

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE GENÓTIPOS BRASILEIROS DE SORGO (*Sorghum bicolor* L.)

Gilberto Simeone Henriques¹, Flávia Assunção Campelo², Inayara Cristina Alves Lacerda², Raquel Linhares Bello de Araújo², Valéria Aparecida Vieira Queiroz³, Maria Lúcia Ferreira Simeone³.

¹Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Escola de Enfermagem, Departamento de Nutrição, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

²Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Faculdade de Farmácia, Departamento de Ciência de Alimentos, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

³Embrapa CNPMS – Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil.

¹*Autor para correspondências: gilberto.simeone@gmail.com

RESUMO

O sorgo é um cereal que apesar de ser pouco utilizado na alimentação humana, possui composição química similar à cereais de uso convencional como milho, trigo e arroz. É considerado fonte de minerais e compostos fenólicos, contribuindo positivamente para atividade antioxidante, sendo benéfico à saúde humana. O objetivo deste trabalho foi caracterizar quimicamente sorgo dos genótipos BRS 332 e SC 319 (EMBRAPA Milho e Sorgo Sete Lagoas MG), determinar o teor de taninos, compostos fenólicos e atividade antioxidante por três metodologias distintas ABTS, FRAP e DPPH. Os resultados demonstraram que os sorgos apresentaram teor superior de carboidrato e similar de proteínas quando comparado com o milho e teor superior de fibras e lipídeos, comparando-se ao trigo. O genótipo que se destacou em relação ao teor de tanino (SC319), apresentou também maiores concentrações de compostos fenólicos e capacidade antioxidante mais elevadas, indicando um potencial funcional. Logo se pode concluir que os genótipos de sorgos têm potencialidade para substituir cereais tradicionais como trigo, arroz e milho e serem introduzidos na alimentação humana.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*; taninos; potencial funcional.

1. INTRODUÇÃO

Os grãos apresentam grande importância nos hábitos alimentares, pois esses são fontes de fibras, compostos fitoquímicos, minerais (zinco, fosforo e magnésio), vitaminas e calorias. Possuem compostos fitoquímicos que diferem dos encontrados em frutas e vegetais, evidenciando que esses componentes são únicos, bem como os benefícios que esses proporcionam ao organismo (Liu, 2007). Sendo os mais consumidos na maioria dos países correspondem ao trigo, arroz e o milho, mas em outras regiões, como Ásia e África, cereais poucos conhecidos são largamente utilizados na alimentação, como o centeio, o painço, a cevada, a aveia e o sorgo (Martins & Barbosa, 2014).

O sorgo é uma cultura com custo de produções inferiores às culturas de milho, trigo e arroz, resistente à escassez hídrica e a altas temperaturas, o que facilita sua produtividade, e o torna o alimento principal de regiões que dependem da agricultura, mas apresentam condições climáticas desfavoráveis (Sanchez, 2003; Belton & Taylor, 2004). Dessa forma, o sorgo vem se apresentando como um cereal favorável à produção e ao consumo, pois esse é fonte de amido, minerais, vitamina E, fibras e compostos bioativos (Queiroz et al., 2011).

Considerado a quinta maior cultura de grãos do mundo, o sorgo apresenta uma produção mundial (safra

de 2016 / 2017) de aproximadamente 64,5 milhões de toneladas (Faostat, 2016). Os maiores produtores são os Estados Unidos e México, seguidos da Nigéria, Índia (área mais extensa de cultivo de sorgo no mundo), Sudão, Brasil e Argentina (Conab, 2018).

Para o Brasil, o sorgo compreende uma alternativa de plantio para diversas regiões, uma possibilidade de grande viabilidade econômica e uma inovação no campo da nutrição, ambas pouco exploradas. Por essa razão, inúmeras pesquisas vêm sendo realizadas com diferentes cultivares de sorgo, de forma a evidenciar o seu valor funcional, com a presença de fibras alimentares e amido resistente, e como uma fonte de compostos bioativos, com taninos e ácidos fenólicos, que vêm sendo correlacionados à melhoria das condições de saúde da população contribuindo para redução dos índices glicêmicos em diabéticos, de doenças cardiovasculares e da obesidade (Dicko, 2005; Dicko et al., 2006; Queiroz et al., 2011).

