



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO *DEL-REI*
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA
*CAMPUS SETE LAGOAS***

LUCA RIBEIRO PARANHOS

**SELEÇÃO DE CULTIVARES DE SORGO PARA
ALIMENTAÇÃO HUMANA, QUANTO AOS SEUS COMPOSTOS
QUÍMICOS**

Sete Lagoas, MG

2022

LUCA RIBEIRO PARANHOS

**SELEÇÃO DE CULTIVARES DE SORGO PARA ALIMENTAÇÃO
HUMANA, QUANTO AOS SEUS COMPOSTOS QUÍMICOS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientadora: Profa. Dr. Nádia Nardely Lacerda Durães Parrella

Coorientador: Dr. Cícero Beserra de Menezes

Sete Lagoas, MG

2022

LUCA RIBEIRO PARANHOS

**SELEÇÃO DE CULTIVARES DE SORGO PARA
ALIMENTAÇÃO HUMANA, QUANTO AOS SEUS COMPOSTOS
QUÍMICOS.**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Sete Lagoas, 26 de Maio de 2023.

Banca avaliadora:

Dra. Nádia Nardely Lacerda Durães Parrella - UFSJ

Dr. Cícero Beserra Menezes - Embrapa Milho e Sorgo

MSc. Crislene Vieira dos Santos

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por toda a vida que preparou para mim. A minha Mãe Marineide e ao meu Pai Gledson, por todo amor e apoio incondicional em todas as fases da minha vida. Aos meus irmãos Caio e Nuno, por estarem comigo em momentos difíceis de provação, e calmos de muita alegria. Agradeço a cada pessoa que passou pela minha vida durante a minha jornada em Sete Lagoas. Amigos que viraram (mesmo que por um breve tempo), minha família. Por fim, todos os tutores que tive a honra de conhecer e seguir. Vocês guiaram meu caminho e facilitaram a minha história. Não seria nem metade de mim, sem cada um de vocês. Um agradecimento em especial ao Dr. Cícero Beserra Menezes, e doutoranda Crislene Vieira dos Santos, que me guiaram para a conclusão deste trabalho.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
3	MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1	OBTENÇÃO DE HÍBRIDOS DE SORGO	10
3.2	CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS	10
3.3	ANÁLISES QUÍMICAS	11
3.4	PROJETO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA	12
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	13
5	CONCLUSÃO	24
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

RESUMO

O objetivo do trabalho foi selecionar híbridos de sorgo granífero voltados para alimentação humana de acordo com sua concentração em compostos bioativos. O trabalho foi realizado na Embrapa Milho e Sorgo, na cidade de Sete Lagoas - MG. Os ensaios foram conduzidos sob um delineamento inteiramente casualizado, com 3 repetições. Foram avaliados 41 híbridos em fase experimental e nove testemunhas. O material não foi submetido a estresse, recebendo os devidos tratamentos culturais indicados para a cultura do sorgo. Foram avaliadas características agronômicas: florescimento, altura de plantas, produtividade de grãos. Assim como características químicas: taninos, fenólicos totais, atividade antioxidante e antocianinas totais. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e de acordo com o teste de Scott-Knott. Em conclusão os materiais 1920007, 1920008, 1831027, 1831037, 1920011 são potenciais híbridos de sorgo granífero voltados para alimentação humana.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, Melhoramento genético, Alimentação humana.

ABSTRACT

The objective of this work was to select grain sorghum hybrids for food according to their concentration of bioactive compounds. The work was carried out at Embrapa Maize and Sorghum, in the city of Sete Lagoas - MG. The tests were carried out under a completely randomized design, with 3 repetitions. Forty-one hybrids in the experimental phase and nine check cultivars were evaluated. The material was not subjected to stress, receiving the appropriate crop management indicated for the cultivation of sorghum. Agronomic characteristics were evaluated: flowering, plant height, grain yield. As well as chemical characteristics: tannins, total phenols, antioxidant activity and total anthocyanins. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and according to the Scott-Knott test. In conclusion, the materials 1920007, 1920008, 1831027, 1831037, 1920011 showed potential human consumption.

Key words: *Sorghum bicolor*, Plant Breeding Sorghum for food.

INTRODUÇÃO

O sorgo é o quinto cereal mais plantado no globo, após o trigo, o arroz, o milho e a cevada, sendo cultivado em regiões tropicais e semiáridas (FAO, 2019). Dados arqueológicos relatam a presença do sorgo há cerca de 8000 anos no sudoeste da Ásia, enquanto na África relatos de aproximadamente 5000 anos (Wendorf et al., 1992; Mann et al., 1983; Winchell et al., 2018; Smith et al., 2019). O Continente africano é considerado o centro de origem do Sorgo (Doggett, 1988), devido a formação de populações polimórficas que, através dos anos, formaram os tipos de sorgo cultivados atualmente (Smith et al., 2019).

No Brasil, o desenvolvimento de cultivares de sorgo adaptadas iniciou em 1972 no extinto Ipeaco/DNPEA (MENEZES et al., 2021). Por volta da década de 80, tendo em vista a fronteira agrícola no Brasil, o foco do melhoramento foi direcionado para o sorgo granífero na safrinha, enquanto o sorgo forrageiro para a produção no verão (Santos et al., 2005). Cerca de 88% da produção do sorgo é realizada no Centro-Oeste e Sudeste, sendo Goiás o estado que produz 45% dos grãos, seguido por Minas Gerais, com 33% (Menezes et al., 2021).

O cultivo em larga escala do sorgo tem se disseminado nas Américas, pois possui características como o ciclo curto, alto rendimento, e, principalmente resistência ao estresse hídrico (MENEZES et al., 2021). O sorgo é uma cultura que se adapta a uma ampla variação de ambientes, alcançando boa produção em condições e locais desfavoráveis a outros cereais. Suas sementes apresentam boa resistência à dessecação, entrando em dormência quando em baixa umidade no solo, e em contato com a umidade ideal, voltam a se desenvolver (Sans et al., 2003)

O foco das empresas de sementes têm sido o desenvolvimento de híbridos para a segunda safra, por assumir menos riscos se comparado ao milho e demais culturas (Almeida et al., 2015; Menezes, 2020). Adicionalmente, o sorgo tem ganhado mercado na alimentação humana, que busca por genótipos com altos teores de compostos bioativos (Moraes et al., 2012; Cardoso et al., 2014; Queiroz et al., 2015; Anunciação et al., 2019)

O uso de grãos de sorgo para alimentação humana vem compilado de fatores benéficos, como: menor custo de produção, reduzindo assim os gastos da indústria alimentícia (Menezes et al., 2021); farinha de sabor neutro, aumentando assim suas possibilidades de uso (Suhendro et al., 2000; Liu et al., 2012; Khan et al., 2013); e suas características favoráveis à saúde humana, sendo elas a isenção total de glúten,

demonstrando ser uma ótima fonte energética para celíacos (Rooney; Awika, 2005; Dicko et al., 2006), além da sua variedade de compostos bioativos, com uma elevada taxa de antioxidantes e antocianinas, sendo utilizado como alimento funcional (Queiroz et al., 2015)

No Brasil, os produtos derivados da farinha de sorgo vêm ganhando aceitação (Queiroz et al., 2015) por apresentar elevadas taxas de compostos bioativos que influenciam diretamente na saúde humana (Awika et al., 2005). O sorgo possui concentrações de carotenoides, vitamina E (Cardoso et al., 2015), minerais (Paiva et al., 2017), amido resistente (Teixeira et al., 2016), fibras, e outros, que podem ser equiparados, ao de outras farinhas, tipicamente utilizadas na dieta brasileira, como o trigo (Queiroz et al., 2015). Todos esses compostos atuam diretamente na melhora de quadros relacionados à obesidade (Barros et al., 2014), problemas cardiovasculares (Carr et al., 2005), diabetes (Lakshmi; Vimala 1996), doenças crônicas e o câncer (Awika et al., 2009; Yang et al., 2012).

