

## Testes de Vigor de Estresse e Bioquímicos em Sementes de Feijão Caupi – Uma revisão

Stress Vigor and Biochemical Tests in Cowbean Seeds – A review

Vigor de Estrés y Pruebas Bioquímicas en Semillas de Cahua – Una revisión

Recebido: 25/08/2022 | Revisado: 03/09/2022 | Aceito: 06/09/2022 | Publicado: 14/09/2022

**Anna Beatriz Nogueira de Araújo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9504-8474>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: [anna.b.n.araujo@gmail.com](mailto:anna.b.n.araujo@gmail.com)

**Monalisa Alves Diniz Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9052-7380>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: [monalisa.diniz@ufrpe.br](mailto:monalisa.diniz@ufrpe.br)

**Rafael Mateus Alves**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3482-1010>

Universidade de São Paulo, Brasil

E-mail: [rafaelalvesmateus@gmail.com](mailto:rafaelalvesmateus@gmail.com)

**Joyce Naiara da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3260-8745>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: [joicenaiaira@hotmail.com](mailto:joicenaiaira@hotmail.com)

### Resumo

*Vigna unguiculata* L. ou popularmente feijão-caupi como é conhecido, é uma das principais fontes alimentícias de vários países, destacando-se o Brasil. Para avaliação da qualidade fisiológica das sementes é necessário à utilização dos testes de germinação e vigor. O teste de vigor baseado em estresse mais conhecido é o de envelhecimento acelerado, quanto aos testes bioquímicos, destacam-se os de condutividade elétrica e tetrazólio. O presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre os artigos científicos publicados no período de 2011 a 2021, quanto aos testes de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e tetrazólio em sementes de feijão-caupi. Foram elaborados gráficos quanto às expressões e palavras-chave: tetrazólio em sementes de feijão-caupi; condutividade elétrica em sementes de feijão-caupi e envelhecimento acelerado em sementes de feijão-caupi; condutividade elétrica em *Vigna unguiculata* L., envelhecimento acelerado em *Vigna unguiculata* L.; tetrazólio em *Vigna unguiculata* L. e feijão-caupi em testes de vigor de sementes, considerando-se as bases de dados Google Acadêmico, Web of Science e Scielo, ano de publicação e idiomas (português, inglês e espanhol). A base de dados Google Acadêmico apresentou uma quantidade maior de artigos publicados, por ser uma plataforma simples e de fácil acesso, diferente das plataformas Scielo e Web of Science. Maior número de publicações foi no ano de 2018, para os testes envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e tetrazólio; com predomínio do idioma inglês. São vários os fatores que influenciam nos resultados dos testes de vigor; não só o genótipo, mas também as condições intrínsecas das sementes e o manejo pré e pós-colheita.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata* L.; Teste de germinação; Testes de vigor; Potencial fisiológico.

### Abstract

*Vigna unguiculata* L. or popularly cowpea as it is known, is one of the main food sources in several countries, especially Brazil. To evaluate the physiological quality of the seeds, it is necessary to use germination and vigor tests. The best known stress-based vigor test is the accelerated aging test, as for the biochemical tests, electrical conductivity and tetrazolium tests stand out. The present work aimed to carry out a literature review on scientific articles published from 2011 to 2021, regarding accelerated aging, electrical conductivity and tetrazolium tests in cowpea seeds. Graphs were made regarding the expressions and keywords: tetrazolium in cowpea seeds; electrical conductivity in cowpea seeds and accelerated aging in cowpea seeds; electrical conductivity in *Vigna unguiculata* L., accelerated aging in *Vigna unguiculata* L.; tetrazolium in *Vigna unguiculata* L. and cowpea in seed vigor tests, considering the Google Scholar, Web of Science and Scielo databases, year of publication and languages (Portuguese, English and Spanish). The Google Scholar database presented a greater number of published articles, as it is a simple and easily accessible platform, unlike the Scielo and Web of Science platforms. The largest number of publications was in 2018, for the accelerated aging, electrical conductivity and tetrazolium tests; with a predominance of the

English language. There are several factors that influence the results of vigor tests; not only the genotype, but also the intrinsic conditions of the seeds and the pre- and post-harvest management.

**Keywords:** *Vigna unguiculata* L.; Germination test; Vigor tests; Physiological potential.

### Resumen

*Vigna unguiculata* L. o popularmente caupí como se le conoce, es una de las principales fuentes de alimentación en varios países, especialmente en Brasil. Para evaluar la calidad fisiológica de las semillas, es necesario utilizar pruebas de germinación y vigor. La prueba de vigor basada en estrés más conocida es la prueba de envejecimiento acelerado, en cuanto a las pruebas bioquímicas, se destacan las pruebas de conductividad eléctrica y tetrazolio. El presente trabajo tuvo como objetivo realizar una revisión bibliográfica de artículos científicos publicados en el período de 2011 a 2021, respecto a las pruebas de envejecimiento acelerado, conductividad eléctrica y tetrazolio en semillas de caupí. Se realizaron gráficos respecto a las expresiones y palabras clave: tetrazolio en semillas de caupí; conductividad eléctrica en semillas de caupí y envejecimiento acelerado en semillas de caupí; conductividad eléctrica en *Vigna unguiculata* L., envejecimiento acelerado en *Vigna unguiculata* L.; tetrazolio en *Vigna unguiculata* L. y caupí en pruebas de vigor de semilla, considerando las bases de datos Google Scholar, Web of Science y Scielo, año de publicación e idiomas (portugués, inglés y español). La base de datos Google Scholar presentó una mayor cantidad de artículos publicados, por ser una plataforma sencilla y de fácil acceso, a diferencia de las plataformas Scielo y Web of Science. El mayor número de publicaciones fue en 2018, para las pruebas de envejecimiento acelerado, conductividad eléctrica y tetrazolio; con predominio del idioma inglés. Hay varios factores que influyen en los resultados de las pruebas de vigor; no solo el genotipo, sino también las condiciones intrínsecas de las semillas y el manejo pre y poscosecha.