As composições químicas, bem como a capacidade antioxidante de grãos de sorgo podem variar devido a influência de diversos fatores como: fatores genéticos, condições agroclimáticas e grau de maturação dos grãos colhidos. Desta maneira, este trabalho teve como objetivo avaliar a composição química e potencial antioxidante de dois cultivares brasileiros de sorgo (*Sorghum bicolor* L.)

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Análise de Alimentos da Faculdade de Farmácia, na Universidade Federal de Minas Gerais (FAFAR / UFMG). Foram utilizados dois genótipos de grãos de sorgo fornecidos pelo Instituto de Pesquisa Embrapa Milho e Sorgo (EMBRAPA/MG), a uma latitude de 19° 27' 57'' sul e longitude 44° 14' 79'' oeste, o sorgo BRS 332 com pericarpo vermelho, sem taninos, e o SC 319 de pericarpo marrom e com taninos.

2.1. Prepara da amostra

Os grãos dos dois genótipos de sorgo, BRS 332 e SC 319, após a remoção manual das sujidades mais grosseiras, foram triturados utilizando um moinho de batelada (M20 - IKA Works®, Staufen, Alemanha) e tamisado, e retido entre peneiras de 60 mesh. O produto assim obtido foi armazenado sob refrigeração a -18 °C até o momento das análises.

2.2. Determinação da composição centesimal

As análises da composição centesimal das amostras foram realizadas de acordo com os métodos descritos na AOAC (2012). O teor de carboidratos foi calculado por diferença percentual, subtraindo-se do total da soma de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas e fibra alimentar.

2.3. Determinação do teor de taninos

Para determinação do teor de taninos nas amostras de sorgo foi utilizado o método Vanilina – HCl descrito por Price, Scoyoc & Butler (1978).

2.4. Determinação do teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante

2.4.1 Extração

A extração foi realizada conforme procedimento descrito por Rufino et al. (2010).

2.4.2 Compostos fenólicos e atividade antioxidante

Os extratos obtidos foram utilizados para a determinação do teor de compostos fenólicos e para a avaliação da atividade antioxidante

Fenólicos Totais: Uma alíquota de 150 µL do extrato da amostra foi adicionados de 3850 mL de água destilada e 250 µL de Folin-Ciocalteu e incubados à temperatura ambiente por 8 min. Posteriormente foi adicionado 750 µL de carbonato de sódio 20%. Com 2h de incubação as amostras foram lidas a 765 nm, com dados expressos em mg de ácido gálico (AGE) 100g-1 amostra (SINGLETON, ORTHOFER e LAMUELA-RAVENTÓS, 1999).

DPPH: Ao sorgo processado (0,3g) foram adicionadas de 5 mL de DPPH (40 mg L-1) e incubados sob agitação a 35 °C por 4 h. Posteriormente, realizou-se a leitura a 517 nm das amostras, e os resultados foram expressos como µmol trolox equivalente (TE) g-1 amostra (AOAC, 2012).

FRAP: Exatamente 90 µL do extrato obtido do sorgo processado após moagem e tamisação foram misturados a 270 µL de água e 2,7 mL do reagente FRAP, e transferidos para um tubo Falcon, que passou por uma incubação sob agitação por 30 min a 37 °C. Em seguida, foi realizada leitura a 595 nm, e os resultados foram expressos em µM sulfato ferroso g-1 de amostra (RUFINO et al., 2010).