Diante do exposto acima, o objetivo do presente estudo foi avaliar a quantidade de compostos nutricionais e antinutricionais presentes na farinha de sorgo, a fim de selecionar genótipos a serem recomendados para o consumo humano.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção de híbridos de sorgo

Para a pesquisa realizada foram avaliados 41 híbridos em fase experimental do Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Milho e Sorgo; e nove testemunhas, sendo: BRS 310, BRS 330, BRS 3318, BRS 373; e as seguintes (já identificadas como superiores em compostos bioativos para alimentação humana) BRS 305, 1167048, SC 319, SC 105 A 1904. Com isso, foram avaliados um total de 50 cultivares de sorgo.

O trabalho foi conduzido em campo experimental, nas instalações da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG, na safra 2019/2020. As unidades experimentais foram organizadas em duas linhas de cinco metros, com 0,5m de espaçamento entre-linhas. A adubação de semeadura consistiu na aplicação de 300 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 08-28-16. Vinte e cinco dias após o plantio foram aplicados 150 kg ha⁻¹ de uréia para adubação de cobertura.

Após a colheita, os grãos inteiros de sorgo foram enviados ao laboratório, moídos duas vezes em moinho (Hawos 1 HM-MILL) para obtenção de farinhas de sorgo com partículas de 0,5 mm. Estas amostras foram armazenadas em sacos plásticos de polietileno sob refrigeração (4 ± 1 °C) até o uso.

Características agronômicas

Foram avaliadas as seguintes características agronômicas: (1) dias até o florescimento (dias), considerando o número de dias entre a semeadura e o florescimento, observado no terço médio de pelo menos 50% das panículas da parcela; (2) altura da planta (m), medida do comprimento entre o colo da planta até o ápice da panícula no momento da maturação fisiológica; (3) produtividade de grãos (ton ha⁻¹), avaliada em duas linhas centrais, corrigida para 13% de umidade e extrapolada para ton ha⁻¹.

Análises químicas

As análises químicas para obtenção das características funcionais dos genótipos de sorgo foram realizadas no Laboratório de Segurança Alimentar da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil, em três repetições de campo.

Para a obtenção do extrato fenólico utilizado na análise de antocianinas totais, dos compostos fenólicos totais e da capacidade antioxidante foi utilizada a metodologia descrita por Singleton et al. (1999) com modificações: 0,25 g das amostras foram extraídas em 25 mL de HCl a 1%/metanol (v/v) por duas horas em shaker (Nova Ethics, 109). Todos os extratos foram então centrifugados por 10 min em centrífuga (Hettich, EBA 200), decantados imediatamente após este processo.

Os compostos fenólicos totais foram determinados pelo método de Folin-Ciocalteu (Kaluza et al., 1980) e os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico/g de amostra (GAE eq/g).

Os teores de antocianinas totais foram obtidos de acordo com a metodologia de Fuleki e Francis (1968), com modificações (Barbosa et al., 2021). A absorvância das amostras foi lida a 480 nm em um espectrofotômetro (Instrutherm® Modelo UV-2000 A) e as concentrações de antocianina foram calculadas com base na absorvância de luteolinidina (480 nm) usando a equação $C \text{ (mol/L)} = A / \epsilon$, onde C é a concentração da amostra, A é a absorvância e ϵ é o coeficiente de extinção molar da luteolinidina que é 29,157 (Njongmeta, 2009). Os resultados foram expressos em mg equivalentes de luteolinidina (LE)/g amostra.

A capacidade antioxidante foi determinada de acordo com Awika et al. (2003) utilizando o reagente 2,2' – azinobis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) (ABTS+) e os resultados foram expressos em μmol de Trolox/g de amostra.

Os taninos condensados foram avaliados pelo método vanilina-HCl descrito por Price et al. (1978) e os resultados foram expressos em mg de equivalentes de catequina (EC)/g amostra.

Projeto experimental e análise estatística

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com 3 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o software Genes (Cruz, 2016). A plotagem gráfica foi feita com o pacote ggplot2 (Wickham, 2016) do software R versão 3.2.5 (R Core Team, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, que segue na tabela 1 pode-se observar que todas as características apresentaram significância ao nível de 1% de probabilidade. Isso indica que, ao menos um genótipo apresentou média distinta dos demais, o que implica em variabilidade genética dentro do conjunto de dados.

O coeficiente de variação está dentro dos parâmetros aceitáveis, que, de acordo com Gomes et al., (1990) e Ramalho et al., (2012) devem ser inferiores a 20% para características agrônômicas. Entretanto, para produtividade de grãos, o coeficiente de variação apresentou valor de 21,31%, o que é compreensível, dada a natureza quantitativa da variável. Já sobre a herdabilidade, os valores encontrados foram acima de 93%, enquanto a produtividade de grãos apresentou uma herdabilidade de 67,14%, um valor aceitável devido aos fatores externos da produção em campos experimentais.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para florescimento (FL), altura de planta (AP), produtividade de grãos (PROD), taninos (TAN), fenólicos totais (FT), atividade antioxidante (ATIV), antocianinas totais (ANT) de 50 genótipos, em Sete Lagoas - MG.

FV	GL	Quadrado médio						
		FL (dias)	AP (m)	PROD (ton.ha ⁻¹)	TAN mg CE/g	FT mg GAE /g	ATIV μMol TE /g	ANT μg/g
Blocos	2	0.33	0.0086	1.32	261.91	55.98	11114.53	512.87
Genótipos	49	42.3**	0.1225*	0.69**	1042.3**	125.15**	31414.0**	5313.14*
Resíduo	98	2.67	0.0047	0.23	21.62	2.87	758.84	97.56
Média		65.75	1.54	2.24	52.58	19.27	321.10	59.25
CV (%)		2.49	4.44	21.31	8.84	8.80	8.58	16.67
h ² (%)		93.69	96.20	67.14	97.93	97.70	97.58	98.16

*Florescimento (FL), altura de planta (AP), produtividade de grãos (PROD), taninos (TAN), fenólicos totais (FT), atividade antioxidante (ATIV), antocianinas totais (ANT); CV: coeficiente de variação. ** e * significativos pelo teste F, respectivamente, a 1 e 5% de probabilidade.

De acordo com os dados obtidos (Tabela 1), a média de dias para floração (65,75 dias) classifica os cultivares como de ciclo intermediário. Estes resultados coincidem com o trabalho de Gomes (2019), que na mesma localidade (Sete Lagoas, MG) obteve híbridos que, em média, floresceram com 62 dias.

A média da altura de plantas está na faixa indicada para os híbridos de sorgo granífero, que situa-se entre 130 e 150 cm (Santos et al., 2005), pois o rendimento de grãos é positivamente correlacionado com altura de plantas (Miller, 1982; Rao; Rana, 1982). Entretanto, alturas elevadas acarretam no tombamento das plantas, o que dificulta na colheita mecanizada.

