diferentes grupos de ambientes e a variação entre grupos é maior do que dentro do grupo, tem-se a formação de um mega-ambiente (YAN, 2001). A definição de mega-ambiente e a relação entre os ambientes, auxiliam os fitotecnistas e melhoristas de plantas na identificação de genótipos que possuam adaptação ampla ou específica a determinados ambientes ou grupos de ambientes (TRETOWAN *et al.*, 2001)

Nesse caso concreto, os genótipos à esquerda merecem maior atenção dentro do programa de melhoramento. Esses genótipos, associados aos valores abaixo e acima da média, mostraram menores estimativas de número de dias até o florescimento e, também maior peso de grão, dentro do mega-ambientes, ou seja, são aqueles contidos nos vértices do polígono à esquerda, com destaque para CMG ERF 81-2, considerando o caráter DFL e para peso de grão CMG ERF 81-2 e 1 P 95-8 CNAx18360-B-3-B-B. Os genótipos que obtiveram estimativas acima da média e devem ser desconsideradas em relação a seleção para os caracteres DFL e PG, dentro do programa de melhoramento são “NAX20663-B-14 Trat. 78 EO, P85-15-CNAX18874-B-5-6 Trat. 17 do Preliminar, CNAX20658-B-12 Trat. 73 EO e P85-15-CNAX18874-B-5-6 Trat. 17 do Preliminar, CMG ERF 221-19 respectivamente, pois ocuparam os vértices à direita.

6 CONCLUSÕES

O genótipo com o melhor desempenho na média das épocas foi o CMG ERF 81-2, quanto aos caracteres número de dias para o florescimento e peso de grãos.

A semeadura precoce em segunda safra, no mês de Janeiro é a melhor estratégia para introduzir o arroz safrinha no sistema de produção.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, A.; YU, P.; SUN, L.; YANG, Z.; CHEN, D.; CHENG, S. AND CAO, L. 2021. Exploiting genic male sterility in rice: From molecular dissection to breeding applications. **Frontiers in Plant Science**, 12, p.629314. Doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.629314>
- ABREU, A. G.; OLIVEIRA, J. P. Botânica e desenvolvimento fenológico da planta. In: BORÉM, A.; RANGEL, P. H. N. (ed.). **Arroz: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. p. 27-42.
- ANDRADE, L.; LU, Y.; CORDEIRO, A.; COSTA, J. M.; WIGGE, P. A.; SAIBO, N. J.; & JAEGER, K. The evening complex integrates photoperiod signals to control flowering in rice. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 119, n. 26, p. e2122582119, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.2122582119>
- ALWALA, S.; KWOLEK, T.; MCPHERSON, M.; PELLOW, J. E.; MEYER, D. (2010). A comprehensive comparison between Eberhart and Russell joint regression and GGE biplot analyses to identify stable and high yielding maize hybrids. **Field Crops Research**, 119, 225-230. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2010.07.010>.
- BADRIYAH, L.; SARY, D. N.; SYAUQY, T. A.; SIHOMBING, R. D.; MUSTIKARINI, E. D.; PRAYOGA, G. I.; & WALUYO, B. (2022). Phenological Characteristics, Distinctness, Uniformity, and Morphological Stability of Potential Genotypes of Upland Rice. **Nusantara Science and Technology Proceedings**, p. 100-111, 2022. Doi: <http://dx.doi.org/10.11594/nstp.2022.2613>
- BORÉM, A.; RANGEL, P. H. N. (ed.). **Arroz: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. p. 27-42.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Secretaria de Políticas para a Formação e Ações Estratégicas. Coordenação-Geral do Clima. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil - Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações**, 71 p. 2019.
- CAMARGO-BUITRAGO, I.; INTIRE, Q. M.; GORDÓN-MENDOZA, R. (2011). Identificación de ambientes representativos y discriminatorios para seleccionar genotipos de arroz mediante el Biplot GGE. **Agronomía Mesoamericana**, 22(2), 245-255. Disponível em: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212011000200002&lng=en&nrm=iso. Acessado em 03 jan. 2023.
- CAO, Y.; CAI, H.; SUN, S. (2021). Effects of growth-stage-based limited irrigation management on the growth, yields, and radiation utilization efficiency of winter wheat in northwest China. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 101(14), 5819-5826. Doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.11233>
- CARLOS, F. S.; SCHAFFER, N.; MARIOT, R. F.; FERNANDES, R. S.; BOECHAT, C. L.; ROESCH, L. F. W.; & DE OLIVEIRA CAMARGO, F. A. Soybean crop incorporation in irrigated rice cultivation improves nitrogen availability, soil microbial diversity and activity, and growth of ryegrass. **Applied Soil Ecology**, v. 170, p. 104313, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104313>

CARLOS, F.S.; DENARDIN, L. G. O.; MARTINS, A. P.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; ROSSI, I.; BUCHAIN, M. P.; CEREZA, T.; CARMONA, F.C.; CAMARGO, F. A. O. Integrated crop-livestock systems in lowlands increase the availability of nutrients to irrigated rice. **L Degrad Dev.** 2020; 31:2962-72. Doi: <https://doi.org/10.1002/ldr.3653>

CARVALHO, M. T. de M.; CASTRO, A. P. de.; FERREIRA, C. M.; LACERDA, M. C.; LANNA, A. C.; SILVA-LOBO, V. L.; SILVA, M. A. S.; COLOMBARI FILHO, J. M. O arroz de terras altas como estratégia para segurança alimentar, intensificação ecológica e adaptação à mudança do clima: rumo aos objetivos de desenvolvimento sustentável para o milênio. **Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**. 14 p. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2020.

CENTER, A. R. **Descritores para arroz silvestre e cultivado (Oryza spp.)**. Bioersivity International. International Rice Research Institute. ISBN-13: 978-92-9043-866-3. 2011.

CHANDRARATNA, M. F. **Genetics and breeding of rice**. London: Longmans, 1964. 389 p.

CHANG, T. T.; BARDENAS, E. A. **The morphology and varietal characteristics of the rice plant**. Los Baños: International Rice Research Institute, 1965. 40 p. (IRRI. Technical bulletin, 4).

CHEN, S.; YIN, M.; ZHENG, X.; LIU, S.; CHU, G.; XU, C.; & ZHANG, X. Effect of dense planting of hybrid rice on grain yield and solar radiation use in Southeastern China. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 3, p. 1229-1238, 2019. Doi: <https://doi.org/10.2134/agronj2018.07.0430>

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira - grãos: 12º levantamento, setembro 2022 – safra 2021/2022. Brasília: 2021. Disponível: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira - grãos: 5º levantamento, fevereiro 2022 – safra 2021/2022. Brasília: 2022. Disponível: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>.

FAHAD, S.; BAJWA, A.A.; NAZIR, U.; ANJUM, S.A.; FAROOQ, A.; ZOHAIB, A.; SADIA, S.; NASIM, W.; ADKINS, S.; SAUD, S.; IHSAN, M.Z.; ALHARBY, H.; WU, C.; WANG, D.; HUANG, J. (2017). Crop production under drought and heat stress: plant responses and management options. **Front Plant Sci** 8:1147. Doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01147>

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Fao stat database**. 2020. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data>>.