ABTS: Em um tubo falcon adicionou-se 30 µL do extrato da amostra e 3 mL de radical ABTS, essa mistura foi então incubada por 6 min à temperatura ambiente, e posteriormente realizou-se a leitura a 734 nm. A atividade antioxidante foi expressa em µM trolox g-1 amostra (RUFINO et al., 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição Centesimal

Os resultados obtidos para composição centesimal das cultivares SC319 e BRS332, nas formas cruas e extrusadas encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição centesimal das farinhas de sorgo, dos genótipos BRS332 e SC319.

| Amostra | Proteínas (g/100g) | Carboidratos (g/100g) | Lipídeos (g/100g) | Fibras (g/100g) | Cinzas (g/100g) |
|---------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| BRS 332 | 14,35 ± 0,65 ^a | 67,58 ± 1,17 ^a | 3,10 ± 0,07 ^a | 11,94 ± 0,50 ^a | 3,12 ± 0,08 ^a |
| SC 319 | 13,12 ± 0,57 ^b | 64,67 ± 0,89 ^a | 2,21 ± 0,12 ^b | 16,85 ± 0,34 ^b | 3,16 ± 0,13 ^a |

* BRS = Farinha de sorgo crua do genótipo BRS332, SC = Farinha de sorgo crua do genótipo SC319. Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si, ao nível de 5%.

Para os diferentes genótipos na forma crua BRS e SC, observou-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre os teores de proteína, lipídeos e fibras totais, no entanto não houve distinção significativa ($p > 0,05$) entre os teores de carboidratos e cinzas. Foi observada uma variação nos teores de proteínas 13,12% (SC) a 14,35% (BRS), valores corroborados por Neto et al. (2017), que estudaram grãos de sorgo de dois genótipos brasileiros e obtiveram uma variabilidade de 9,86 a 11,71% de proteínas. Os carboidratos, que correspondem ao macro nutriente principal desses grãos, diferiram entre si e variaram de 64,67% (SC) a 67,58% (BRS), concentrações superiores às encontradas por Martino et al. (2012) ao investigarem oito tipos de sorgos destinados à alimentação humana. O teor de fibra variou de 11,94% (BRS) a 16,85% (SC), esses sendo superiores as quantidades encontradas por Antunes et al. (2008), que analisou 33 genótipos e obteve-se valores entre 0,35% a 4,44%, e

similares às observadas por Martino et al. (2012), com dados de 9,13% a 15,09%. Essa variação pode ser devido à limitação e a diferença entre os métodos utilizados pelos autores. O conteúdo lipídico distinguiu estatisticamente e variou de 2,21% (SC) a 3,10% (BRS), dados similares aos encontrados por Antunes et al. (2007), com teores de 1,56 a 3,44% dependendo da cultivar, porém os dados do presente trabalho, foram inferiores ao mencionados por Mehmood et al. (2010), que obtiveram concentrações de 5,0 a 8,2% em estudo que analisou o total de óleo presente nesses grãos. Essa diferença pode ser atribuída aos métodos de análise aplicados, visto que no trabalho citado foi utilizada espectrometria por ressonância nuclear, que consiste em um método mais preciso. Já os teores de cinzas, não apresentaram diferenças estatísticas, com valores entre 3,12% (BRS) e 3,16% (SC), esses similares aos encontrados por Ragaee, Abdel-Aal e Noaman (2006) e a Antunes et al (2007) que alcançaram concentrações superiores a 2,2%.

As diferenças observadas podem ser atribuídas aos diferentes genótipos avaliados, que acumulam nutrientes de formas distintas, mesmo quando cultivados sobre as mesmas condições agroclimáticas e de adubação. Além disso, o BRS é um tipo de grão híbrido, e se comporta de forma distinta em relação à absorção de nutrientes, não sendo possível determinar o comportamento do mesmo. Estudos demonstraram que esse tipo de grão tem absorção variada dependendo da semente. As maiores produtividades, e conseqüentemente acúmulo de nutrientes são expressas na sua capacidade máxima quando se utiliza sementes de primeira geração, sendo assim recomendada a troca de sementes todos os anos de plantio (Neto et al., 2010; Costa, 2013; Borges et al., 2016; Tardin et al., 2012).

3.2 Teor de taninos

As concentrações de taninos totais encontradas para as amostras estudadas estão expressas na Tabela 2.

Nota-se que para o sorgo de pericarpo vermelho, BRS, não exibiu teores de taninos detectáveis, enquanto que para o sorgo de pericarpo marrom e presença de testa pigmentada, SC observou-se quantidade significativa de taninos.