A produtividade média alcançada foi de 2,24 ton.ha⁻¹, abaixo da média nacional, que no mesmo ano foi de 2,9 ton.ha⁻¹ (CONAB, 2020). De acordo com Menezes (2018) os fatores mais importantes para uma boa produtividade de sorgo granífero são: planejamento correto da lavoura, semeadura de acordo com a cultivar, adubação responsiva, tratos culturais de daninhas, pragas e doenças e a disponibilidade necessária de água. Comparado com híbridos plantados na mesma região (Sete Lagoas, MG), Paranhos (2021) descreve uma produtividade de 4,57 ton.ha⁻¹ demonstrando que a produtividade média das cultivares do presente trabalho pode ser elevada. Com isso, cultivares de sorgo granífero de alta produtividade devem ser utilizadas no melhoramento de sorgo voltado para alimentação humana.

O sorgo apresenta a maior concentração de taninos condensados entre os cereais (Serna-Saldivar; Rooney, 1995). Tais taninos podem ser complexados (com carboidratos ou proteínas) ou livres. Os teores de taninos encontrados nas amostras de farinha de sorgo foram superiores aos observados por Moraes et al. (2015), que em estudo com sorgo de pericarpo marrom, relataram teores de 8,63 mg CE.g⁻¹. Já Campelo (2021) relata cultivares de sorgo com teores de tanino de concentração média de 19,9 mg CE/g. No

presente trabalho, as cultivares apresentaram uma concentração média de 52,58 mg CE/g; com um coeficiente de variação de apenas 8,84 (%).

A média encontrada de fenólicos totais foi de 19,27mg GAE /g. Seguindo a literatura de Awika (2003) é possível identificar que, a média se aproximou do valor esperado para cultivares de sorgo com tanino, e a predominância geral do sorgo em relação a outros cereais no quesito fenólicos totais. Oliveira et al. (2017) mostrou que grãos de sorgo com o pericarpo escuro, tendem a apresentar o teor de compostos fenólicos mais elevados. A amostra de pericarpo marrom foi superior à encontrada por Cardoso et al. (2015), que obteve resultado de 6,0 mg GAE. g⁻¹. Porém, outros trabalhos elaborados com sorgos de pericarpo marrom obtiveram dados semelhantes aos obtidos por Oliveira et al. (2017), e os encontrados por Henriques et., al (2018).

Os estudos de Farrar (2008) demonstram que outros cereais como trigo, arroz e aveia, possuem menores concentrações de fenólicos quando comparados com o sorgo. Trabalhos *in vitro* demonstram como a correlação entre a presença de fenólicos totais e taninos influenciam diretamente na atividade antioxidantes de grãos de sorgo. Logo, as que possuem mais taninos apresentam maiores atividades antioxidantes (Kamath et al., 2004; Awika et al., 2005, 2009; Dlamini et al., 2007). O presente trabalho relata uma média de 321,10 µMol TE /g e um coeficiente de variação de 8,58 %. O resultado está de acordo com Awika (2003).

O sorgo é atualmente considerado a melhor fonte de 3-deoxiantocianina (Shih et al., 2006). Existe uma correlação entre a coloração do pericarpo do grão de sorgo, e a sua concentração das 3-DXAs (Awika; Rooney, 2004). As cultivares com pericarpo preto possuem de 3 a 4 vezes mais antocianinas (54 a 61 µg/g) quando comparadas com grãos com o pericarpo de coloração clara (16 a 28 µg/g) (Awika et al., 2004b). Ou seja, esses podem superar até mesmo a concentração de antocianinas totais de frutas (Awika; Rooney

2004; Dykes et al., 2009). Ao analisar o banco ativo de germoplasma, Aguiar (2015) encontrou valores de concentração de antocianinas totais entre 12 a 44 $\mu\text{g/g}$. No presente trabalho foi identificada a concentração de 59,25 $\mu\text{g/g}$, c, mostrando elevada concentração de antocianinas, com um coeficiente de variação de 16,67%.

As testemunhas utilizadas no presente trabalho, são os seguintes genótipos: BRS 305, destacados no Boxplot (Figura 1) caracterizado por possuir pericarpo marrom, apresentar concentrações relevantes de taninos condensados e endosperma mais farináceo (Queiroz et al., 2015); e o genótipo SC319, que possui o pericarpo de coloração marrom e testa pigmentada (Oliveira 2015).

O Boxplot (Figura 1) do florescimento, mostra uma pequena variação entre as cultivares utilizadas neste trabalho, apresentando uma amplitude de apenas 4 dias. De acordo com a mediana, as cultivares são consideradas intermediárias, as testemunhas se mantêm com os dias de florescimento próximos em relação à mediana.

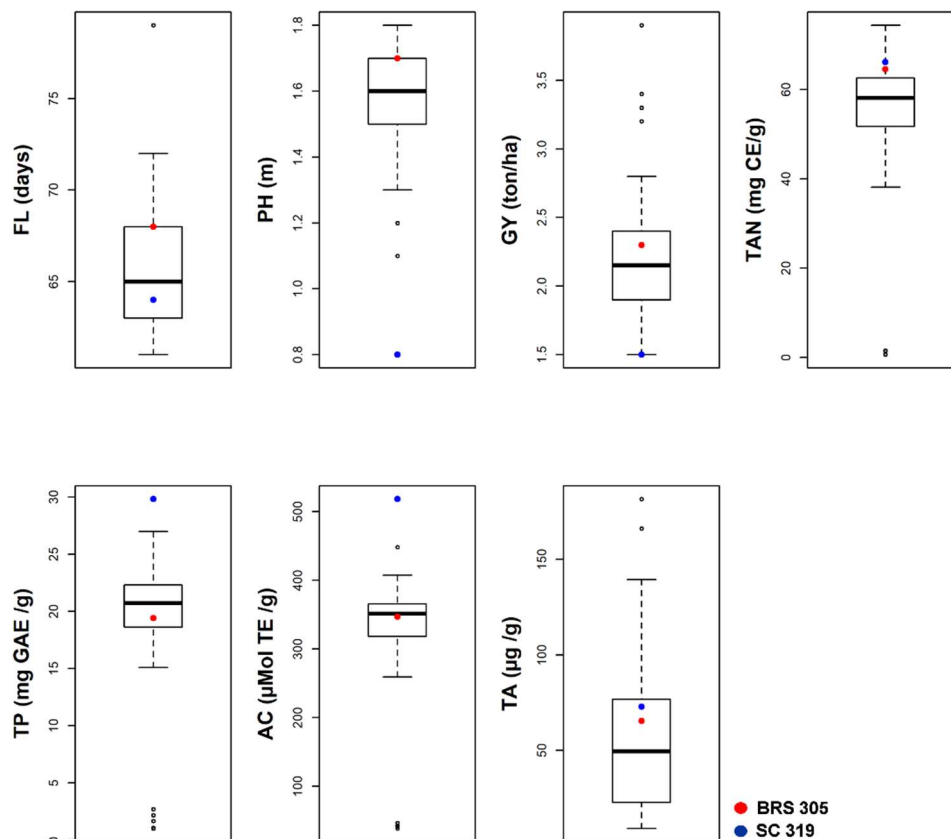


Figura 1. Boxplot das médias de florescimento (FL), altura de planta (AP), AP), produtividade de grãos (PROD), taninos (TAN), fenólicos totais (FT), atividade antioxidante (ATIV), antocianinas totais (ANT) de 50 genótipos, em Sete Lagoas - MG.