**Palabras clave:** *Vigna unguiculata* L.; Prueba de germinación; Pruebas de vigor; Potencial fisiológico.

## 1. Introdução

A semente é o principal insumo para a produção agrícola e a sua qualidade interfere no estande de plantas. Portanto, os lotes de sementes que são utilizados para a semeadura devem apresentar uma alta qualidade fisiológica, para assegurar uma elevada produtividade. Dessa forma, são conduzidos testes de germinação, os quais são obrigatórios de acordo com a lei 10711 de 2003 Art. 1º que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas – SNSM. O Art. 3º parágrafo I diz que “análise de semente ou de muda - conjunto de procedimentos técnicos, executados em conformidade com as metodologias oficializadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, utilizados para avaliar a identidade e a qualidade da semente ou da muda”.

Segundo Lemos (2015) a avaliação da qualidade das sementes pode ser determinado por meio de vários testes, um deles é o de germinação, o qual é conduzido sob condições controladas, para que se possa avaliar a capacidade máxima de germinação da amostra analisada sem que haja problemas adversos, por outro lado, não subsidia informações sobre o vigor das sementes. O teste de germinação não fornece informações sobre o vigor das sementes, pois não detecta os eventos intermediários que podem ocorrer durante o processo de deterioração, apenas as etapas finais, em virtude disso, os testes de vigor são um instrumento importante, como adjuntos ao teste de germinação na pesquisa sobre qualidade de sementes.

O controle de qualidade realizado pelas empresas produtoras de sementes se baseia nos testes de germinação e de vigor, esses testes são utilizados na avaliação da qualidade fisiológica ou potencial fisiológico das sementes. Os testes de vigor classificam os lotes de sementes em maior ou menor nível de vigor, com reflexos no estabelecimento das plântulas no campo (Rodrigues et al., 2015).

A realização do teste de vigor está relacionada com a deterioração das sementes, a deterioração por sua vez pode ser entendida como a perda da capacidade da semente em produzir uma plântula normal, quanto maior o vigor da semente menor sua deterioração e vice-versa (Krzyzanowski & França Neto, 2001). Para Franco et al. (2013) o teste de vigor está associado com a capacidade da semente em germinar e produzir uma plântula normal sob ampla variação de condições de campo, não necessariamente dentro das mesmas condições ideais para germinação. Pode ser dividido em testes fisiológicos, de estresse e bioquímicos, sendo que o teste de estresse mais utilizado é o envelhecimento acelerado, quanto aos bioquímicos são condutividade elétrica e tetrazólio (Rodrigues et al., 2015).

Os testes de estresse têm como objetivo verificar o comportamento das sementes após as mesmas serem submetidas a procedimentos sob condições estressantes, tais como temperaturas altas ou baixas, elevada umidade relativa do ar, excesso ou déficit de água (Grzybowski, et al., 2015). Já os testes bioquímicos visam avaliar as alterações bioquímicas nas sementes, que possam influenciar o vigor (Fré, 2015).

O teste de envelhecimento acelerado tem como objetivo avaliar o desempenho das sementes que foram submetidas a temperaturas e umidades altas, onde a taxa de deterioração da semente é aumentada consideravelmente pela exposição as elevadas temperatura e umidade relativa do ar, tais fatores afetam a intensidade e velocidade do processo deteriorativo (Delouche, 2002). As diferenças entre o vigor das sementes após o envelhecimento acelerado podem ser utilizadas para o monitoramento das mesmas em condições normais de armazenamento (Silva et al., 2010).

O teste de condutividade elétrica baseia-se no princípio de que, com o avanço do processo de deterioração, ocorre aumento da lixiviação dos constituintes celulares das sementes embebidas em água, devido à perda da integridade dos sistemas de membranas celulares (Hepburn et al., 1984). A perda de eletrólitos das sementes para a água de embebição pode ser detectada quando avaliada a condutividade elétrica desses lixiviados. Este teste consegue detectar os primeiros eventos deteriorativos das sementes, pois avalia a integridade das membranas celulares (Michels et al., 2014).

O teste de tetrazólio, no qual se emprega uma solução do sal trifenil tetrazolio 2,3,5 cloreto, é bastante eficiente na determinação da viabilidade das sementes. Este teste determina indiretamente a atividade respiratória nas células que compõem os tecidos das sementes, e baseia-se na atividade das enzimas desidrogenases as quais catalisam as reações respiratórias nas mitocôndrias, durante a glicólise e o ciclo do ácido cítrico, ou ciclo de Krebs (ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA, 1983). Segundo Lemos (2015), quando a semente é imersa na solução de tetrazólio ocorre a redução do sal nas células vivas, resultando na formação de um composto vermelho, não difusível, conhecido como trifenilformazan, indicando haver atividade respiratória nas mitocôndrias e, conseqüentemente, que o tecido é viável (vivo). Tecidos mortos (não viáveis) não reagem com a solução, observando-se uma coloração branca nos mesmos.

Entre as várias culturas de interesse agrícola em que os testes de vigor são utilizados, destaca-se o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.), conhecido também como feijão de corda, feijão-frade, feijão-fradinho, feijão-miúdo ou feijão-macáçar. O feijão-caupi é uma cultura bastante consumida no Brasil, além da importância socioeconômica, é um alimento proteico e energético, uma das principais bases de alimentação e nutrição, principalmente para as populações das regiões Norte e Nordeste do Brasil (Freire et al., 2011). Além da elevada rentabilidade, proporciona segurança alimentar e nutricional, aspectos cruciais para o desenvolvimento (Chagas, 2018). Com isso, objetivou-se realizar uma revisão bibliográfica sobre os testes de estresse (envelhecimento acelerado) e bioquímicos (condutividade elétrica e tetrazólio) em sementes de feijão-caupi, visando destacar a eficiência dos referidos testes de vigor quanto à avaliação da qualidade fisiológica.

## 2. Metodologia

Como base utilizou da metodologia o Manual de Revisão Bibliográfica Sistemática Integrativa (2014) para esta revisão narrativa de literatura. Neste trabalho optou-se pelo método de revisão bibliográfica, focando na revisão narrativa, possibilitando o acesso às pesquisas de autores que já trabalharam com a temática. Assim, foram elaborados gráficos quanto às temáticas abordadas considerando: base de dados da publicação, ano de publicação e idiomas. O desenvolvimento da discussão baseou-se nos principais resultados obtidos.

A elaboração do seguinte trabalho foi realizada por etapas como mostra o fluxograma (Figura 1), foram consultadas as bases de dados Google Acadêmico, Web of Science e Scielo, onde os artigos científicos foram avaliados quanto aos idiomas português, inglês e espanhol. Avaliaram-se diversos artigos científicos publicados durante os últimos 10 anos (2011 a 2021),

sobre testes de vigor de estresse (envelhecimento acelerado) e bioquímicos (condutividade elétrica e tetrazólio) em sementes de feijão-caupi.