FERRARI, S.; PAGLIARI, P.; TRETTEL, J. Optimum sowing date and genotype testing for upland rice production in Brazil. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 1-8, 2018. Doi:10.1038/s41598-018-26628-6

FERREIRA, C, M. **O Passado e o Futuro da Cadeia Produtiva do Arroz em Mato Grosso**. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, GO. ISSN N 1516-7518. Dezembro. 2015.

FERREIRA, C.M. Fatores que contribuíram para a redução da produção do arroz de terras altas. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. **Nota técnica**, 2019.

FIGUEROLA, E. L. M.; GUERRERO, L. D.; TÜRKOWSKY, D.; WALL, L. G.; ERIJMAN, L. 2015. Crop monoculture rather than agriculture reduces the spatial turnover of soil bacterial communities at a regional scale. **Environ. Microbiol.** 17, 678–688. Doi: <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12497>.

GALON, L.; PANOZZO, L. E.; NOLDIN, J. A.; CONCENÇO, G.; TAROUÇO, C. P.; FERREIRA, E. A.; AGOSTINETTO, D.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A. 2008. Resistencia de *Cyperus difformis* a herbicidas inibidores da ALS em lavoura de arroz irrigado em Santa Catarina. **Planta Daninha** 26, 419–427. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000200019>.

GAO, L.; JIN, Z.; HUANG, Y.; ZHANG, L. Rice clock model—a computer model to simulate rice development. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 60, n. 1-2, p. 1-16, 1992.

GARCIA, U. S.; WANDER, A. E.; MUNIZ, L. C.; DA CUNHA, C. A.; & FERREIRA, C. M. O perfil socioeconômico e tecnológico dos orizicultores no município de São Mateus Do Maranhão The socioeconomic and technological profile of the rice producers in São Mateus Do Maranhão. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 56264-56288. 2021. Doi:10.34117/bjdv7n6-166

GMACH, J. R.; COELHO C. M. M.; PARIZOTTO, C.; HEBERLE, I.; PREZZI, H. A.; MAFIOLETI, A. T.; SOUZA, C. A.; MIQUELLUT, D. J. Productive potential of upland rice under conventional and organic farming systems. **Comunicata Scientiae**. (1): 70-80. e-ISSN: 2177-5133. 2018. Doi: 10.14295/CS.v9i1.1619

GOMES, D. P.; ROCHA, V. S.; ROCHA, J. R. A. S. C.; SOUZA, M. A.; PEREIRA, O. L. Progresso temporal do brusone do trigo em função do inóculo primário, da aplicação de fungicida e da resistência dos genótipos. **Summa Phytopathologica**, v.45, n.1, p.50-58, 2019. Doi:10.1590/0100-5405/187354

GOULART, R. Z.; REICHERT, J. M.; RODRIGUES, M. F. Cropping poorly-drained lowland soils: Alternatives to rice monoculture, their challenges and management strategies. **Agricultural Systems**, v. 177, p. 102715, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102715>

GUIMARÃES, C. M.; FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. Como a planta de arroz se desenvolve. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 13, n. 99, p. 12, 2002.

HEINEMANN, A. B. Caracterização dos padrões de estresse hídrico para a cultura do arroz (ciclo curto e médio) no Estado de Goiás e suas consequências para o melhoramento genético. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v.4, p.29-36, 2010.

HEINEMANN, A. B.; RAMIREZ-VILLEGAS, J.; REBOLLEDO, M. C.; NETO, G. M. F. C.; & CASTRO, A. P. Upland rice breeding led to increased drought sensitivity in Brazil. **Field Crops Research**. v. 231, p. 57-67231, 57-67. 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.11.009>

HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F.; SILVA, S. C.; SANTOS, A. B. Risco climático e período de semeadura para o arroz irrigado no Tocantins. **Revista Agri-Environmental Sciences**, ISSN 2525-4804, v. 7, Ed. Especial, e021001, 2021. Doi: <https://doi.org/10.36725/agries.v7i2.5262>

HUSSAIN, S.; HUANG, J.; HUANG, J.; AHMAD, S.; NANDA, S.; ANWAR, S.; ZHANG, J. (2020). Rice production under climate change: adaptations and mitigating strategies. In **Environment, climate, plant and vegetation growth** (pp. 659-686). Springer, Cham. Doi: [10.1007/978-3-030-49732-3_26](https://doi.org/10.1007/978-3-030-49732-3_26)

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal: **PAM 2021**. 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>> Acesso em: 20 de novembro. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal: **PAM 2020**. 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 19 de novembro. 2022.

INÁCIO, H.; BOTELHO, F. B. S.; MOURA, A.; MENDES, M.; SANTOS, H.; CASTRO, A.; REIS, M.; BUSTAMANTE, F. Phynotypicplacticity of upland rice lines cultivated in Minas Gerais State, Brazil. **Australian Journal of Crop Science**. 12. 763-769. PNE896. 2018. Doi: [10.21475/ajcs.18.12.05](https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.05)

IRRI, 2019. Rice facts [WWW Document]. <http://irri.org>. (Accessed 22 November 2019).
Isobe, K., Tateishi, A., Nomura, K., Inoue, H., Tsuboki, Y., 2001. Flavonoids in the extract and exudate of the roots of leguminous crops. **Plant Prod. Sci.** 4, 278–279. <https://doi.org/10.1626/pps.4.278>.

KASHIWAGI, T. Novel QTL for lodging resistance, PRL4, improves physical properties with high non-structural carbohydrate accumulation of basal culms in rice (*Oryza sativa* L.). **Euphytica**, v. 218, n. 6, p. 1-12, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10681-022-03036-6>

KATO, L. S.; FERNANDES, E. A. D. N.; RAAB, A.; BACCHI, M. A.; FELDMANN, J. Arsenic and cadmium contents in Brazilian rice from different origins can vary more than two orders of magnitude. **Food chemistry**, 286, 644-650. 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.043>

KHAN, S. M.; ALI, S.; NAWAZ, A.; BUKHARI, S. A. H.; EJAZ, S.; & AHMAD. Integrated pest and disease management for better agronomic crop production. In: **Agronomic crops**. Springer, Singapore, 2019. p. 385-428. Doi: [10.1007/978-981-32-9783-8_19](https://doi.org/10.1007/978-981-32-9783-8_19)

KIM, Y.; CHUNG, Y. S.; LEE, E.; TRIPATHI, P.; HEO, S.; & KIM, K. H. Root response to drought stress in rice (*Oryza sativa* L.). **International journal of molecular sciences**, v. 21, n. 4, p. 1513, 2020. Doi: <https://doi.org/10.3390/ijms21041513>

KLERING, E. V.; FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A.; & CARGNELUTTI FILHO. Modelagem agrometeorológica do rendimento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 549-558, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000500001>