Em relação à altura das plantas a testemunha SC 319 se destaca muito das demais, apresentando uma altura totalmente dispersa da mediana, apenas de 0,8 m, além do valor mínimo (1,3 m). A testemunha BR305 apresentou uma altura dentro da amplitude do boxplot. Com uma mediana de 1,6 m e uma amplitude de apenas 0,2 m, as plantas estão dentro dos padrões de altura indicados para híbridos comerciais de sorgo granífero (1,5 m) (Santos et al., 2005).

A produção, como esperado, apresentou uma amplitude considerável, $0,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, pois cada cultivar apresenta um potencial produtivo único. A testemunha BR305 atingiu $2,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Já a SC 319 apresentou um valor baixo, atingindo o mínimo de $1,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Com uma mediana de $2,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, os híbridos estudados não apresentaram seu real potencial

produtivo. De acordo com experimentos, a produtividade dos novos híbridos comerciais podem alcançar até 7,0 t.ha⁻¹ (Resende et al., 2009; Menezes et al., 2015).

As cultivares estudadas no presente trabalho apresentaram valores significativos na sua concentração de taninos. Com uma mediana de 59 mg CE.g e o máximo de 72 mg CE.g. Quanto às testemunhas, os valores encontrados do BR305 (64,6 CE.g) superam os encontrados por Dykes et al. (2005), de 12 CE.g, ao analisar a concentração de taninos de genótipos de sorgo preto. SC319 demonstrou a concentração no valor de 66,2 CE.g; ambas acima do Q2 apresentado pelo Boxplot.

A concentração de fenólicos totais apresentou uma grande variação entre seus resultados. Mesmo com os valores da amplitude baixos, apenas 3 mg GAE.g, o valor mínimo obtido foi de 15 mg GAE.g, superando os encontrados por (Dykes et al., 2005) 16 mg GAE.g. Já o valor máximo atingido foi de 27 mg GAE.g. As testemunhas apresentaram valores elevados, porém muito distintos, tendo SC319 atingido a concentração de 29,82 mg GAE.g, enquanto a cultivar BR305 atingiu o valor de 19,4 mg GAE.g.

A concentração dos valores das atividades antioxidantes também apresentaram bom desempenho, com uma mediana de 350 µMol TE /g, comparada com a concentração encontrada por Dykes et al. (2005) variando de 40 a 160 µMol TE /g. Assim como nos fenólicos totais, a testemunha SC319 apresentou um valor elevado, atingindo a concentração de 518,2 µMol TE.g. Enquanto a testemunha BR305 alcançou uma concentração de 346,6 µMol TE.g. Levando em consideração que a mediana encontrada foi de 350 µMol TE.g, pode-se dizer que as cultivares presentes neste ensaio atingiram um elevado desempenho nas suas atividades antioxidantes.

Em relação às antocianinas totais, percebe-se uma elevada variação em relação à concentração das cultivares analisadas. As testemunhas apresentaram valores próximos,

sendo a BR305 com 65,4 $\mu\text{g.g}$ e a SC319 com 72.8 $\mu\text{g.g}$. Todavia, os valores gerais variaram de 10 $\mu\text{g.g}$ a 140 $\mu\text{g.g}$, e uma amplitude de 50 $\mu\text{g.g}$ quando analisada a relação entre Q1 (25 $\mu\text{g.g}$) e Q3 (75 $\mu\text{g.g}$).

Ao analisar as características de campo, de acordo com a correlação de Pearson (Figura 2), é possível identificar uma correlação entre o florescimento e a altura das plantas, em que $r = -0,32$ e $p = 0.023$. Essa correlação mostra que a precocidade de florescimento pode de certa forma afetar a altura da planta condizente com o trabalho de Silva., (2016) onde foram encontradas correlações similares.

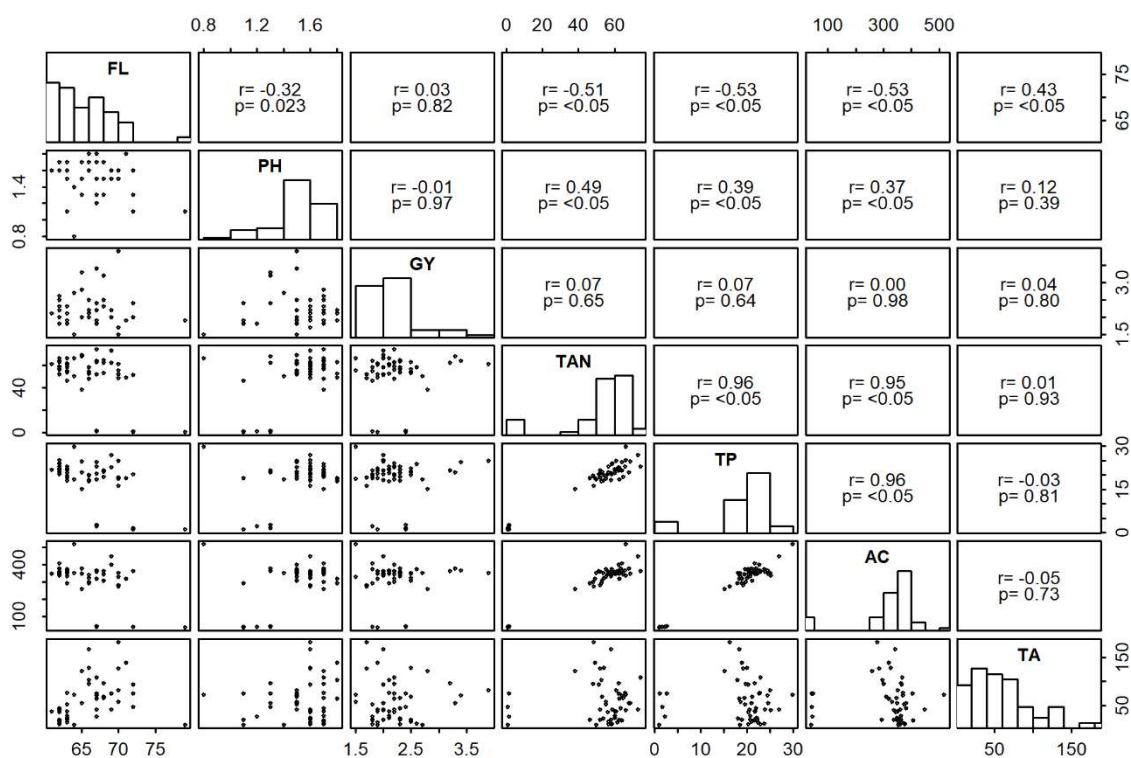


Figura 2. Correlação entre florescimento (FLOR), altura da planta (PH), produtividade de grãos (GY), taninos (TAN), fenólicos totais (TP), atividade antioxidante (AC), antocianinas totais (TA) de 50 genótipos, em Sete Lagoas - MG.

Em relação apenas às características químicas, pode-se observar que a presença de tanino, fenólicos totais e atividade antioxidantes estão correlacionadas em $r = 0.96$ (para taninos e fenólicos totais), $r = 0.95$ (para taninos e atividade antioxidante) e $r = 0.96$ (para fenólicos totais e atividade antioxidante). O $P = < 0.05$ em ambos os casos,

apresentando assim significância. Isso condiz com os seguintes trabalhos *in vitro* (Kamath et al., 2004; Awika et al., 2005, 2009; Dlamini et al; 2007) que demonstram a correlação entre a presença de fenólicos totais e taninos influenciam diretamente na atividade antioxidantes de grãos de sorgo.