Tabela 2 – Teor de taninos das farinhas de sorgo, dos genótipos BRS332 e SC319.

| Amostra | Taninos (mg EC / g) |
|---------|---------------------------|
| BRS 332 | ND ^a |
| SC 319 | 19,99 ± 1,27 ^b |

* mg EC / g = mg de Catequina Equivalente / g amostra. BRS = Farinha de sorgo crua do genótipo BRS332, SC = Farinha de sorgo crua do genótipo SC319. Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si, ao nível de 5%.

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 EC.g-1, e no trabalho de Vargas-Solozarnos et al. (2014), que avaliou as características químicas de 6 cultivares de sorgo, sendo 2 desses de pericarpo marrom, com teores de 5,05 e 13,21 mg EC.g-1.

A diferença observada é atribuída às alterações genéticas, visto que o híbrido BRS foi desenvolvido para não conter compostos taninos.

3.3 Compostos fenólicos e atividade antioxidante

Os resultados dos teores de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante, dos compostos extraíveis, dos sorgos SC e BR estão exibidos na Tabela 3.

Tabela 3 – Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante das farinhas de sorgo, dos genótipos BRS332 e SC319.

| Amostra | Compostos fenólicos (g/100g) | ABTS (g/100g) | FRAP (g/100g) | DPPH (g/100g) |
|---------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| BRS 332 | 2,48 ± 0,06 ^a | 32,92 ± 2,19 ^a | 11,21 ± 0,27 ^a | 29,79 ± 0,85 ^a |
| SC 319 | 8,49 ± 0,12 ^b | 90,72 ± 3,78 ^b | 26,61 ± 1,52 ^b | 59,37 ± 5,78 ^b |

Fenólicos totais (mg AGE g⁻¹ amostra); ABTS: (μM trolox g⁻¹ amostra); FRAP: (μM FeSO₄ g⁻¹ amostra); DPPH: (μM TE g⁻¹ amostra); AGE = ácido gálico equivalente. BRS = Farinha de sorgo crua do genótipo BRS332, SC = Farinha de sorgo crua do genótipo SC319. Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si, ao nível de 5%.

3.3.1 Compostos fenólicos

O teor de compostos fenólicos observado no presente estudo para amostra de pericarpo marrom foi superior à encontrada por Cardoso et al. (2015), que estudaram com o mesmo material experimental, que foi a amostra SC 319, e obtiveram resultado de 6,0 mg AGE. g⁻¹. Porém, outros trabalhos elaborados com sorgos de pericarpo marrons obtiveram dados semelhantes aos obtidos no presente estudo, como os encontrados por Oliveira et al., (2017), em grãos não estocados.

A amostra BRS apresentou o menor teor de fenólicos de 2,48 mg AGE. g⁻¹, resultado inferior aos publicados por Awika et al. (2003) e Dlamini et al. (2007) que ao também trabalharem com sorgos de pericarpo vermelho observaram teores de fenólicos totais de 5,00 e 5,3 mg AGE. g⁻¹ respectivamente.

A diferença observada entre as pesquisas com sorgos de mesma coloração de pericarpo podem ser explicadas pelas variações dos genótipos utilizados, constituição do mesocarpo, presença e espessura da testa pigmentada, composição de solo e clima (Awika et al., 2003; Zaroug et al., 2014; Khoddami, Mohammadrezaei & Roberts, 2017). Além desses fatores, a disponibilidade hídrica, também é capaz de influenciar os teores de fenólicos dos grãos. Wu et al. (2017) relataram que déficit hídrico aumentou significativamente o conteúdo fenólico de grãos inteiros em todos os seis genótipos de sorgo estudados.

Já a diferença observada em trabalhos com o mesmo tipo de sorgo, pode ser explicada pelas safras distintas utilizadas, e pela variação no período de colheita em ambos os estudos. Jeon et al. (2017) estudaram o efeito da época de colheita nos teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante, esses notaram que quanto maior a demora na colheita menores são esses valores, e que dependendo da safra, que varia de acordo com as condições climáticas, hídricas e de composição de solo daquele ano, esses valores se alteram significativamente.