**Figura 1:** Fluxograma das etapas da elaboração da revisão bibliográfica.



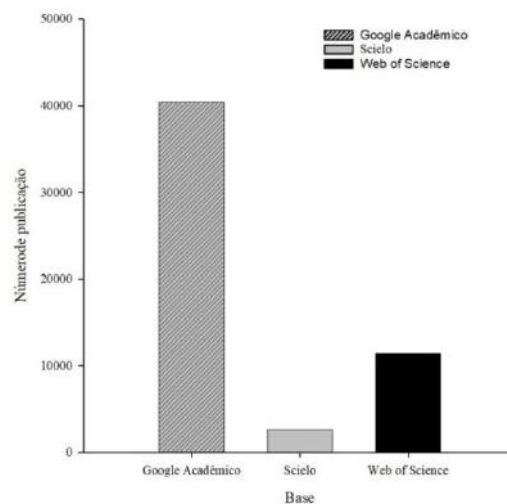
Fonte: Autores (2021).

Utilizou as seguintes expressões e palavras-chave, primeiro com o nome popular e depois com nome científico da espécie: tetrazólio em feijão-caupi, condutividade elétrica em feijão-caupi, envelhecimento acelerado em feijão-caupi, condutividade elétrica em *Vigna unguiculata* L., envelhecimento acelerado em *Vigna unguiculata* L., tetrazólio em *Vigna unguiculata* L. e feijão-caupi em testes de vigor de semente.

### 3. Resultados

Para as expressões e palavras chave abordadas na metodologia, foram encontrados 64.328 artigos no período de 2011 a 2021, publicados nas plataformas Google Acadêmico, Web of Science e Scielo. Sendo que destes artigos 36.586 foram publicados na base de dados Google Acadêmico, 22.608 na Web of Science e 5.134 no Scielo. A plataforma Google Acadêmico possui uma acessibilidade maior e dispõe de um maior número de artigos publicados no seu acervo, por esse motivo é uma base bastante eficiente, boa parte dos seus artigos são publicados em inglês e português (Figura 2).

**Figura 2:** Número de publicações nas bases de dados Google Acadêmico, Scielo e Web of Science durante 10 anos, considerando as expressões e palavras chave: tetrazólio em sementes de feijão-caupi, condutividade elétrica em sementes de feijão-caupi, envelhecimento acelerado em sementes de feijão-caupi, feijão-caupi em testes de vigor de sementes, condutividade elétrica em *Vigna unguiculata* L., envelhecimento acelerado em *Vigna unguiculata* L. e tetrazólio em *Vigna unguiculata* L.

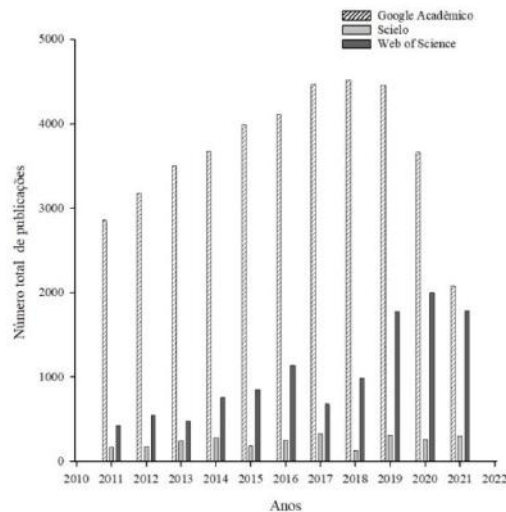


Fonte: Google acadêmico, Scielo e Web of Science.

Por sua vez, a plataforma Web of Science exige que o interessado seja registrado para que possa dispor do acesso aos periódicos e a maioria dos artigos é em inglês; o registro pode ser feito com um e-mail pessoal e senha ou até mesmo por meio do vínculo institucional de uma universidade. Já a plataforma Scielo publica trabalhos das mais diversas temáticas e tendo o seu acesso gratuito a todo o público, e os seus trabalhos são publicados nos três idiomas português, inglês e espanhol.

Com relação ao número de publicações por ano, a base de dados Google Acadêmica apresentou uma tendência de crescimento de publicações até o ano de 2019, entretanto ocorreu um declínio no número de publicações durante os anos de 2020 e 2021 (Figura 3), coincidindo com o cenário pandêmico da covid. Já para a plataforma Scielo observou-se que ocorreram oscilações ao longo dos anos, em que o ano de 2017 foi superior quanto ao número de publicações em relação aos demais. A base de dados Web of Science mostrou uma tendência de crescimento do número de artigos até o ano de 2016, no ano seguinte houve um declínio e depois entre os anos de 2019 e 2021, observou-se novamente um aumento de publicações, quanto as temáticas abordadas, o que indica uma relevância do tema e o quanto as pesquisas se mantiveram ativas. O ano com maior número de publicações foi o de 2018 na base de dados do Google Acadêmico, computando-se 4.083 artigos (Figura 2).

**Figura 3:** Número total de publicações com expressões e palavras chave: tetrazólio em sementes de feijão-caupi, condutividade elétrica em sementes de feijão-caupi, envelhecimento acelerado em sementes de feijão-caupi, feijão-caupi em testes de vigor, condutividade elétrica em *Vigna unguiculata* L., envelhecimento acelerado em *Vigna unguiculata* L. e tetrazólio em *Vigna unguiculata* L., nas bases de dados Google acadêmico, Scielo e Web of Science, durante o período de 2011 a 2021.