A floração não apresentou uma correlação entre a produtividade, sendo o $r = 0.03$ e $P = 0.82$. Jordan et al. (2003) apresentou uma correlação negativa, de $r = -0.23$, mostrando que o florescimento pode interferir na produtividade alcançada. Entretanto apresentou correlação inversamente proporcional com os fatores químicos, sendo eles de : $r = -0,51$ (floração e taninos), $r = -0,53$ (floração e fenólicos totais), $r = -0,53$ (floração e atividade antioxidante), além de uma correlação, apresentando um $r = 0,43$ (floração e antocianinas totais); em todos os casos citados acima, $P = <0.05$. A altura das plantas, também apresentou correlação entre a porcentagem de tanino e fenólicos totais, com os seguintes valores: $r = 0.49$ (altura de plantas e taninos), $r = 0.39$ (altura de plantas e fenólicos totais), $r = 0.47$ (altura de plantas e atividade antioxidante), Em ambos os casos $P = <0.05$.

Tudo isso demonstra que, a precocidade e a altura das plantas, podem interferir na composição química dos grãos de sorgo. Essa correlação é importante pois, o sorgo cultivado no Brasil, é em sua maioria produzido na safrinha (Ribas, 2014) em meados de janeiro a março; com isso são mais utilizados sorgos precoces, apresentando um florescimento com cerca de 60 dias e altura média de plantas entre 1 e 1,5m (Menezes 2018). Com isso, o híbrido a ser lançado para alimentação humana, deve atender aos requisitos médios exigidos pelo mercado brasileiro.

De acordo com o objetivo do trabalho, a escolha dos cultivares leva em consideração, todos os fatores analisados, incluindo fatores de campo, sendo a produtividade e tempo de maturação, assim como as características químicas. Com isso,

de acordo com o teste de médias, na tabela 2, os híbridos que mais se destacaram foram: 1920007, 1920008, 1831027, 1831037, 1920011, pois apresentaram valores satisfatórios em todos os parâmetros analisados no trabalho. dentre eles alguns apresentam maior produtividade, outros se destacam em relação a sua composição química, superando em alguns aspectos até mesmo as testemunhas BRS305 e SC319.

Tabela 2. Médias de características de florescimento (FL, dias), altura de planta (AP, m), produtividade de grãos (GY, t.ha⁻¹), taninos (TAN, mg EC.g⁻¹), fenólicos totais (TP, mg GAE.g⁻¹), atividade antioxidante (AC, μMol TE.g⁻¹), antocianinas totais (TA, μg.g⁻¹), em Sete Lagoas - MG.

Híbridos	FL		AP		GY		TAN		TP		AC		TA	
1831001	68	c	1.5	d	2.5	c	53.2	c	21.08	d	309.7	d	67.9	e
1831003	70	b	1.5	d	1.5	c	55.1	c	18.59	e	330.7	d	58.0	e
1920007	70	b	1.5	d	3.9	a	61.0	b	24.97	b	351.6	c	81.5	d
1831007	66	d	1.8	a	2.1	c	52.6	c	17.91	e	295.8	d	102.3	c
1831009	72	b	1.6	c	2.0	c	51.2	c	20.29	d	365.3	c	93.8	c
1831011	62	e	1.6	b	2.5	c	62.7	b	22.16	c	349.1	c	20.8	g
1831013	61	e	1.6	b	2.1	c	60.9	b	21.81	c	351.1	c	37.2	f
1831015	67	c	1.8	a	2.2	c	62.6	b	18.37	e	318.8	d	64.6	e
1920008	67	c	1.5	d	3.4	a	64.1	b	24.49	b	368.1	c	71.1	d
1831019	65	d	1.5	d	2.0	c	68.8	a	24.61	b	348.5	c	54.5	e
1831021	63	e	1.7	a	2.1	c	60.1	b	20.66	d	362.2	c	27.9	g
1831023	71	b	1.8	a	1.9	c	49.0	d	18.87	e	318.3	d	139.4	b
1831025	63	e	1.7	b	1.9	c	60.3	b	21.69	c	350.8	c	37.8	f
1831027	63	e	1.7	a	2.1	c	66.0	a	22.82	c	368.4	c	76.7	d
1831029	63	e	1.6	b	2.1	c	60.1	b	22.09	c	348.1	c	24.2	g
1831031	62	e	1.6	c	2.3	c	56.7	c	22.92	c	360.9	c	11.1	g
BRS 310	67	c	1.3	e	2.4	c	1.5	f	2.69	g	46.7	e	75.2	d
1831035	70	b	1.6	b	1.7	c	48.5	d	16.31	f	277.0	d	181.5	a
1831037	67	c	1.7	b	2.2	c	74.4	a	22.9	c	365.9	c	107.6	c
1831039	66	c	1.6	c	2.5	c	54.0	c	19.95	d	325.1	d	128.1	b
1831041	70	b	1.6	c	1.7	c	51.8	c	19.15	d	283.7	d	127.3	b

BRS 330	72	b	1.3	e	2.4	c	0.7	f	1.66	g	42.0	e	46.8	f
1831045	63	e	1.6	c	2.3	c	53.6	c	18.07	e	354.0	c	22.8	g
1831047	63	e	1.5	d	1.8	c	55.0	c	19.52	d	374.0	c	52.4	e
1831049	63	e	1.6	b	1.9	c	61.4	b	22.3	c	365.5	c	15.6	g
1831051	66	d	1.7	b	2.2	c	48.1	d	19.75	d	300.9	d	94.4	c
1831053	69	b	1.6	c	2.0	c	72.9	a	26.96	b	448.0	b	42.2	f
1831055	62	e	1.7	a	1.8	c	58.3	b	20.26	d	376.5	c	11.6	g
1831057	66	d	1.6	c	2.6	b	58.1	b	18.28	e	340.8	c	166.1	a
1831059	67	c	1.5	d	1.9	c	51.8	c	20.54	d	359.7	c	42.3	f
1831061	62	e	1.6	c	2.0	c	66.1	a	25.09	b	337.8	c	40.2	f
1831063	62	e	1.7	b	2.6	b	58.2	b	23.75	c	376.5	c	12.9	g
1831065	62	e	1.7	a	2.3	c	63.5	b	21.92	c	380.2	c	44.3	f
1920010	65	d	1.3	e	3.3	a	68.1	a	21.69	c	379.7	c	54.5	e
1920011	68	c	1.3	e	3.2	a	62.2	b	21.66	c	363.1	c	96.6	c
1831071	62	e	1.6	c	2.0	c	51.8	c	21.64	c	362.4	c	20.9	g
1831073	62	e	1.7	b	2.5	c	56.6	c	20.91	d	353.0	c	17.0	g
1831075	63	e	1.6	b	2.3	c	58.1	b	20.75	d	336.0	c	20.1	g
1831077	62	e	1.6	b	2.2	c	56.1	c	20.33	d	344.4	c	36.5	f
1831079	62	e	1.7	b	1.8	c	64.1	b	21.6	c	407.3	c	19.4	g
1831081	62	e	1.6	b	2.2	c	58.8	b	23.95	c	360.8	c	41.6	f
1831083	69	b	1.5	d	2.2	c	62.3	b	22.65	c	403.1	c	75.4	d
CMSXS180 R	79	a	1.1	f	1.9	c	0.6	f	1.01	g	38.9	e	9.3	g
BRS 305	68	c	1.7	a	2.3	c	64.6	b	19.4	d	346.6	c	65.4	e
BRS 3318	72	b	1.1	f	2.4	c	1.4	f	1.06	g	41.0	e	75.5	d
BRS 373	67	c	1.2	f	1.8	c	1.4	f	2.15	g	43.2	e	26.5	g
1167048	64	e	1.4	e	2.7	b	50.0	c	18.49	e	353.1	c	9.7	g
SC 319	64	d	0.8	g	1.5	c	66.2	a	29.82	a	518.2	a	72.8	d
SC 105	63	e	1.1	f	1.8	c	46.3	d	18.95	e	293.7	d	20.4	g
A 1904	65	d	1.7	a	2.8	b	38.1	e	15.07	f	259.2	d	120.9	b