- KLUTHCOUSKI, J.; SEGUY, L.; BOUZINAC, S.; RAISSAC, M. M. de; MOREIRA, J. A. A. O arroz nos sistemas agrícolas do Cerrado. In: **REUNIAO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ**, 3.; 1987, Goiana: EMBRAPA-CNPAP, 1987, p. 282-330. (EMBRAPA-CNPAP – Documentos, 25).
- LACERDA, M. C.; NASCENTE, A. S. Tecnologias para o cultivo do arroz de terras altas em sistema plantio direto na região do Cerrado. **Embrapa Arroz e Feijão-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2021.
- LAGO, I.; STRECK, N. A.; CARVALHO, P. M.; KLEIN, F. L.; MOIANO, P. G.; LOPES, S. J. Estimativa da temperatura base do subperíodo emergência-diferenciação da panícula em arroz cultivado e arroz vermelho. **Revista Ceres**, v. 56, n. 3, p. 288-295, 2009.
- LIMA, I. P. de.; BOTELHO, F. B. S.; SILVA, C. S. C. da.; NETO, A. R.; BERCHEMBROCK, Y. V.; CARDOSO, F. P.; SORMANTI, G.; & CASTRO, A. P. de. (2020). Potencial genético de linhagens de arroz de terras altas pertencentes ao programa de melhoramento da Universidade Federal de Lavras – melhor arroz/ Genetic potential of high land rice lines of the Federal University of Lavras – better rice. **Brazilian Journal of Development**, 6(1), 1706–1713. Doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-117>
- MACLEAN, J. L.; DAWE, D. C.; HARDY, B.; HETTEL, G. P.; Rice almanac. 3rd ed. Wallingford, Oxon: **CABI Publishing**, 2002. 258 p.
- MANICKAVELU, A.; NADARAJAN, N.; GANESH, S.K. et al. Drought tolerance in rice: morphological and molecular genetic consideration. **Plant Growth Regul** 50, 121–138 (2006). Doi: <https://doi.org/10.1007/s10725-006-9109-3>
- MARTINS, A. P.; DENARDIN, L. G. O.; BORIN, J. B. M.; CARLOS, F. S.; BARROS, T.; OZÓRIO, D. V. B.; CARMONA, F. C.; ANGHINONI, I.; CAMARGO, F. A. O, CARVALHO PCF. Short-term impacts on soil-quality assessment in alternative land uses of traditional paddy fields in Southern Brazil. **L Degrad Dev**. 2017; 28:534-42. Doi: <https://doi.org/10.1002/ldr.2640>
- MAUAD, M., CRUSCIOL, C.A.C. & GRASSI FILHO, H. Produção de massa seca e nutrição de arroz de terras altas sob condição de déficit hídrico e adubação silicatada. **Semina: Ciências Agrárias**. 2011, 32(3), 939-948. Doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n3p939>
- MEIRELLES, F.C.; ARF, O.; GARCIA, N. F. S.; TAKASU, A. T.; BUZO, F S. de.; PORTUGAL, J. R.; PORTUGA, A. R. P. Impact of sowing dates on the yield efficiency of upland rice cultivars. **Bioscience Journal**. 2022, 38, e38040. Doi: <https://doi.org/10.14393/BJ-v38n0a2022-54110>
- MCDANIEL, M. D.; GRANDY, A. S. 2016. Soil microbial biomass and function are altered by 12 years of crop rotation. **Soil** 2, 583–599. Doi: <https://doi.org/10.5194/soil-2-583-2016>
- MOHAPATRA, P. K.; SAHU, B. B. Ontogeny of Organ Development in Rice Plant. In: **Panicle Architecture of Rice and its Relationship with Grain Filling**. Springer, Cham, 2022. p. 49-61. Doi: [10.1007/978-3-030-67897-5_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-67897-5_3)

NIU, Y.; CHEN, T.; ZHAO, C.; ZHOU, M. (2021). Improving Crop Lodging Resistance by Adjusting Plant Height and Stem Strength. *Agronomy*, 11(12), 2421. Doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy11122421>

OKA, HI. **Origin of cultivated rice**. Tóquio: Elsevier, 1988, 254 p.

PAL, R.; MAHAJAN, G.; SARDANA, V.; AND CHAUHAN, B. S. (2017). Impact of sowing date on yield, dry matter and nitrogen accumulation , and nitrogen translocation in dry-seeded rice in North-West India Field Crops Research Impact of sowing date on yield , dry matter and nitrogen accumulation , and nitrogen translocati. *Field Crops Res.* 206, 138–148. Doi: 10.1016/j.fcr.2017.01.025

PINHEIRO, B.S.; HEINEMANN, A.B. Características da planta, In: SANTOS, A.B(Ed). **Arroz: árvore do conhecimento**. Brasília: Embrapa Arroz, 2013. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fe75wint02wx5eo07qw4xeclygdut.html>. Acesso em: 22 de nov. 2022.

PINTO, L. F. S.; LAUS, N. J. A.; PAULETTO, E. A. 2004. Solos de várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: Gomes, A.S., Magalhães Júnior, A.M. (Eds.), Arroz Irrigado no Sul do Brasil. **Embrapa Informação Tecnológica**, Brasília, pp. 75–95.

RATHNA, P. T. S.; ELIAZER, N. A. R. L.; RAVICHANDRAN, K.; ANTONY, U. Nutritional and functional properties of coloured rice varieties of South India: a review. *Journal of Ethnic Foods*, v. 6, n. 1, p. 1-11. 2019. Doi: <https://doi.org/10.1186/s42779-019-0017-3>

REIS, L. C. L. R. da.; BAMBERG, A. L.; RIBEIRO, P. L. Compressibility and water availability in Albaqualf soils under different deployment times in no-tillage. *Sci Agric.* 2018; 75:393-9. Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2016-0219>

REN, D.; Li, Y.; He, G.; & QIAN, Q. Multifloret spikelet improves rice yield. *New Phytologist*, v. 225, n. 6, p. 2301-2306, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1111/nph.16303>

RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. PRECISÃO E CONTROLE DE QUALIDADE EM EXPERIMENTOS DE AVALIAÇÃO DE CULTIVARES. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, [S. l.], v. 37, n. 3, p. 182–194, 2007. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/1867>.

RIBAS, G. G.; ZANON, A. J.; STRECK, N. A.; PILECCO, I. B.; DE SOUZA, P. M.; HEINEMANN, A. B.; & GRASSINI, P. (2021). Assessing yield and economic impact of introducing soybean to the lowland rice system in southern Brazil. *Agricultural Systems*. v. 188 p. 103036, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.103036>

RUNKLE, B. R. K.; SUVOČAREV, K.; REBA, M. L.; REAVIS C.W.; SMITH, S. F.; CHIU, Y AND FONG, B. *Environmental Science & Technology*. 53(2), 671-681. 2019. Doi: 10.1021/acs.est.8b05535

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. Versão 3.5., 2020.

SAITO, K.; ASAI, H.; ZHAO, D.; LABORTE, A. G.; GRENIER, C. (2018). Progress in varietal improvement for increasing upland rice productivity in the tropics. *Plant Production Science*, 21(3), 145-158. Doi: <https://doi.org/10.1080/1343943X.2018.1459751>

SALES, S. L. Z.; GARCIA, N. F. S.; MARTINS, J. T.; SOUZA, B. F. de.; GARÉ, L. M.; RODRIGUES, R. A. F.; & ARF, O. Inoculação com *Azospirillum brasilense* e redução da adubação nitrogenada em arroz de terras altas. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 7, 9110716345-e9110716345. 2021. Doi: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16345>

SANTANA, C. A. M.; GERALDO, S. S. das.; ELIANE, G. G. O futuro do arroz de terras altas no Brasil: cultivo de oportunidade. *Revista de Política Agrícola*, v. 31, n. 2, p. 51, 2022.