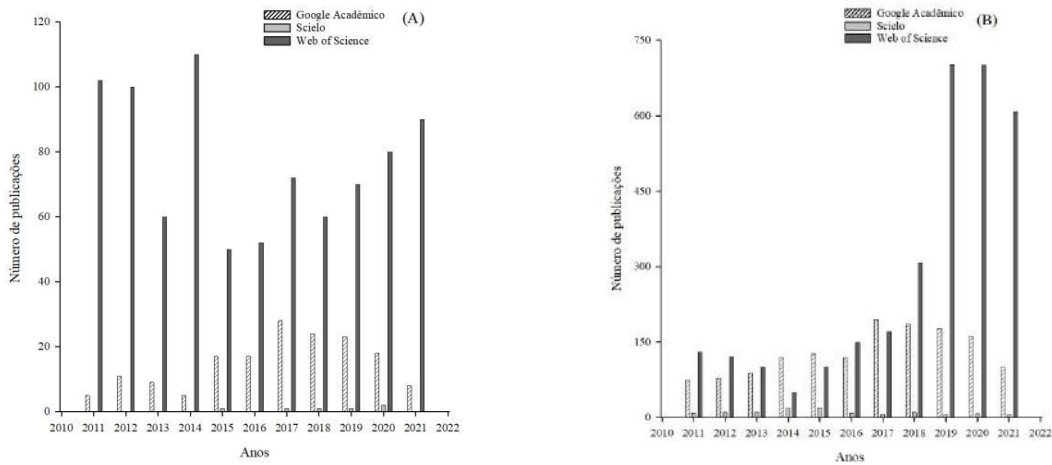


Fonte: Google acadêmico, Scielo e Web of Science.

Deve-se observar que o Google acadêmico por ser uma plataforma que não precisa de um cadastro tende a ser mais fácil para o leitor procurar o artigo no tema desejando, mostrando nitidamente na Figura 3, como já mencionado.

Em relação às temáticas utilizadas para a busca dos artigos relacionadas os testes de vigor de estresse e bioquímicos em sementes de feijão-caupi, foram possíveis notar que as expressões ou palavras-chave tetrazólio em sementes de feijão-caupi e condutividade elétrica em sementes de feijão-caupi foram encontradas em maior quantidade nos artigos publicados principalmente na base de dados Web of Science. Por sua vez, na base de dados do Google Acadêmico foi verificado quase a metade do número de publicações em relação a Web of Science; já na base de dados Scielo a quantidade de artigos foi bastante reduzida (Figuras 4A e 4B).

**Figura 4:** Número de artigos publicados com as expressões e palavras-chave: tetrazólio em sementes de feijão-caupi (A) e condutividade elétrica em sementes de feijão-caupi (B) nas bases de dados Google Acadêmico, Scielo e Web of Science, durante o período de 2011 a 2021.

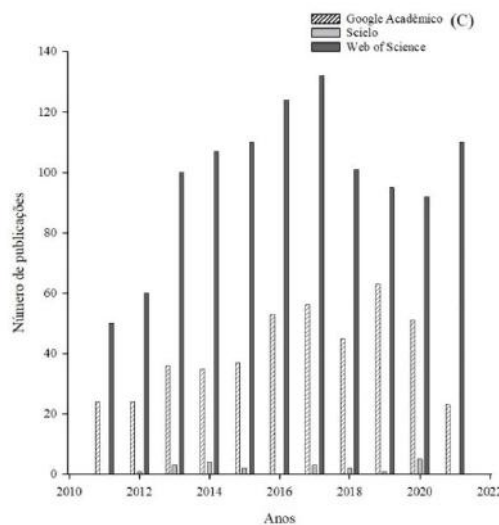


Fonte: Google Acadêmico, Scielo e Web of Science.

Com aumento nas pesquisas internacionais, o site da Web of Science se sobressaiu em ambas as expressões, mostrando nos gráficos como tem aumentando os estudos, sobre o feijão por ser uma cultura bastante consumida em todo mundo.

A expressão “envelhecimento acelerado em sementes de feijão-caupi” apresentou um número maior de artigos na base de dados Web of Science. Entretanto, nas bases Google Acadêmico e Scielo verificaram-se poucos artigos com a referida expressão (Figura 5).

**Figura 5:** Número de artigos publicados com a expressão: envelhecimento acelerado em sementes de feijão-caupi nas bases de dados Google Acadêmico, Scielo e Web of Science, durante o período de 2011 a 2021.

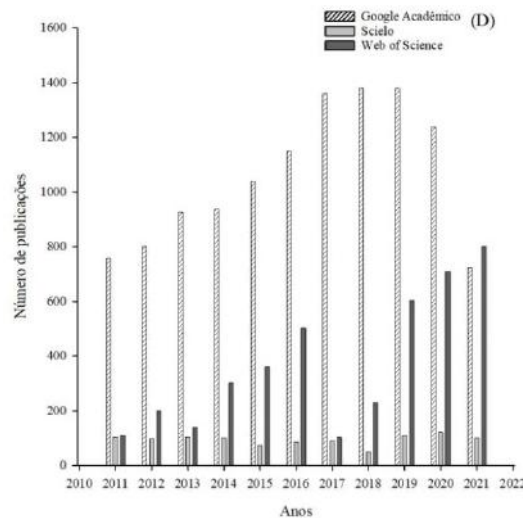


Fonte: Google acadêmico, Scielo e Web of Science.

Com já mencionado, o feijão-caupi vem ganhando um grande papel na economia brasileira por ser prato principal de alimentação. Como visto na figura acima, pode-se observar que mais uma vez a plataforma Web of Science que uma maior publicação de artigos que envolvem o teste de envelhecimento acelerado para feijão caupi como teste de vigor.

Quanto a palavra-chave “feijão-caupi em testes de vigor” a base de dados que mais se destacou também foi o Google Acadêmico, com aproximadamente 12.000 publicações, em seguida, a base de dados Web of Science com menos da metade das publicações e por fim a plataforma Scielo (Figura 6).

**Figura 6:** Número total de publicações com a palavra chave: “feijão-caupi em testes de vigor”, nas bases de dados Google acadêmico, Scielo e Web of Science, durante o período de 2011 a 2021.



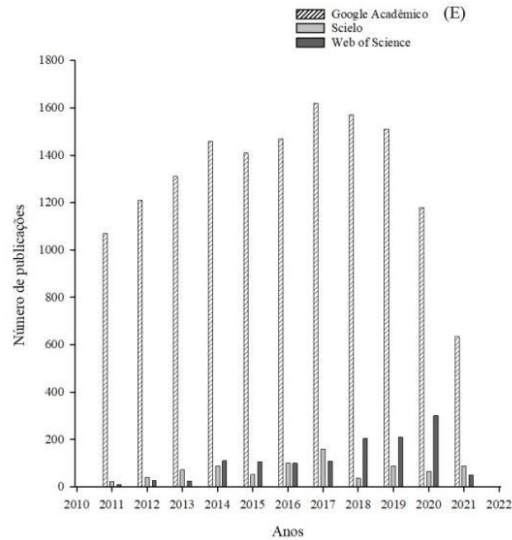
Fonte: Google Acadêmico, Scielo e Web of Science.