Means followed by the same letters constitute a statistically homogeneous group by the Scott & Knott cluster, at 5% probability.

Os híbridos comerciais da Embrapa, utilizados neste trabalho como testemunhas, não apresentaram os valores esperados em relação a sua produtividade. Santana (2017) mostrou em seu trabalho que o híbrido BRS 305 pode produzir 5.8t/ha; enquanto o mesmo material atingiu apenas 2.3t/ha no presente trabalho. Isso mostra que, os dados de campos, podem ter sofrido interferências externas, como por exemplo condições climáticas, na qual sorgo só apresenta sua real capacidade produtiva em temperaturas acima de 18°C (SANS et al., 2003), além da possibilidade de infestação de daninhas e pragas. Entretanto, estudos mostram que a produtividade de híbridos no Brasil tem o potencial de ultrapassar 7.0 t/ha em condições ideais na safrinha (Santos et al., 2005; Resende et al., 2009).

Dentre os materiais estudados, o que mais se destacou foi o híbrido 1920008. O mesmo apresentou uma boa concentração de antocianinas(72.9 $\mu\text{g.g}^{-1}$), atividade antioxidante (368.1 $\mu\text{Mol TE.g}^{-1}$), taninos (64.1mg EC.g⁻¹) e fenólicos totais (24.49mg GAE.g⁻¹), mostrando-se uma ótima fonte desses compostos para alimentação humana. Além disso, atingiu uma produtividade de 3.4 t/ha, superando os híbridos comerciais neste trabalho. A sua altura de 1,5m e florescimento de 67 dias, se adequam ao padrão de híbridos brasileiros utilizados na safrinha (MENEZES et al., 2018), sendo indicado para o cultivo de janeiro até fevereiro, devido ao seu ciclo intermediário.

O híbrido 1831035 apresentou o maior valor em antocianinas totais(71.1 $\mu\text{g.g}^{-1}$), superando as duas testemunhas , enquanto o material 1831053 se destacou com a maior concentração de tanino (72.9 mg EC.g⁻¹). Entretanto ambos apresentaram baixas concentrações de outros compostos químicos. Com tudo, devem ser estudados em trabalhos futuros.

CONCLUSÃO

Os híbridos estudados no presente trabalho demonstraram potencial para o mercado de sorgo granífero para alimentação humana, apresentando uma concentração satisfatória de compostos químicos favoráveis para a saúde humana .

Os Materiais: 1920007, 1831027, 1831037, 1920011 se destacaram dos demais híbridos, principalmente o híbrido 1920008, que mostrou um desempenho satisfatório tanto para características agronômicas, quanto em componentes químicos. Contudo, todos os materiais trabalhados apresentaram valores de produtividade abaixo do esperado. Implicando assim a necessidade de avanço e repetição do trabalho em outras regiões do Brasil.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. D. S., Queiroz, V. A. V., MIGUEL, R. D. A., de CARVALHO, P. T., GRACIANO, A., & MOREIRA, J. (2015). Banco Ativo de Germosplasma de Sorgo: busca por fontes de antocianinas.
- ABDEL-AAL, E. S. M.; CHOO, T. M.; DHILLON, S.; RABALSKI, I. Free and bound phenolic acids and total phenolics in black, blue, and yellow barley and their contribution to free radical scavenging capacity. *Cereal Chemistry Journal*, v. 89, n. 4, p. 198-204, 2012.
- AWIKA, J. M. Behavior of 3-deoxyanthocyanidins in the presence of phenolic copigments. *Food Research International, Barking*, v. 41, n. 5, p. 532-538, 2008.
- ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS: safra 2019/20: quinto levantamento. Brasília, DF: Conab, v. 7, n. 5, 2020. 29 p.
- ALMEIDA, E. F.; MOTA, J. H.; MENEZES, C. B.; YURI, J. E.; RESENDE, G. M. Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo granífero na safrinha em Jataí-GO. *Scientia Plena*, v. 11, n. 12, p. 1-7, 2015.
- AWIKA, J. M.; YANG, L.; BROWNING, J. D.; FARAJ, A. Comparative antioxidant, antiproliferative and phase II enzyme inducing potential of sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties. *LWT - Food Science Technology*, v. 42, n. 6, p. 1041-1046, 2009.
- AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry*, v. 65, n. 9, p. 1199- 1221, 2004.
- AWIKA, J. M.; MCDONOUGH, C. M.; ROONEY, L. W. Decorticating sorghum to concentrate healthy phytochemicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Easton, v. 53, n. 16, p. 6230- 6234, 2005.
- AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R. D. Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. *Food Chemistry*, v. 90, n. 1/2, p. 293-301, 2004a.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R. D. Properties of 3-deoxyanthocyanins from sorghum. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 52, n. 14, p. 4388-4394, 2004b.

BARROS, F.; AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Effect of molecular weight profile of sorghum proanthocyanidins on resistant starch formation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 94, n. 6, p. 1212- 1217, 2014.

C. Bolea, M. Turturiča, N. Stanciuc, C. Vizireanu Thermal degradation kinetics of bioactive compounds from black rice flour (*Oryza sativa L.*) extracts *Journal of Cereal Science*, 71 (2016), pp. 160-166.

Campelo, F. A., HENRIQUES, G., SIMEONE, M., QUEIROZ, V., RAMOS, A., SILVA, M., ... & de ARAÚJO, R. L. M. (2021). Características químicas e nutricionais de dois genótipos de sorgo, depois da extrusão termoplástica. *Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE)*.

Cardoso, L. M.; Pinheiro, S. S.; Carvalho, C. W. P.; Queiroz, V. A. V.; Menezes, C. B.; Moreira, A. V. B.; Barros, F. A. R.; Awika, J. M.; Martino, H. S. D.; San't – ana, H. M. P. Phenolic compounds profile in sorghum processed by extrusion cooking and dry heat in a conventional oven. *Journal of Cereal Science*. v.65, p. 220-226, 2015.

CARDOSO, L. de M.; PINHEIRO, S. S.; SILVA, L. L. da; MENEZES, C. B. de; TARDIN, F. D.; QUEIROZ, V. A.; MARTINO, H. S. D.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Tocochromanols and carotenoids in sorghum (*Sorghum bicolor L.*): diversity and stability to the heat treatment. *Food Chemistry*, v. 172, p. 900-908, 2015.