SANTOS, G. R. D.; CHAGAS, J. F. R.; TAVARES, A. T.; CASTRO NETO, M. D. D.; SARMENTO, R. D. A.; CHAGAS JÚNIOR, A. F.; & NASCIMENTO, I. R. D. (2011). Danos causados por doenças fúngicas no arroz cultivado em várzeas no Sul do Estado do Tocantins. *Bragantia*, v.70, 869-875. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052011000400020>

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. Á.; ARAÚJO, F. J.C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 5. ed. **rev. e ampl.** Brasília, DF: Embrapa.

SANTOS, E.R.; SPEHAR, C.R.; PEREIRA, P.R.; CAPONE, A.; BARROS, HÉLIO. (2019). Parâmetros genéticos e avaliação agrônômica em progênies F2 de soja no Distrito Federal, Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences*. 14. 1-8. Doi:10.5039/agraria. v14i1a5625

SATO, L. K. I.; REIS, J. G. M. A evolução das importações de arroz no Brasil e seus efeitos sobre o Estado do Mato Grosso do Sul. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 15, n. 2, p. 1-1. e-ISSN 2176-9168, 2022. Doi:10.17765/2176-9168.2022v15n2e8708

SETYANTO, P.; PRAMONO, A.; ADRIANY, T. A.; SUSILAWATI, H. L.; TOKIDA, T.; PADRE A. T.; MINAMIKAWA, K. Alternate wetting and drying reduces methane emission from a rice paddy in Central Java, Indonesia without yield loss, *Soil Science and Plant Nutrition*, 64:1, 23-30, 2018. Doi: 10.1080/00380768.2017.1409600

SHI, Y.; GUO, E.; CHENG, X.; WANG, L.; JIANG, S.; YANG, X. H.; ZHANG, T. Y. ; LI, T. ; YANG, X. Effects of chilling at different growth stages on rice photosynthesis, plant growth, and yield. *ScienceDirect: Environmental and Experimental Botany*, v. 203, n.105045, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.105045>

SILVA, M. A.; STEPHAN NASCENTE, A.; LANNA, A. C.; REZENDE, C. C.; CRUZ, D. R. C.; FRASCA, L. L. de M.; FERREIRA, A. L.; FERREIRA, I. V. L.; DUARTE, J. R. de M.; FILIPPI, M. C. C. de. Direct tillage system and crop rotation in the Cerrado. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 13, p. e376111335568, 2022. Doi: 10.33448/rsd-v11i13.35568

SILVA, O. F.; WANDER, A. E.; FERREIRA, C. M. (2019). Importância econômica e social. AGEITEC, Agência Embrapa de Informação e tecnologia. 2019. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fe7457q102wx5eo07qw4xeynhsp7i.html>.

SILVA, S. C.; STEINMETZ, S.; HEINEMANN, A. B. Exigências climáticas. In: BORÉM, A.; RANGEL, P. H. N. (ed.). **Arroz: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. p. 43-65.

SINGH, Z.; SINGH, H.; GARG, T.; MUSHAHARY, K. K. K.; & YADAV, S. R. Genetic and Hormonal Blueprint of Shoot-Borne Adventitious Root Development in SMIDERLE, O. J.; PEREIRA, P. R. V. S. da. Épocas de colheita e qualidade fisiológica das sementes de arroz irrigado cultivar BRS 7 TAIM, em Roraima. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 74-80, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000100010>

SOARES, C. S.; MILANESI, F. M. A obrigatoriedade da nota fiscal eletrônica nas operações do agronegócio sob a perspectiva dos produtores rurais de arroz e profissionais de contabilidade em um pequeno município do Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Contábeis| RCiC-UFMT**, p. 53-68, 2019. Doi: <http://orcid.org/0000-0002-6427-8699>

SOSBAI. 2018. **Arroz Irrigado - Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Sociedade Sul brasileira de arroz irrigado, Cachoerinha.

SAFDAR, M. E.; NOORKA, I. R.; TANVEER, A.; TARIQ, S. A.; RAUF, S. Growth and yield of advanced breeding lines of medium grain rice as influenced by different transplanting dates. **J. Anim. Plant Sci.** **23**(1), 227–231 (2013).

STEINMETZ, S.; DEIBLER, A. N.; DA SILVA, J. B. Estimativa da produtividade de arroz irrigado em função da radiação solar global e da temperatura mínima do ar. **Ciencia Rural**, v. 43, n. 2, p. 206–211, 2013.

STEINMETZ, S.; MEIRELES, E. J. L. Clima. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANTANA, E.P. (eds.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p.58-87.

STEINMETZ, S.; SILVA, S. C. da; SATANA, N. M. P.de. Clima. In: SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F. E.; VIERA, N. R. de A. (Ed). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Rev. Santo Antônio de Goiás, GO: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2006.1000p.

TOMÉ, L. M.; BOTELHO, F. B. S.; CASTRO, D. G.; DA SILVA, T. P.; DA SILVA, C. S. C.; & DE MOURA, A. M. Grain yield in indirect selection for multiple characters in upland rice. **Journal of Agricultural Science (Toronto)**, v. 11, n. 2, p. 516-523, 2019.

TRETHOWAN, R. M.; CROSSA, J.; VAN, G. M.; RAJARAM, S. (2001) Relationships among bread wheat international yield testing locations in dry areas. **Crop Science**. 41:1461–1469.

TREVISAN, R. G.; FREDDI, O. S. da; WRUCK, F. J.; TAVANTI, R. R.; PERES, F. S. C. Variability of physical properties of soil and rice grown under cover crops in crop-livestock integrated system. **Soil and Plant Nutrition • Bragantia** v.76 (1) • Jan-Mar 2017. Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.596>

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Pro-duction, Supply and Distribution (PSD) on line**. 2022. Disponível em: <
<https://www.nass.usda.gov/AgCensus/FAQ/2022/index.php>.

VILLEGAS, J. R.; HEINEMANN, A. B.; CASTRO, A. P.; BRESEGHELLO, F.; RACINES, C.N.; LI, T.; REBOLLEDO M.C.; CHALLINOR, A. J. Breeding implications of drought stress under future climate for upland rice in Brazil. **Global Change Biology**, 24 (5). pp. 2035-2050. ISSN 1354-1013. 2018. **Doi:** <https://doi.org/10.1111/gcb.14071>

VORIES, E.; RHINE, M.; STRAATMANN, Z. Investigating irrigation scheduling for rice using variable rate irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 179, p. 314-323, 2017. **Doi:** <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.05.032>

WANDER, A. E.; SILVA, O. F.; FERREIRA, C. M. O arroz e o feijão no Brasil e no mundo. In: FERREIRA, M. C.; BARRIGOSI, J. A. F. (ed.). **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar**. Brasília, DF: Ed. EMBRAPA, 2021. p. 81-100. Disponível em: <
<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1134359/arroz-e-feijao-tradicao-e-seguranca-alimentar>>.