Como o feijão-caupi é uma cultura batente consumida no território brasileiro, tendesse a ter mais artigos publicados em sites como o Google acadêmico que consegue englobar variedades de revistas, tanto em inglês e português. Observa que na figura acima o Google acadêmico aumenta cada vez mais o número de artigos durante os anos.

Com relação à expressão “condutividade elétrica em *Vigna unguiculata* L.” se observou que na plataforma Google Acadêmico o número de artigos foi expressivamente superior, contabilizando 14.444 artigos em relação as bases de dados Web of Science e Scielo, as quais registraram 1.251 e 816 artigos, respectivamente (Figura 7).



**Figura 7:** Número total de publicações com a expressão: “condutividade elétrica em *Vigna unguiculata* L., nas bases de dados Google acadêmico, Scielo e Web of Science, durante o período de 2011 a 2021”.

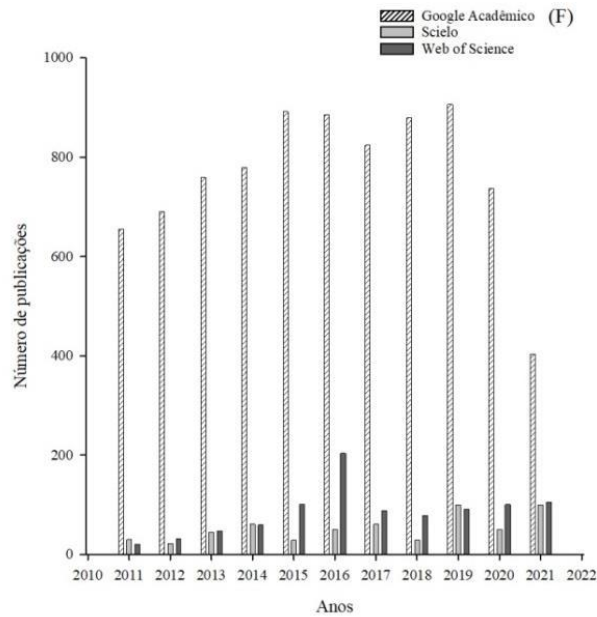


Fonte: Google Acadêmico, Scielo e Web of Science.

Para a condutividade elétrica vimos que houve um aumento no número de publicações de artigos científicos durante o decorrer dos anos, mostrando na figura acima que as pessoas estão a procurar de conhecer, entender e utilizar este método de teste para o feijão-caupi, visando a melhoria cada vez mais.

Quanto a expressão “envelhecimento acelerado em *Vigna unguiculata* L.” o Google Acadêmico também apresentou maior número de artigos, chegando a 8.411, seguido das bases de dados Web of Science e Scielo, com 930 e 578 artigos (Figura 8), respectivamente.

**Figura 8:** número total de publicações com a expressão: envelhecimento acelerado em *vigna unguiculata L.*, nas bases de dados google acadêmico, scielo e web of science, durante o período de 2011 a 2021

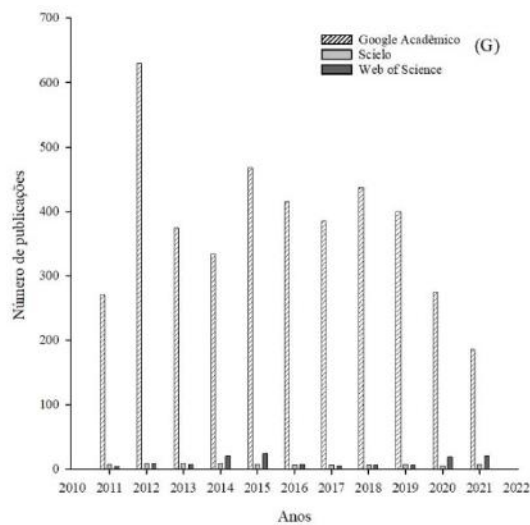


Fonte: Google Acadêmico, Scielo e Web of Science.

O envelhecimento acelerado como mostramos na figura acima, é um dos testes bastante utilizados por ser mais conhecido e apresentar bastaste artigos sobre e assim temos novamente o Google acadêmico liderando na questão de número total de publicações com esta expressão.

Para a expressão “tetrazólio em *Vigna unguiculata L.*” o Google Acadêmico apresentou o maior número de publicações, principalmente no ano de 2012 (Figura 9), seguido da base de dados Web of Science e em terceiro o Scielo.

**Figura 9:** Número total de publicações com a expressão: “tetrazólio em *Vigna unguiculata L.*” nas bases de dados Google acadêmico, Scielo e Web of Science, durante o período de 2011 a 2021.

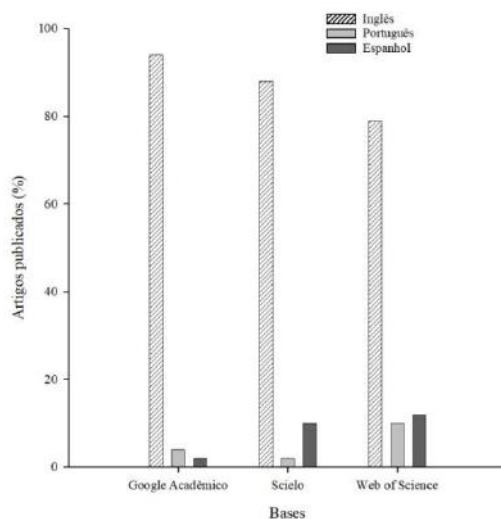


Fonte: Google Acadêmico, Scielo e Web of Science.

O teste de tetrazólio também vem crescendo, por ajudar principalmente na identificação da determinação indireta da atividade respiratória nas células que compõem o tecido das sementes e assim consegue-se classificação do vigor das sementes.

De um modo em geral, ao considerar o idioma empregado na publicação dos artigos, verifica-se que o idioma inglês se destacou nas bases de dados, onde o Google Acadêmico, Scielo e Web of Science apresentaram 94%, 88% e 79% dos artigos publicados em inglês, respectivamente. Por sua vez, os idiomas Português e Espanhol foram pouco empregados nos trabalhos publicados (Figura 10).