CARR, T. P.; WELLER, C. L.; SCHLEGEL, V. L.; CUPPETT, S. L.; GUDERIAN, D. M.; JOHNSON, K. R. Grain sorghum lipid extract reduces cholesterol absorption and plasma non-HDL cholesterol concentration in hamsters. *The Journal of Nutrition*, v. 135, n. 9, p. 2236-2240, 2005.

CLIFFORD, M. N. Anthocyanins - nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v. 80, n. 7, p. 1063-1072, 2000.

Cruz, C.D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum*. v.38, n.4, p.547-552, 2016.

Dykes, L., Rooney, L. W., Waniska, R. D., & Rooney, W. L. (2005). Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(17), 6813-6818.

DYKES, L.; ROONEY, L. W. Sorghum and millet phenols and antioxidants. *Journal of Cereal Science*, v. 44, n. 3, p. 236-251, 2006.

DLAMINI, N. R.; TAYLOR, J. R. N.; ROONEY, L. W. The effect of sorghum type and processing on the antioxidant properties of African sorghum-based foods. *Food Chemistry*, Barking, v. 105, n. 4, p. 1412-1419, 2007.

DICKO, M. H.; GRUPPEN, H.; TRAORÉ¹, A. S.; VORAGEN, A. G. J.; BERKEL, W. J. H. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. *African Journal of Biotechnology*, v. 5, n. 5, p. 384-395, 2006.

DYKES, L.; SEITZ, L. M.; ROONEY, W. L.; ROONEY, L. W. Flavonoid composition of red sorghum genotypes. *Food Chemistry*, Barking, v. 116, n. 1, p. 313-317, 2009.

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

FAO. FAOSTAT Production crops. Roma, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 18 mar. 2020.

FARRAR, J. L.; HARTLE, D. K.; HARGROVE, J. L.; GREENSPAN, P. A novel nutraceutical property of select sorghum (*Sorghum bicolor*) brans: inhibition of protein glycation. *Phytotherapy Research*, London, v. 22, n. 8, p. 1052-1056, 2008.

GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 13. ed. Piracicaba: Livraria Nobel S.A, 1990.

GÜLÇİN, I.; HUYUT, Z.; ELMASTAS, M.; ABOULENEIN, H. Y. Radical scavenging and antioxidant activity of tannic acid. *Arabian Journal of Chemistry*, Riyadh, v. 3, n. 1, p. 43-53, 2010.

HOLE, A. S.; RUD, I.; GRIMMER, S.; SIGL, S.; NARVHUS, J.; SAHLSTRØM, S. Improved bioavailability of dietary phenolic acids in whole grain barley and oat groat following fermentation with probiotic *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus johnsonii*, and *Lactobacillus reuteri*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 60, n. 25, p. 6369-6375, 2012.

Henriques, G. S., Campelo, F. A., Lacerda, I. C. A., de Araújo, R. L. B., Queiroz, V. A. V., & Simeone, M. L. F. (2018). Caracterização química e determinação da capacidade antioxidante de genótipos brasileiros de sorgo (*Sorghum bicolor* L.). In *Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Universidade Federal de Minas Gerais.

JORDAN, D. R.; TAO, Y.; GODWIN, I. D.; HENZELL, R. G.; COOPER, M.; MCINTYRE, C. L. Prediction of hybrid performance in grain sorghum using RFLP markers. *Theory Applied Genetics* (2003) 106:559–567 DOI 10.1007/s00122-002-1144-5.

KHAN, I.; YOUSIF, A.; JOHNSON, S. K.; GAMLATHA, S. Effect of sorghum flour addition on resistant starch content, phenolic profile and antioxidant capacity of durum wheat pasta. *Food Research International*, v. 54, n. 1, p. 578-586, 2013.

KAMATH, V. G.; CHANDRASHEKAR, A.; RAJINI, P. S. Antiradical properties of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) flour extracts. *Journal of Cereal Science*, London, v. 40, n. 3, p. 283-288, 2004.

LAKSHMI, K. B.; VIMALA, V. Hypoglycemic effect of selected sorghum recipes. *Nutrition Research*, v. 16, p. 1651-1658, 1996.

LIU, L.; HERALD, T. J.; WANG, D.; WILSON, J. D.; BEAN, S. R.; ARAMOUNI, F. M. Characterization of sorghum grain and evaluation of sorghum flour in a Chinese egg noodle system. *Journal of Cereal Science*, v. 55, n. 1, p. 31-36, 2012.

MAZZA, G.; BROUILLARD, R. Color stability and structural transformations of cyanidin 3,5-diglucoside and four 3-deoxyanthocyanins in aqueous solutions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 35, n. 3, p. 422-426, 1987.

Menezes, C. B., Coelho, A. M., da Silva, A. F., da SILVA, D. D., Mendes, S. M., Albuquerque, C. J. B., & Rodrigues, J. A. S. (2018). É possível aumentar a produtividade de sorgo granífero no Brasil?. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32., 2018, Lavras. Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil: livro de palestras. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018. cap. 4, p. 106-139.

Menezes, C. B.; Santos, C. V.; Saldanha, D. C.; Júlio, M. P. M.; Silva, K. J.; Rodrigues, J. A. S. Capacidade combinatória de linhagens e seleção de híbridos de sorgo granífero. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 16, n. 3, p. 509-523, 2017.

Menezes, C. B.; Albuquerque, C. J. B.; Freitas, R. S. Origem, evolução e domesticação do sorgo In: *Melhoramento genético de sorgo*. Capítulo 2. 1ª edição. Brasília, Embrapa Milho e Sorgo, p.65, 2021.

Menezes, C. B.; Magalhães, P. S.; Souza, T. C. Biologia e fisiologia do sorgo In: *Melhoramento genético de sorgo*. Capítulo 3. 1ª edição. Brasília, Embrapa Milho e Sorgo, p.81, 2021.

Menezes, C. B.; Queiroz, V. A. V. ; Barros, F. A. R. ; Cardoso, L. M.; Martino, H. S. D.; Pinheiro-Sant'Ana, H. M. Sorgo para Alimentação Humana In: *Melhoramento genético de sorgo*. Capítulo 16. 1ª edição. Brasília, Embrapa Milho e Sorgo, p.459, 2021.

MENEZES, C. B. de; SILVA, A. F. da; TARDIN, F. D. Sorgo safrinha. In: PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. (ed.). *Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa*

responde. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 293-308. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

MORAES, E. A.; NATAL, D. I. G.; QUEIROZ, V. A. V.; SCHAFFERT, R. E.; CECON, P. R.; DE PAULA, S. O.; BENJAMIM, L. D. A., RIBEIRO, S. M. R.; MARTINO, H. S. D. Sorghum genotype may reduce lowgrade inflammatory response and oxidative stress and maintains jejunum morphology of rats fed a hyperlipidic diet. *Food Research International*, v. 49, p. 553-559, 2012.

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

Moraes, E. A.; Marineli, R. S.; Lenquiste, S. A.; Steel, C. J.; Menezes, C. B.; Queiroz, A. V.; Junior, M. R. M. Sorghum flour fractions: Correlations among polysaccharides, phenolic compounds, antioxidant activity and glycemic index. *Food Chemistry*. v.180, p.116-122, 2015.

Oliveira, K. G.; Queiroz, V. A. A.; Carlos, L. A.; Cardoso, L. M.; Pinheiro-Sant'ana, H. M.; Anunciação, P. C.; Menezes, C. B.; Silva, E. C.; Barros, F. Effect of the storage time and temperature on phenolic compounds of sorghum grain and flour. *Food Chemistry*. v.216, p. 390-398, 2017.