3.3.2 Atividade antioxidante

Várias metodologias são utilizadas para mensurar o potencial antioxidante dos alimentos, sendo os mais utilizados os métodos DPPH e ABTS, seguidos dos ensaios de ORAC e FRAP (Wu et al., 2016). No presente trabalho foram utilizados os procedimentos de análise ABTS, FRAP e DPPH para determinação da atividade antioxidante total, levando em consideração as frações extraíveis e não extraíveis conforme valores exibidos na Tabela 3.

Pelo método ABTS, o valor da atividade antioxidante da SC, foi de 90,72 μM Trolox. g⁻¹, diferente estatisticamente. Tal resultado foi corroborado pelo estudo de Awika et al. (2009) que para os sorgos de

pericarpo marrons observaram valores de atividade antioxidante entre 88 e 125 $\mu\text{mol Trolox. g}^{-1}$, entretanto inferiores aos mostrados por Moraes et al. (2015), que foram de 180,70 $\mu\text{mol Trolox. g}^{-1}$.

A amostra BRS foi significativamente distinta pelo método ABTS, e o valor de 32,92 $\mu\text{mol Trolox. g}^{-1}$ foi superior aos observados por N'Dri et al. (2012) e Cardoso et al. (2015) que relataram resultados de 23,62 e 17,1 $\mu\text{mol Trolox. g}^{-1}$ respectivamente.

Para a metodologia de FRAP, os resultado encontrado foi de 11,21 $\mu\text{mol FeSO}_4. \text{g}^{-1}$, para a amostra de pericarpo marrom, e para amostra de pericarpo vermelho o valor encontrado foi 26,61 $\mu\text{mol FeSO}_4. \text{g}^{-1}$, esse sendo estatisticamente superior. Para o sorgo de pericarpo marrom não foram encontrados estudos que exibissem a mesma unidade de medida, impossibilitando a comparação com outros estudos. Já em estudo com sorgos de pericarpo vermelho realizado por Hou et al. (2016) observou - se valores superiores, 77,01 $\mu\text{mol FeSO}_4. \text{g}^{-1}$, aos encontrados no presente trabalho.

Pelo procedimento DPPH os valores encontrados variaram de 29,79 a 42,75 $\mu\text{mol Trolox. g}^{-1}$, e os valores mais elevados de atividade antioxidante foram exibidas pelas amostras SC. Cardoso et al. (2015) analisando genótipos de sorgos de diferentes colorações de pericarpo observou que para os sorgos marrons a atividade antioxidante foi de 28,3 $\mu\text{mol Trolox. g}^{-1}$, valor inferior ao relatado no presente trabalho. Já a amostra de pericarpo vermelho BRS, foi obtido um valor de 29,79 $\mu\text{mol Trolox. g}^{-1}$. Wu et al. (2017) em análise de sorgos variados, dentre eles três genótipos vermelhos, relataram resultados inferiores aos apresentados, com valores variando de 4,65 a 6,18 $\mu\text{mol Trolox. g}^{-1}$. De forma distinta à observada nos métodos ABTS e FRAP, o procedimento de DPPH se mostra mais eficiente, visto que a adição do reagente é realizada diretamente na amostra.

No que compete à avaliação da atividade antioxidante, não há consenso em um simples e universal método a ser utilizado, isso devido à existência de diversos tipos de radicais livres, bem como suas formas de atuação nos organismos vivos. Com isso, a busca por testes mais rápidos e eficientes tem acarretado um grande número de metodologias para determinação da atividade antioxidante. Os procedimentos podem ser baseados na captura de radicais do tipo peroxila (ORAC, TRAP), no poder redutor evidenciado pelo metal (FRAP e CUPRAC), aprisionamento de radicais orgânicos (ABTS e DPPH), ou até mesmo pela quantificação de produtos originados durante o processo de peroxidação de lipídeos (TBARS) (Sánchez-Moreno, 2002; Alves et al, 2010; Rufino, 2007).