**Figura 10:** Porcentagem de artigos publicados com relação aos idiomas com as palavras-chave e expressões: “tetrazólio em feijão-caupi”, “condutividade elétrica em feijão-caupi”, “envelhecimento acelerado em feijão-caupi”, “feijão-caupi em testes de vigor”, “condutividade elétrica em *Vigna unguiculata* L.”, “envelhecimento acelerado em *Vigna unguiculata* L.” e “tetrazólio em *Vigna unguiculata* L.”, nas bases de dados Google Acadêmico, Scielo e Web of Science, durante o período de 2011 a 2021.



Fonte: Google Acadêmico, Scielo e Web of Science.

#### 4. Discussão

Para a maioria dos resultados, o maior número de artigos sobre os testes de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e tetrazólio utilizando o nome científico *Vigna unguiculata* L., foi encontrado na base de dados Google Acadêmico, justamente por ser uma plataforma com mais facilidade de pesquisar e apresentar mais artigos, principalmente em inglês. Por meio das temáticas abordadas foi possível observar um avanço nos estudos sobre os testes de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e tetrazólio em sementes de feijão-caupi. A plataforma Web of Science indicou que as temáticas com o nome popular da cultura “tetrazólio em sementes de feijão-caupi” e “condutividade elétrica em sementes de feijão-caupi”, foram encontradas em maior quantidade nos artigos publicados.

A partir de alguns trabalhos com teste de vigor, envolvendo envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e tetrazólio em sementes de feijão-caupi a Tabela 1, procurou se extrair os principais aspectos pertinentes aos mesmos, visando uma melhor compreensão sobre os fatores estudados.

**Tabela 1:** Tabela Resumo da espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp., mostrando o título dos artigos selecionados para a discussão, ano de publicação, assunto: E.A. (envelhecimento acelerado), C.E. (condutividade elétrica) e T.Z. (Tetrazólio), revista/site de publicação e a referência bibliográfica dos autores.

| Ano  | Título do Artigo   | Assunto   | Revista                                    | Referência Bibliográfica |
|------|--|-----------|--|--------------------------|
| 2011 | Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijão caupi de porte ereto e semi-ereto produzidas em Aquidauana. | E.A       | ANAIS DO ENIC Editora UEMS                 | Santos & Correa          |
| 2014 | Physiological quality of seeds from common landrace beans produced in the west and highlands of the state of.        | E.A       | Revista Ciência Agronômica                 | Michels et al.           |
| 2014 | Efeito latente em sementes de feijão-caupi submetidas à diferentes temperaturas de secagem                           | C.E       | Enciclopédia Biosfera                      | Lima et al.              |
| 2015 | Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp        | C.E e T.Z | Revista Ciência Agronômica                 | Rodrigues et al.,        |
| 2018 | Metodologia para o teste de tetrazólio em sementes de feijão-caupi.  | E.A       | Investigación Agraria                      | Oliveira et al.          |
| 2019 | Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi ( <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp)                 | C.E       | Biblioteca Digital de Trabalhos Acadêmicos | Pinho & Cunha            |

Fonte: Autores.

Ao avaliarem as sementes de feijão-caupi, variedades BRS-Tumucumaque, BRS-Cauamé, BRS-Itaim e BRS Guariba e linhagens MNC03-737F-5-1, MNC03-737F-5-4, MNC03-737F-5-9 e MNC03-737F-5-1, que foram submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, Santos & Correa (2011) verificaram diferenças quanto à qualidade fisiológica das sementes. Observou-se que a cultivar BRS-Itaim mostrou o maior índice de germinação quando submetidas ao teste de envelhecimento acelerado. As sementes de BRS-Itaim germinaram apenas 50% durante o período de sete dias, o que é considerado baixo. Ainda, as sementes de BRS-Tumucumaque e BRS Guaiba apresentaram um maior vigor em relação às sementes da cv. BRS-Cauame. A cultivar BRS-Cauame apresentou baixa qualidade fisiológica após a exposição ao teste de envelhecimento acelerado.

O teste de envelhecimento acelerado cada vez mais vem sendo estudado em sementes de feijão-caupi. Oliveira et al., (2018) ao submeterem sementes de feijão-caupi de dois lotes das cultivares BRS Guariba e BRS Nova Era ao teste de envelhecimento acelerado (42 °C por 48 h), verificaram diferença de qualidade entre os dois lotes da cultivar BRS Nova Era. Já os lotes da cv. BRS Guariba não apresentaram diferenças significativas entre si.

A exposição de sementes de feijão-caupi produzidas em três ambientes distintos de cultivo (Lages, Joaçaba e Anchieta), localizados na região de Santa Catarina, ao teste de envelhecimento acelerado (41 °C por 72 h) indicou diferença na qualidade das sementes entre as três localidades; sendo que as sementes oriundas de Lages, Joaçaba e Anchieta proporcionaram 79,1%; 71,2% e 40,6% de germinação, respectivamente (Michels et al., 2014).

O fator genótipo pode influenciar no teste de envelhecimento acelerado, por isso, deve ser feita a comparação entre lotes de sementes da mesma cultivar, pois algumas cultivares podem apresentar maior estresse. Além deste, o teste pode ser afetado pela temperatura, o período de exposição das sementes, o grau de umidade das sementes e a absorção de água pelas sementes que pode interferir na interpretação dos dados do teste de envelhecimento acelerado (Marcos Filho, 2015).

Por meio do teste de condutividade elétrica, Lima et al. (2014) verificaram que as sementes de feijão-caupi, das cultivares Guariba e Patativa, foram consideradas de baixo vigor por lixiviarem mais solutos no meio aquoso. Já as cultivares

CE315 e Rouxinol por lixiviarem menos, foram consideradas de maior vigor. Valores elevados de condutividade elétrica indicam que as sementes extravasaram mais exsudatos, e são classificadas como sementes de “baixo a médio vigor”; já as sementes com menores valores de condutividade elétrica refletem menor quantidade de lixiviados, e são classificadas de “alto vigor” (Mateus, 2015). Pinho e Cunha (2019) verificaram por meio do teste de condutividade elétrica com sementes de variedades crioulas e de linhagens de feijão-caupi, que o tamanho das sementes influencia no desempenho fisiológico. Os autores observaram que sementes pequenas comparadas com as maiores apresentaram menor vigor com base no peso de matéria seca, há uma relação positiva entre o tamanho da semente e o vigor, ou seja, quanto maior a semente, mais vigorosa ela se torna.