WANI, S.A, QAYOOM, S.; BHAT, M.A.; LONE, B.A.; NAZIR, A. (2016). Influence of sowing dates and nitrogen levels on growth, yield and quality of scented rice cv. Pusa Sugandh-3 in Kashmir valley. **J App Nat Sci** 8:1704–1709. **Doi:** <https://doi.org/10.31018/jans.v8i3.1026>

WANG, L.; ZHOU, J.; HU, S.; CHEN, H.; XIANG, J.; ZHANG, Y. Research progress on heat stress of rice at flowering stage. **Rice Science**, v. 26, n. 1, p. 1-10, 2019. **Doi:** <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2018.06.009>

YAN, W. GGE biplot - a windows application for graphical analysis of multienvironmental trial data and other types of two-way data. **Agronomy Journal**, 93, 1111-1118, 2001.

YAN, W.; TINKER, N. A. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. **Canadian Journal of Plant Science**. 86(3):623-645, 2006. **Doi:** <https://doi.org/10.4141/P05-169>

YANG, L.; WU, P.; LIAO, M.; PENG, J.; TANG, Z.; LONG, H.; YU, X. Three-dimensional modeling and visualization of rice root system based on the improved dual-scale automaton and L-system. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 195, p. 106823. 2022. **Doi:** <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106823>

YANG, X.; WANG, B.; CHEN, L.; LI, P.; & CAO, C. (2019). The different influences of drought stress at the flowering stage on rice physiological traits, grain yield, and quality. **Scientific reports**, 9(1), 1-12. **Doi:** <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40161-0>

YOSHIDA, S. **Tropical climate and its influence on rice**. 1978. Disponível em: <
http://eprints.icrisat.ac.in/8613/1/RP_01036_Tropical_climate_and_its.....pdf>.

YUAN, S.; LINQUIST, B. A.; WILSON, L.T.; CASSMAN, K. G.; STUART, A. M.; PEDE, V.; MIRO, B.; SAITO, K.; AGUSTIANI, N.; ARISTYA, V. E.; KRISNADI, L.Y.; ZANON, A. J.; HEINEMANN, A. B.; CARRACELAS, G.; SUBASH, N.; BRAHMANAND, P. S.; LI, T.; PENG, S. B.; GRASSINI, P. Sustainable intensification for a larger global rice bowl. **Nature Communication**. n 12. 2021. Doi: 10.1038/s41467-021-27424-z

YUAN, Z.; PERSSON, S. & ZHANG, D. Molecular and genetic pathways for optimizing spikelet development and grain yield. **aBIOTECH**, n. 1, p. 276–292. 2020. Doi: <https://doi.org/10.1007/s42994-020-00026-x>

ZHANG, J.; TONG, T.; POTCHO, P. M.; HUANG, S.; MA, L.; AND TANG, X. (2020). Nitrogen effects on yield, quality and physiological characteristics of giant rice. **Agronomy** 10, 1816. Doi: 10.3390/agronomy10111816

ZHENG, Z.; HEY, S. ; JUBERY, T.; LIU, H.; YANG, Y.; COFFEY, L.; SCHNABLE, P. S. (2020). Shared genetic control of root system architecture between Zea mays and Sorghum bicolor. **Plant physiology**, 182(2), 977-991. Doi: <https://doi.org/10.1104/pp.19.00752>

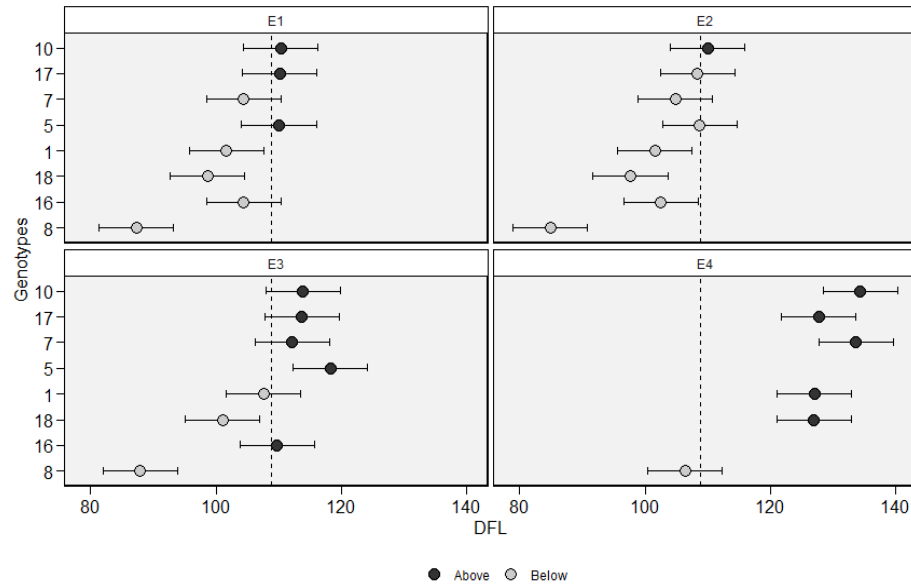
ZHOU, W.; WANG, T.; FU, Y.; YANG, Z.; LIU, Q.; YAN, F.; & REN, W. Differences in Rice Productivity and Growth Attributes Under Different Paddy-Upland Cropping Systems. **International Journal of Plant Production**, p. 1-14, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1007/s42106-021-00182-0>

ZHU, L.; HU, N.; YANG, M.; ZHAN, X.; ZHANG, Z.; HU, S.; 2014. Effects of different tillage and straw return on soil organic carbon in a rice-wheat rotation system. **PLoS One** 9. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088900>.

ZINOLABEDIN, T. S.; HEMMATOLLAH, P.; SEYED, A. M. M. S. & HAMIDREZA, B. Study of water stress effects in different growth stages on yield and yield components of different rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars. **Pak. J. Biol. Sci.** 11, 1303–1309 (2008).

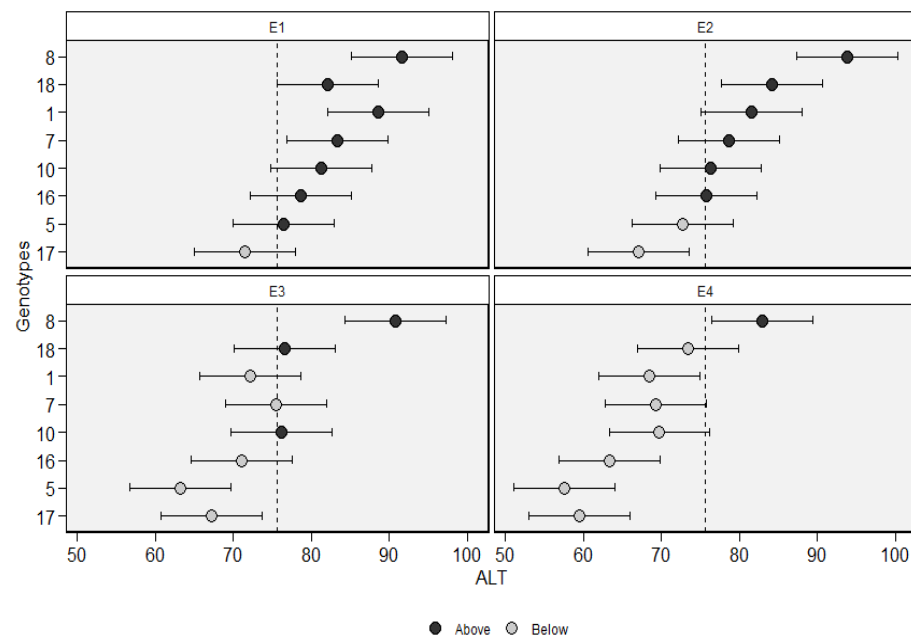
APÊNDICE

Apêndice A – Médias BLUP'S para a característica do número de dias até o florescimento – (DFL) em cada ambiente.