Em comparação com outros cereais, estudos demonstraram o sorgo apresentam maiores teores de compostos fenólicos, e conseqüentemente exibem atividades antioxidantes mais elevadas (Dykes & Rooney, 2007; Serpen et al., 2008; Farrar et al 2008; Soong et al., 2014; Patil & Arya, 2017). Sendo assim, o consumo de farinha de sorgo integral, deve ser incentivado considerando o alto teor de compostos fenólicos que favorecem a atividade antioxidante, e conseqüentemente apresentam potencial para auxiliar a prevenção de diabetes, obesidade, estresse oxidativo e outros (Awika et al., 2009; Cardoso et al ., 2015a; Yang et al., 2012).

4. CONCLUSÕES

Os genótipos de sorgos analisados são similares quimicamente à cereais tradicionais como trigo, arroz e milho e são considerados fontes de fibras e proteínas, podendo esses serem utilizados na alimentação humana. Os sorgos apresentaram elevados teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante, em destaque SC319, indicando que esse cereal apresenta um potencial funcional elevado.

Agradecimentos

Em agradecimento a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), ao Departamento de Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia (FAFAR), Embrapa CNPMS (projeto macroprograma 03.15.05.001.00.00) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

5. REFERÊNCIAS

- Alves, C. Q.; David, J. M.; David, J.P.; Bahia, M. V.; Aguiar, R.M. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. *Química Nova*. v.33, n.10, p.2202-2010, 2010.
- Antunes, R.C.; Rodriguez, N.M.; Gonçalves, Rodrigues, J. A. S.; Pereira, L. G.R.; Fontes, D. O.; Borges, A.L.C.C.; Saliba, E.O.S. Composição bromatológica e parâmetros físicos de grãos de sorgo com diferentes texturas de endospermas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. v.59. p.1351- 1354, 2007.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). Official methods of analysis. 19th ed. Gaithersburg: AOAC, 2012.
- Awika, J. M.; Rooney, L. W.; Wu, X.; Prior, R.L.; Cisneros-Zevallos, L. Screening Methods To Measure Antioxidant Activity of Sorghum (*Sorghum bicolor*) and Sorghum Products. *Journal of Agricultural and food chemistry*. v. 51, p. 6657 – 6662, 2003.
- Awika, J. M.; Yang, L.; Browning, J. D.; Faraj, A. Comparative antioxidant, antiproliferative and enzyme inducing potential of sorghum. *Food Science and Technology*. v.42, p. 1041–1046, 2009.
- Belton, P. S.; Taylor, J.R.N. Sorghum and millets: protein sources for Africa. *Trends Food Science Technology* v.15, p.94–98, 2004.
- Borges, I. D.; Brandão, L. M.; Franco, A. A. N.; Teixeira, E. C.; Moreira, T. R. S.; Souza, V. A. Acúmulo de micronutrientes, na safra e rebrota, em plantas de sorgo forrageiro. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 31, 2016. Bento Gonçalves – RS. Anais eletrônicos. Disponível em: < http://www.abms.org.br/cnms2016_trabalhos/docs/1266.pdf >. Acesso em 15 de abril de 2018.
- 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.
- Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). Perspectivas para a agropecuária. Safra 2016/2017, Produtos de Verão. Perspectivas agropecuárias. Brasília, v.4, n.12, p. 1-158, 2017.
- Costa, R. Q. 2013. 64 f. Fenologia e análise de crescimento do sorgo forrageiro volumax em Vitória da Conquista - BA. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Departamento de Agronomia – Universidade Federal do Sudoeste da Bahia – Vitoria da Conquista - BA, Brasil, 2013.
- Dicko, M. H.; Gruppen, H.; Traore, A. S. V. B.; Willem, J. H.; Voragen, A. G. J. Evaluation of the effect of germination on phenolic compounds and antioxidant activities in sorghum varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, p. 2581–2588, 2005.
- Dicko, M. H., Gruppen, H., Traoré, 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, pp. 384–395. 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*. v.105, p. 1412–1419, 2007.
- Dykes, L.; Rooney, L.W. Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. *Cereal Food World*. v.52, n. 3, p. 105-111, 2007.
- Farrar, J. L., Hartle, D. K., Hargrove, J. L., et al. A novel nutraceutical property of select sorghum (*Sorghum bicolor*) brans: inhibition of protein glycation. *Phytotherapy Research*, v.22, n.8, p.1052-1056. 2008.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations. FAOSTAT (2016). <http://www.fao.org/faostat/en/#home>.
- Hou, F.; Su, D.; Xu, J.; Gong, Y.; Zhang, R.; Wei, Z.; Chi, J.; Zhang, M. Enhanced extraction of phenolics and antioxidant capacity from sorghum (*Sorghum bicolor* l. moench) shell using ultrasonic-assisted ethanol–water

binary solvent. *Journal of Food Processing and Preservation*. v.40, p.1171-1179, 2016.