OLIVEIRA, K. G. Estabilidade de compostos fenólicos em sorgo durante o armazenamento. 2015. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São João delRei, Sete Lagoas, 2015.

P. Paško, H. Bartoń, P. Zagrodzki, S. Gorinstein, M. Fořta, Z. Zachwieja Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth *Food Chemistry*, 115 (3) (2009), pp. 994-998.

PAIVA, C. L.; QUEIROZ, V. A. V.; SIMEONE, M. L. F.; SCHAFFERT, R. E.; OLIVEIRA, A. C. de; SILVA, C. S. da. Mineral content of sorghum genotypes and the influence of water stress. *Food Chemistry*, v. 214, p. 400-405, 2017.

Paranhos, L. R., de Menezes, C. B., da Silva, K. J., JULIO, M., JULIO, B., CARVALHO, E., ... & SCHAFFERT, R. (2021). Avaliação de híbridos de sorgo granífero em diferentes regiões de Minas Gerais.

Queiroz, V. A. V., Silva, C. S., Menezes, C. B., Schaffert, R. E., Guimarães, F. F. M., Guimarães, L. J. M., Guimarães, P. E. O., & Tardin, F. D. (2015). Nutritional composition of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] genotypes cultivated without and with water stress. *Journal of Cereal Science*, 65, 103-111. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.018>.

QUEIROZ, V. A. V.; MENEZES, C. B. de; BARROS, F. A. R. de; MARTINO, H. S. D. O sorgo na alimentação humana. In: PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. (ed.). *Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 247-266. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

QUEIROZ, V. A. V.; SILVA, C. S. da; MENEZES, C. B. de; SCHAFFERT, R. E.; GUIMARÃES, F. F. M.; GUIMARÃES, L. J. M.; GUIMARÃES, P. E. de O.; TARDIN, F. D. Nutritional composition of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] genotypes cultivated without and with water stress. *Journal of Cereal Science*, v. 65, p. 103-111, 2015.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. Aplicação da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas. Lavras: UFLA, 2012. 522 p.

Rocha Gomes, L. R., Pereira, M. M. M., de Menezes, C. B., Simon, G. A., Tardin, F. D., & Cardoso, M. J. (2019, October). PERFORMANCE AGRONÔMICA DE HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO ESTIMADA PELO MÉTODO GGE BILOT. In *Colloquium Agrariae*. ISSN: 1809-8215 (Vol. 15, No. 5, pp. 42-56).

ROONEY, L. W.; AWIKA, J. M. Overview of products and health benefits of specialty sorghums. *Cereal Foods World*, v. 50, n. 3, p. 109-115, 2005.

RESENDE, A. V.; COELHO, A. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. C. Adubação maximiza o potencial produtivo do sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 119).

Rocchetti, G., Chiodeli, G., Giuberti, G., Masoero, F., Trevisan, M., & Lucini, L. (2017). Evaluation of phenolic profile and antioxidant capacity in gluten-free flours. *Food Chemistry*, 228, 367-373.

RIBAS, P. M. (2014). Origem e importância econômica. In R. A. C. Borém, A., Pimentel, L. D., Parrella (Ed.), *Sorgo: do plantio à colheita*. Viçosa, MG: Editora UFV.

SANTOS, F. G.; CASELA, C. R.; WAQUIL, J. M. Melhoramento de sorgo. In: BORÉM, A. (Org.). -ELHORAMENTO DE ESPÉCIES CULTIVADAS. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. v. 1, p. 429-466.

SANTANA, M. C. B., BASTOS, E. A., CARDOSO, M. J., JÚNIOR, A. S. A., TARDIN, F. D., & DE MENEZES, C. B. (2017). Produtividade de grãos e parâmetros fisiológicos de sorgo granífero sob deficiência hídrica e irrigação plena. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 16(3), 361-372.

SAURA-CALIXTO, F.; PEREZ-JIMENEZ, J.; TOURINO, S.; SERRANO, J.; FUGUET, E.; TORRES, J. L.; GONI, I. Proanthocyanidin metabolites associated with dietary fibre from in vitro colonic fermentation and proanthocyanidin metabolites in human plasma. *Molecular Nutrition and Food Research*, v. 54, n. 7, p. 939-946, 2010.

SANS, L. M. A.; MORAIS, A. V. de C. de; GUIMARÃES, D. P. Época de plantio de sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 4 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 80).

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

SERNA-SALDIVAR, S.; ROONEY, L. W. Structure and chemistry of sorghum and millets. In: DENDY, D. A. V. (ed.). Structure and chemistry of sorghum and millets. St. Paul: AACC, 1995. p. 69-124.

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

SUHENDRO, E.; KUNETZ, C.; McDONOUGH, C.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R. D. Cooking characteristics and quality of noodles from food sorghum. *Cereal Chemistry*, v. 77, n. 2, p. 96-100, 2000.

Silva, K. J. D. (2016). Diversidade genética entre linhagens de sorgo granífero utilizando descritores morfoagronômicos e marcadores moleculares.

SHIH, C. H.; SIU, S. O.; NG, R.; WONG, E.; CHIU, L. C. M.; CHU, I. K.; LO, C. Quantitative analysis of anticancer 3-deoxyanthocyanidins in infected sorghum seedlings. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 55, n. 2, p. 254- 259, 2006.

TIAN, Y.; ZOU, B.; LI, C.; YANG, J.; XU, S.; HAGERMAN, A. E. High molecular weight persimmon tannin is a potent antioxidant both *ex vivo* and *in vivo*. *Food Research International*, v. 45, n. 1, p. 26-30, 2012.

TABERNERO, M.; VENEMA, K.; MAATHUIS, A. J. H.; SAURACALIXTO, F. D. Metabolite production during *in vitro* colonic fermentation of dietary fiber: analysis and comparison of two european diets. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 59, n. 16, p. 8968-8975, 2011.

TALEON, V.; DYKES, L.; ROONEY, W. L.; ROONEY, L. W. Effect of genotype and environment on flavonoid concentration and profile of black sorghum grains. *Journal of Cereal Science*, v. 56, n. 2, p. 470-475, 2012.

TEIXEIRA, N. de C.; QUEIROZ, V. A. V.; ROCHA, M. C.; AMORIM, A. C. P.; SOARES, T. A.; MONTEIRO, M. A. M.; MENEZES, C. B. de; SCHAFFERT, R. E.; GARCIA, M. A. V. T.; JUNQUEIRA, R. G. Resistant starch content among several sorghum (*Sorghum bicolor*) genotypes and the effect of heat treatment on resistant starch retention in two genotypes. *Food Chemistry*, v. 197, p. 291-296, 2016.

WEBER, I. F.; FEDDERN, V.; VIEIRA, O. F. V.; VIEIRA, J. C.; LIMA, G. J. M. M. Ocorrência de micotoxinas em farelos de soja, trigo e sorgo no Brasil nos anos de 2016 e 2017. In: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR, 6., 2018, Gramado. Desvendando mitos: anais. Porto Alegre: UFGRS; Campinas: SBCTA, 2018.

YANG, L.; DYKES, L.; AWIKA, J. M. Thermal stability of 3-deoxyanthocyanidin pigments. *Food Chemistry*, v. 160, p. 246-254, 2014.