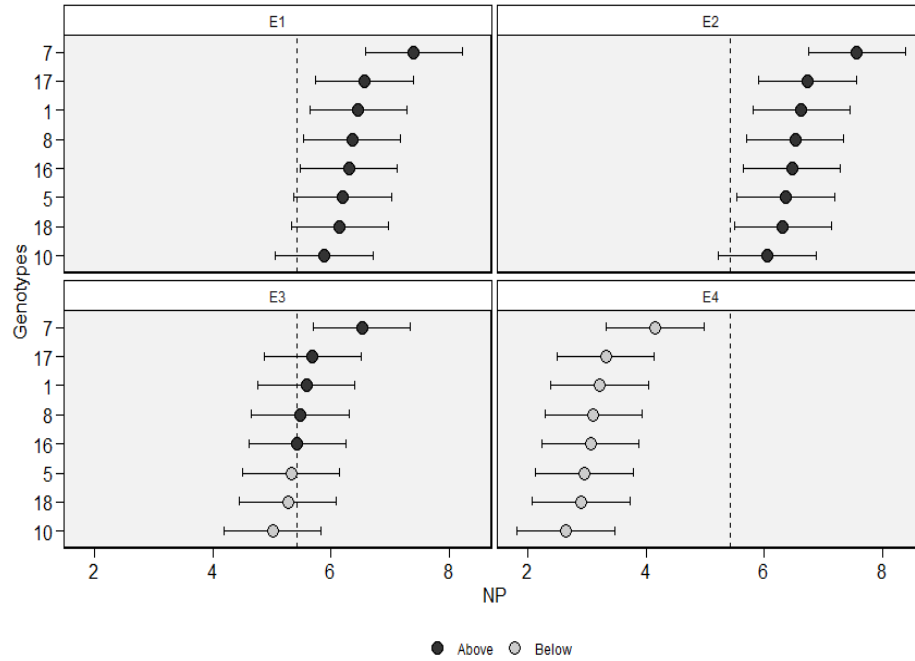
Legenda: E1 – primeira época; E2 – segunda época; E3 – terceira época; E4 – quarta época.
Fonte: Do autor (2023).

Apêndice B – Médias BLUP'S para a característica altura da planta - (ALT) em cada ambiente.



Legenda: E1 – primeira época; E2 – segunda época; E3 – terceira época; E4 – quarta época.
Fonte: Do autor (2023).

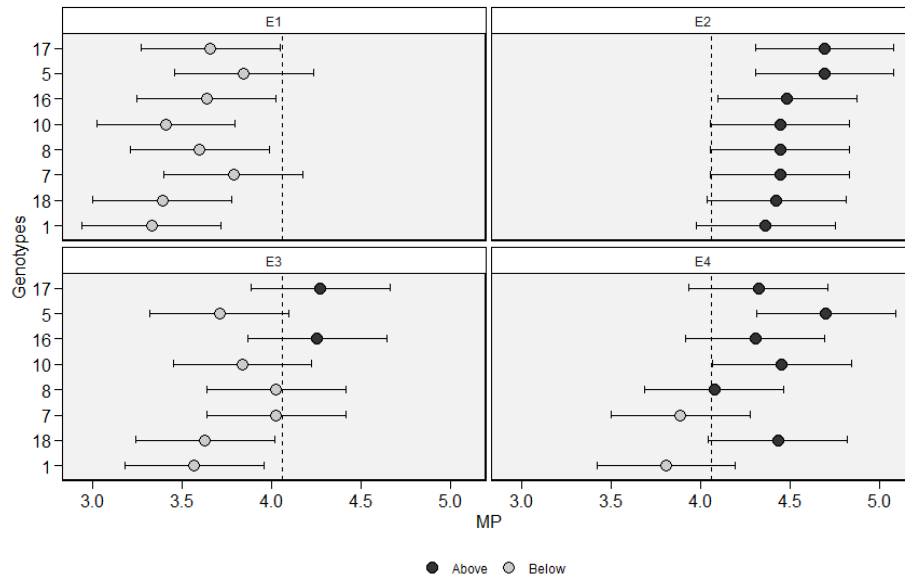
Apêndice C – Médias BLUP'S para a característica número de perfilho - (PF) em cada ambiente.



Legenda: E1 – primeira época; E2 – segunda época; E3 – terceira época; E4 – quarta época.

Fonte: Do autor (2023).

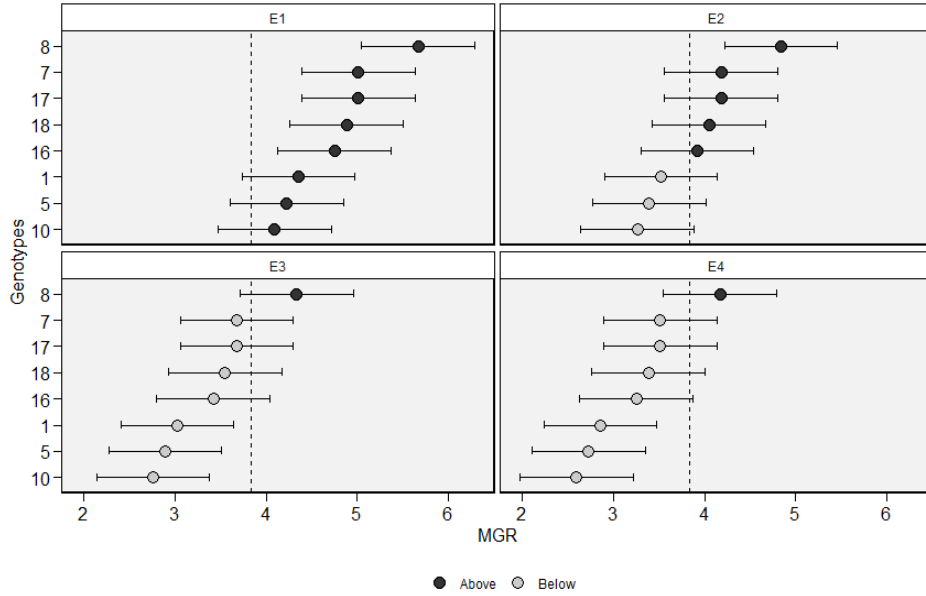
Apêndice D – Médias BLUP'S para a característica mancha parda - (MP) em cada ambiente.



Legenda: E1 – primeira época; E2 – segunda época; E3 – terceira época; E4 – quarta época.