Destaca-se que os resultados do teste de condutividade elétrica podem ser afetados pelos seguintes fatores: qualidade da água, temperatura e a duração do período de embebição, o grau de umidade e a quantidade de número de sementes testadas, genótipo; além do tamanho e da presença de sementes danificadas fisicamente ou atacadas por insetos (Rodrigues et al., 2015).

As sementes de feijão-caupi quando colhidas podem apresentar elevados teores de água, necessitando de secagem para serem armazenadas e garantir a próxima sementeira, visando obter-se uma boa produtividade. Por sua vez, quando as sementes ficam expostas no campo às condições de oscilações de umidade e temperatura do ambiente, ficam sujeitas à perda de qualidade, a qual pode ser avaliada por meio dos testes de condutividade elétrica e tetrazólio.

No teste de tetrazólio avaliam-se as sementes de acordo com a coloração que elas apresentam após a imersão em solução de tetrazólio (Rodrigues et al., 2015). Esta solução se difunde através dos tecidos das sementes, ocorrendo nas células vivas, a reação de redução do sal de tetrazólio, formando um composto vermelho, não difusível, conhecido como trifetilformazan, o qual indica a atividade respiratória nas mitocôndrias e assim, se o tecido é viável, ou seja, se está vivo e conseqüentemente se a semente possui capacidade de germinar. Já os tecidos mortos (ou não viáveis) não reagem com a solução e muitas vezes apresentam uma coloração branca leitosa, e uma consistência mais flácida (Lazarotto et al., 2011).

A coloração adequada consiste naquela que proporciona área da semente totalmente colorida com distinção das estruturas para avaliação. Já as colorações fraca ou forte não são aceitas como padronização, pois ambas não realçam e inibem a diferenciação das estruturas da semente e conseqüentemente impedem sua análise criteriosa, atribuindo resultados errôneos à classificação da semente. O teste de tetrazólio que apresentou um avanço significativo durante os últimos anos pode ser usado como alternativa rápida para determinação do vigor e da viabilidade, informações que são úteis no decorrer do processo decisório de compra e manuseio de semente, no apoio ao trabalho de controle de qualidade, por diagnosticar as causas das possíveis perdas (França Neto & Krzyanowski, 2018).

Segundo o MAPA (2009) a classificação da viabilidade das sementes de feijão-caupi pode ser interpretada por meio da localização e intensidade da coloração dos tecidos embrionários, de maneira que as sementes possam ser classificadas em viáveis vigorosas, viáveis não vigorosas e não viáveis. Portanto, o teste de tetrazólio consegue discriminar os lotes de sementes não só quanto a sua viabilidade, mas também quanto a classificação do vigor.

Além de avaliar diferentes concentrações da solução de tetrazólio, pode se estudar também diferentes temperaturas de incubação, ou seja, verificar a temperatura que a semente deve ficar em contato com a solução de tetrazólio, para que a coloração seja mais bem observada. Dentro desse contexto, Rodrigues et al. (2015) utilizando as concentrações de 0,05; 0,075 e 0,01% da solução de tetrazólio e as temperaturas de incubação de 35 e 40 °C por 90, 150 e 210 minutos, verificaram que a concentração de 0,05% e o período de 210 minutos (40 °C), foram as melhores condições para se avaliar e identificar a qualidade fisiológica das sementes.

Considera-se que os resultados do teste de tetrazólio dependem da determinação indireta da atividade respiratória nas células que compõem o tecido das sementes. As sementes de tecido vigoroso quando submetidas ao teste apresentam coloração vermelho carmim claro; quando o tecido está em deterioração a coloração é um vermelho mais intenso e quando o tecido não é

viável, a coloração é branca, pois a redução do sal não ocorre no tecido morto. As diferenças de cor juntamente com o conhecimento de diversas características das sementes permitem a determinação da presença, da localização e da natureza dos distúrbios que podem ocorrer nos tecidos embrionários (Lemos, 2015).

Os danos de secagem, de estresse hídrico e de geada podem também ser facilmente identificados pelo teste de tetrazólio. Através do elevado índice de adoção deste teste no Brasil, visto que aponta os problemas de redução de qualidade da semente, quando realizado em etapas diferentes no sistema de produção, podem-se identificar os pontos de origem desses problemas, permitindo que ações corretivas sejam adotadas, resultando na produção de sementes de alta qualidade (Michels et al., 2014).

## 5. Considerações Finais

Ao pesquisar, quantificar e qualificar os artigos científicos relacionados aos testes de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e tetrazólio em sementes de feijão-caupi, publicados nas bases de dados Google Acadêmico, Scielo e Web of Science, verificou-se que as expressões utilizadas abrangeram muitas publicações científicas, indicando que o assunto vem sendo bem procurado na atualidade. Ainda, a base de dados que mais apresentou artigos publicados com a temática envelhecimento acelerado *Vigna unguiculata* L.; condutividade elétrica *Vigna unguiculata* L.; tetrazólio *Vigna unguiculata* L. e feijão-caupi em testes de vigor foi a Google Acadêmico, por ser uma plataforma simples e de fácil acesso, diferente das plataformas Scielo e Web of Science. Já as temáticas tetrazólio em sementes de feijão-caupi, envelhecimento acelerado em sementes de feijão-caupi e condutividade elétrica em sementes de feijão-caupi foram encontrados em maior quantidade nos artigos publicados principalmente na base de dados Web of Science.

O conhecimento da qualidade fisiológica das sementes é fundamental quando se visa o semeio da próxima safra, pois a mesma irá interferir no estabelecimento do estande de plantas, assim os testes de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e tetrazólio contribuem notoriamente na classificação do vigor das sementes.

Por ocasião da avaliação das sementes de feijão-caupi que serão submetidas aos testes de vigor envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e tetrazólio, deve-se ter consciência que são vários os fatores que influenciam nos resultados; não só o genótipo e os aspectos da própria metodologia, mas também as condições das sementes e o manejo pré e pós-colheita.