Jeon, S. H.; Kim, I. S.; Park, S. K.; Jung, K. Y.; Kim, S. W.; Cho, Y. S. Dependence of Sorghum bicolor antioxidant activity on harvest time. *Science Asia*. v.43, p. 155-161, 2017.

Liu, R. H. Whole grain phytochemicals and health. *Journal Cereal Science*. v.46, p.207-219, 2007.

Martins, A. P.; Barbosa, M. Cereais integrais: caracterização nutricional. *Revista Fatores de risco*. v.33, p.10-19, 2014.

Martino, H. S. D.; Tomaz, P. A.; Moraes, E. A.; Conceição, L. L.; Oliveira, D. S.; Queiroz, V. A. V.; Rodrigues, J. A. S.; Pirozi, M. R.; Pinheiro-Sant'ana, H. M.; Ribeiro, S. M. R. Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. *Revista Instituto Adolf Lutz*. v.71, n.2, p. 337-344, 2012.

Mehmood, S.; Orhan, I.; Ahsan, Z.; Aslan, S.; Gulfranz, M. Fatty acid composition of seed oil of different Sorghum bicolor varieties. *Food Chemistry*. v.109, p. 855-859, 2008.

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.

Neto, R. C. A.; Miranda, N. O.; Duda, G. P.; Goes, G. B.; Lima, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.14, n.2, p.124-130, 2010.

Neto, A. B.; Reis, R. H. P.; Cabral, L. S.; Abreu, J. G.; Sousa, D. P.; Pedreiras, B. C.; Mombach, M. A.; Balbinot, E.; Carvalho, P.; Carvalho, A.P. S. Fermentation characteristics of different purposes sorghum silage. *Semina: Ciências Agrárias – Londrina*. v.38, n.4, p. 2607-2618, 2017.

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.

Price, M. L.; Scoyoc, S. V.; Butler, L. G. A Critical Evaluation of the Vanillin Reaction as an Assay for Tannin in Sorghum Grain. *Journal Agricultural Food Chemistry*. v.26, n;5, p. 1214-1218, 1978

Queiroz, V. A. V.; Moraes, E. A.; Schaffert, R. E.; Moreira, A. V.; Ribeiro, S. M. R.; Martino, H. S. D. Potencial funcional e tecnologia de processamento do sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) moench], na alimentação humana. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.10, n.3, pp. 180-195, 2011.

Ragae, S.; Abdel-Aal, E. S. M.; Noaman, M. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry*. v.98, p.32-38, 2006.

Rufino, M. S. M.; Alves, R. E.; Brito, E. S.; Pérez-Jiménez, J. Saura-Calixto, F.; Mancini-Filho, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, v. 121, p. 996-1002, 2010.

Sanchez, D.A. White food-type sorghum in direct-expansion extrusion applications master of science. Tese de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Texas A & M University, p.132, 2003.

Singleton, V. L.; Orthofer, R.; Lamuela-Raventós, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, v. 299, p. 152-178, 1999.

Wu, G.; Bennett, S. J.; Bornman, J. F.; Clarke, M. W.; Fang, Z.; Johnson, S. K. Phenolic profile and content of sorghum grains under different irrigation managements. *Food Research International*. v.97, p. 347-355, 2017.

Zaroug, M.; Orhan, I. E.; Senol, F. S.; Yazici, S. Comparative antioxidant activity appraisal of traditional Sudanese kiswa prepared from two sorghum cultivars. *Food Chemistry*. v.156, p.110-116, 2014.