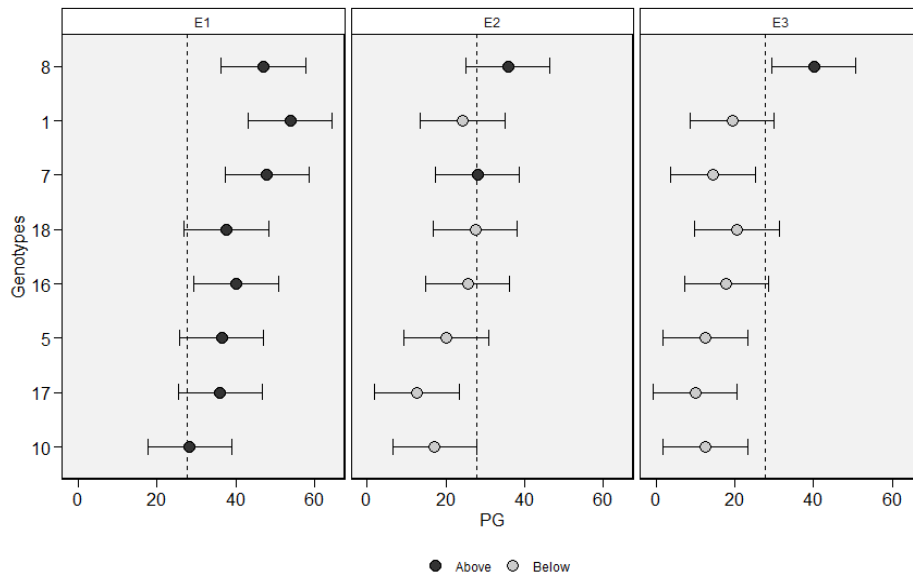
Fonte: Do autor (2023).

Apêndice E – Médias BLUP’S para a característica mancha de grãos - (MGR) em cada ambiente



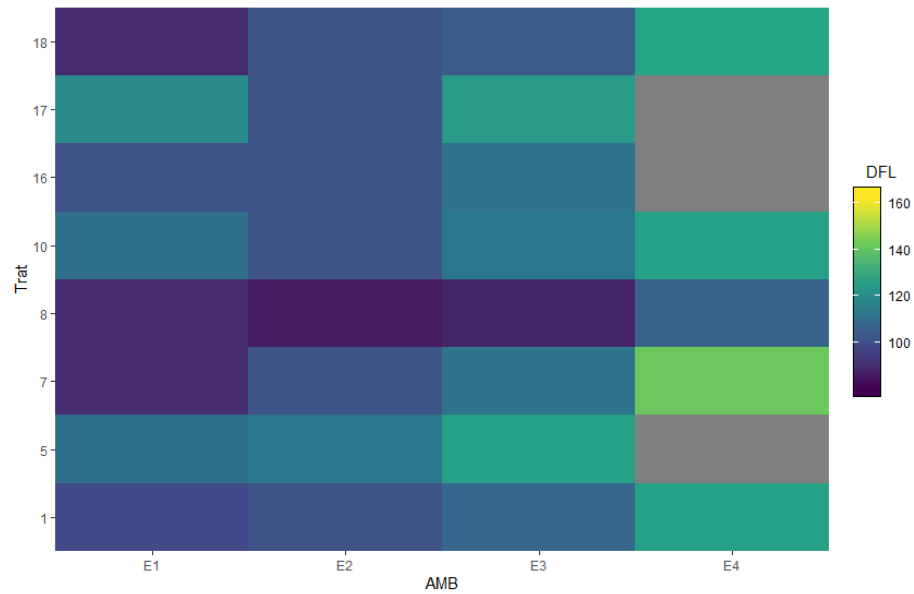
Legenda: E1 – primeira época; E2 – segunda época; E3 – terceira época; E4 – quarta época.
Fonte: Do autor (2023).

Apêndice F – Médias BLUP’S para a característica peso de grão - (PG) em cada ambiente.



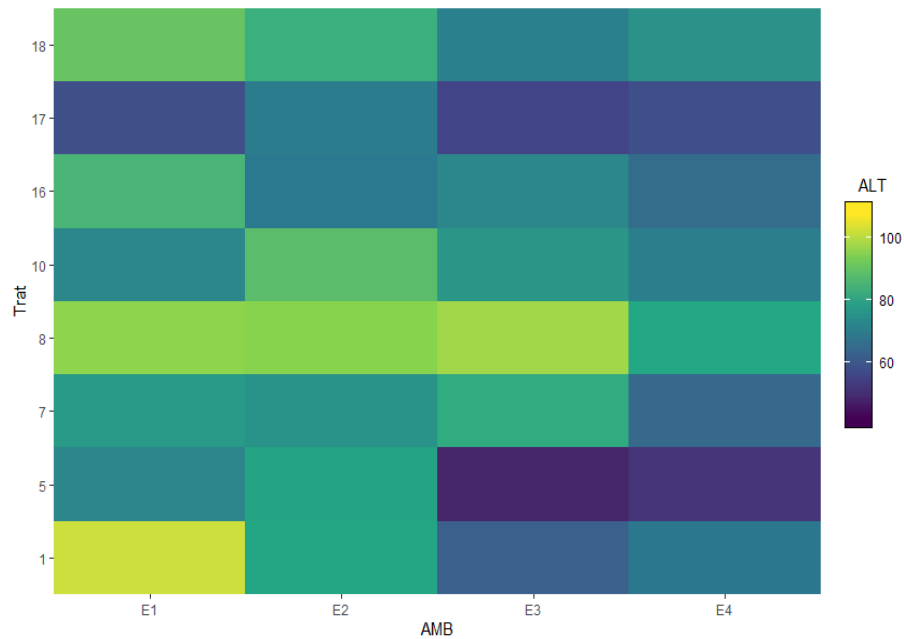
Legenda: E1 – primeira época; E2 – segunda época; E3 – terceira época.
Fonte: Do autor (2023).

Apêndice G – Desempenho médio dos genótipos ao longo dos ambientes para a Característica do número de dias até o florescimento - (DFL).



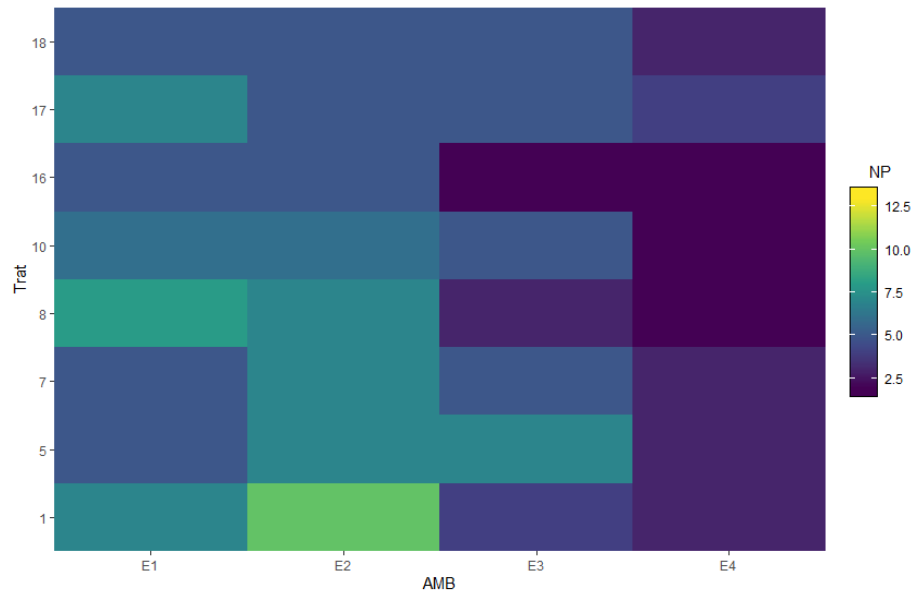
Legenda: DFL – número de dias até o florescimento; Trat – genótipos; AMB- épocas de plantio
Fonte: Do autor (2023).