Os trabalhos a serem realizados, para os testes de vigor, deverão possuir pelo menos de quatro a cinco lotes por cultivar, visando retratar de maneira mais fidedigna o efeito do componente genético sobre a qualidade fisiológica das sementes. Mais pesquisas devem ser desenvolvidas com o propósito de avaliar os vários fatores que podem interferir nos resultados dos testes de vigor envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e tetrazólio, destacando-se: nutrição da planta mãe ou fertilidade do solo; irrigação; espaçamento; sistema de cultivo; momento e tipo de colheita; secagem; beneficiamento; embalagem, condições e períodos de armazenamento; tratamentos fungicidas, inseticidas ou com atenuadores de estresse.

## Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e por ter conseguido chegar até aqui, aos meus pais Lucilene e Júlio por todo amor e carinho, aos familiares pela ajuda. Agradeço também á Monalisa Alves minha orientadora de graduação que tenho um grande carinho e por todos os ensinamentos, aos meus colegas Joyce e Rafael por fazer parte e contribuir neste artigo, à Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST) por proporcionar ensino de qualidade e a Guilherme Cruz por me apoiar.

## Referências

- Association Of Official Seed Analysts – AOSA (1983). *Seed vigor testing handbook. Stillwater: Seed Vigor Test Committee of the Association of Official Seed Analysts*. 93 p. (AOSA. Contribution to the Handbook on Seed Testing, 32).
- Brasil. Decreto N° 10.586 (2020) regulamenta a Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. Art. 1° e Art. 3°. [https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.586-de-18-de-dezembro-de-2020-295257581?\\_ga=2.106800451.1760483385.1611854684-94128588.1602617020](https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.586-de-18-de-dezembro-de-2020-295257581?_ga=2.106800451.1760483385.1611854684-94128588.1602617020).
- Chagas, J. T. B., et al. (2018). GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES CRIOLAS DE FEIJÃO-CAUPI. *AGRARIAN ACADEMY, CENTRO CIENTÍFICO CONHECER - GOIÂNIA, V.5, (9); P 487*.
- Delouche, J. (2002). Germinação, deterioração e vigor da semente. *Revista Seed News, 6(6), p.24-31*.
- França Neto, J. B., & Krzyzanowki, F.C (2018). *Metodologia do teste de tetrazólio*. Londrina: Embrapa Soja. PDF (108 p.): il. (Documentos/Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n.406). [https://Doc-406-OL.pdf\(embrapa.br\)](https://Doc-406-OL.pdf(embrapa.br)).
- Franco, D. F., Magalhaes Junior, A. M., Vaz, C. F., & Ribeiro, P. G (2013). *Testes de Vigor em Sementes de Soja*. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS.
- Fré, M. (2015). *Avaliação da germinação, viabilidade e vigor de sementes de Calophyllum brasiliense Camb.* Monografias (Trabalho de Conclusão de Curso), p.63. Curso de Agronomia. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina.
- Grupo Anima Educação. (2014). *Manual Revisão Bibliográfica Sistemática Integrativa: a pesquisa baseada em evidências*. Belo Horizonte: Grupo Anima Educação.
- Grzybowski, C. R. S., Vieira, R. D., & Panobianco, M. (2015). Stress testing in the evaluation of vigor in maize seed. *Revista Ciência Agronômica, v. 46, (3), p. 590-596*.
- Hepburn, H. A., Powell, A. A., & Matthews, S. (1984). Problems associated with the routine application of electrical conductivity measurements of individual seeds in the germination testing of peas and soybeans. *Seed Science and Technology, v.12, (3), p.403-13*.
- Lazarotto, M, Piveta, G., Muniz, M. F. B., & Reiniger, L. R. S (2011). Adequação do teste de tetrazólio para avaliação da qualidade de sementes de *Ceiba speciosa*. *Semina: Ciências Agrárias, 32, (4), p. 1243-1250*.
- Lemos, B. S. (2015). *Teste de tetrazólio para avaliação de sementes em feijão caupi: concentração do sal e período de coloração*. 2015. 29f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- Lima, M. L., Cunha, J. P. B., Reis, R. C., Faria, R. Q., & Teixeira, I. R (2014). Efeito latente em sementes de feijão-caupi submetidas à diferentes temperaturas de secagem. *Enciclopédia Biosfera, v. 7, (13), 8p*.
- Mateus, A. M (2015). *Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi [Vigna unguiculata (L.) Walp.] pelo teste de condutividade elétrica*. 27f. Monografia (Bacharelado em Agronomia). Universidade de Brasília-UnB. Brasília, 2015.
- Marcos Filho, J (2015). *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Londrina: ABRATES. 659 p.
- Ministério da Agricultura, Pecuária E Abastecimento – MAPA (2009). *Regras para análise de sementes*. Brasília, Brasil: MAPA/ACS. 395 p. 2.
- Michels, A. F., Souza, C. A., Coelho, C. M. M., & Zilio, M (2014). Physiological quality of seeds from common landrace beans produced in the west and highlands of the state of. Santa Catarina, Brasil. *Revista Ciência Agronômica, v. 45, ( 3), p. 620-632*.
- Oliveira, G. P., Camili, E. C., & Morais, O. M (2018). Metodologia para o teste de tetrazólio em sementes de feijão-caupi. *Investigación Agraria, 20, (2), p. 110-117*.
- Pinho, A. C., & Cunha, P. S. J. (2019). *Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de Feijão-Caupi (Vigna unguiculata (L.) Walp)*. Monografia (Bacharelado em Agronomia). Orientadora: Denmora Gomes de Araújo. 2019. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, PA.
- Rodrigues, A. P. M. S. Mendonça Filho, A. F., Torres, S. B., Nogueira, N. W., & Freitas, R. M. O (2015). Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Vigna unguiculata (L.) Walp*. *Revista Ciência Agronômica, v. 46, (3), p. 638-644*.
- Santos, A., & Correa, A. M (2011). Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijão caupi de porte ereto e semi-ereto produzidas em Aquidauana, MS. *ANAIS DO ENIC*. Editora UEMS. n°3 2011. <https://anaisonline.uems.br/index.php/enic/article/view/1427>.
- Santos, J. F. (2013). Produtividade de cultivares de feijão-caupi no Agreste Paraibano. *Tecnologia. & Ciência Agropecuaria., 7, (4), p. 31-36*.
- Silva, C. B., Lopes. P. K. F., Oliveira, C. A. V. M., Rodrigues, M. A., & Vieira, R. D (2011). Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de grama-bermuda. *Revista Brasileira de Sementes, 32, ( 2) p. 102-107*.