Apêndice H – Desempenho médio dos genótipos ao longo dos ambientes para a característica altura da planta - (ALT).



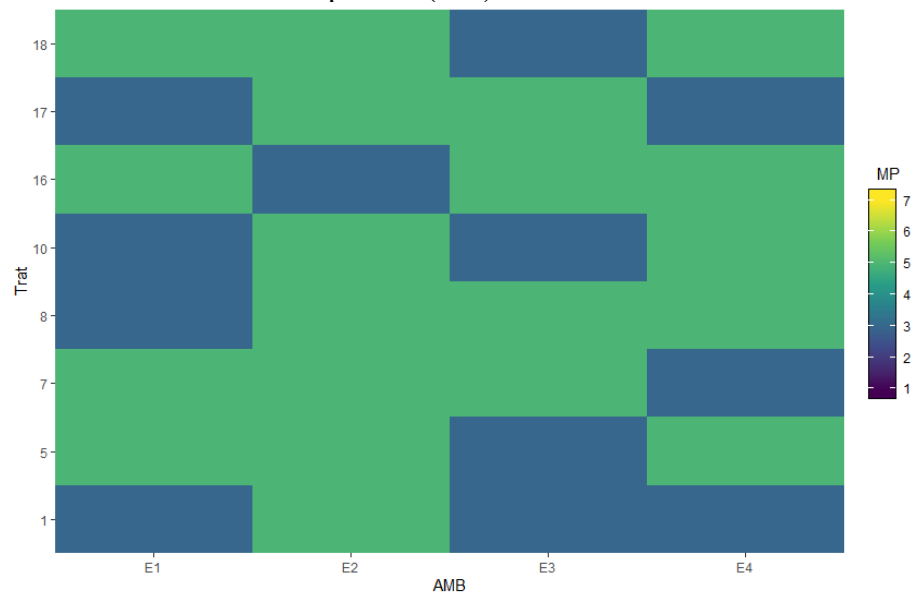
Legenda: ALT – altura de plantas; Trat – genótipos; AMB- épocas de plantio.
Fonte: Do autor (2023).

Apêndice I – Desempenho médio dos genótipos ao longo dos ambientes para a característica número de perfilhos - (NP).



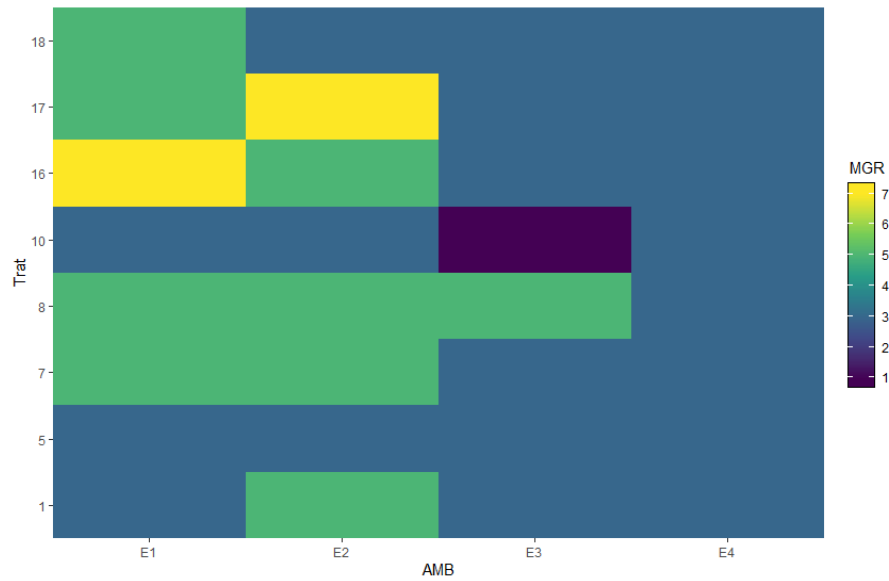
Legenda: NP – número de perfilhos; Trat – genótipos; AMB- épocas de plantio.
Fonte: Do autor (2023).

Apêndice J – Desempenho médio dos genótipos ao longo dos ambientes para a característica mancha parda - (MP).



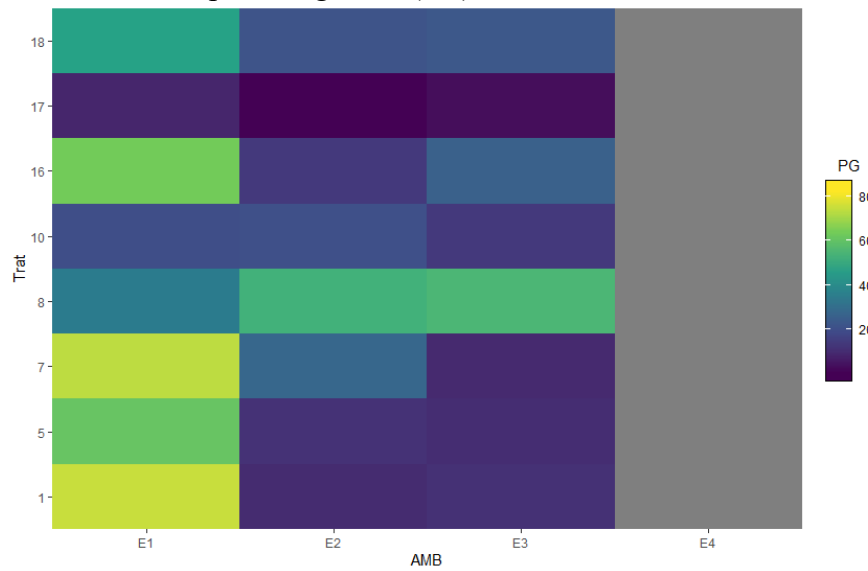
Legenda: MP – Mancha parda; Trat – genótipos; AMB- épocas de plantio.
Fonte: Do autor (2023).

Apêndice K – Desempenho médio dos genótipos ao longo dos ambientes para a característica mancha de grãos - (MGR).



Legenda: MGR – Mancha parca; Trat – genótipos; AMB- épocas de plantio.
Fonte: Do autor (2023).

Apêndice L – Desempenho médio dos genótipos ao longo dos ambientes para a característica peso de grãos - (PG).



Legenda: MGR – peso de grãos; Trat – genótipos; AMB- épocas de plantio.
Fonte: Do autor (2023).