


**JANINE FARIAS MENEGAES
RAQUEL STEFANELLO
UBIRAJARA RUSSI NUNES
ORGANIZADORES**

Sementes

**FOCO EM PESQUISA SOBRE
QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA
VOLUME II**



2024



Janine Farias Menegaes
Raquel Stefanello
Ubirajara Russi Nunes
Organizadores

**Sementes: foco em pesquisa sobre
qualidade fisiológica e sanitária**
Volume 2



Pantanal Editora

2024

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com.

Revisão: O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos

Profa. MSc. Adriana Flávia Neu

Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior

Profa. MSc. Aris Verdecia Peña

Profa. Arisleidis Chapman Verdecia

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva

Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo

Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu

Prof. Dr. Carlos Nick

Prof. Dr. Claudio Silveira Maia

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos

Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva

Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos

Prof. MSc. David Chacon Alvarez

Prof. Dr. Denis Silva Nogueira

Profa. Dra. Denise Silva Nogueira

Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão

Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves

Prof. Me. Ernane Rosa Martins

Prof. Dr. Fábio Steiner

Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza

Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez

Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles

Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira

Prof. MSc. Javier Revilla Armesto

Prof. MSc. João Camilo Sevilla

Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales

Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski

Prof. MSc. Lucas R. Oliveira

Prof. Dr. Luciano Façanha Marques

Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela

Prof. Dr. Leandro Argente-Martínez

Profa. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa

Marchesan

Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann

Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior

Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos

Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla

Profa. MSc. Mary Jose Almeida Pereira

Profa. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes

Profa. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira

Profa. Dra. Patrícia Maurer

Profa. Dra. Queila Pahim da Silva

Prof. Dr. Rafael Chapman Auty

Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke

Prof. Dr. Raphael Reis da Silva

Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes

Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)

Instituição

OAB/PB

Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã

UO (Cuba)

IF SUDESTE MG

Facultad de Medicina (Cuba)

ISCM (Cuba)

UFESSPA

UEA

UNEMAT

UFV

AJES

UFGD

UEMS

IFPA

UNICENTRO

IFMT

UFMG

URCA

ISEPAM-FAETEC

IFG

UEMS

UFF

(Colômbia)

UNAM (Peru)

IFRR

UCG (México)

Rede Municipal de Niterói (RJ)

UNMSM (Peru)

UFMT

SED Mato Grosso do Sul

UEMA

IFPR

Tec-NM (México)

Consultório em Santa Maria

UFJF

UEG

FAQ

UNAM (Peru)

SEDUC/PA

IFB

IFPA

UNIPAMPA

IFB

UO (Cuba)

UFMS

UFPI

UFG

UEMA

Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos IFB
MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca UFPI
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira FURG
Profa. Dra. Yilan Fung Boix UO (Cuba)
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme UFT

Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Catalogação na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

S471

Sementes: foco em pesquisa sobre qualidade fisiológica e sanitária – Volume 2 / Organização de Janine Farias Menegaes, Raquel Stefanello, Ubirajara Russi Nunes. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2024. 156p.

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-28-0

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756280>

1. Sementes. I. Menegaes, Janine Farias (Organizadora). II. Stefanello, Raquel (Organizadora). III. Nunes, Ubirajara Russi (Organizador). IV. Título.

CDD 631.521

Índice para catálogo sistemático

I. Sementes



Pantanal Editora

Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

O e-book **Sementes: foco em pesquisa sobre qualidade fisiológica e sanitária – volume 2** de publicação da Pantanal Editora, apresenta, em seus treze capítulos, os resultados de pesquisas desenvolvidas ao longo dos últimos anos de várias instituições de ensino como a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) a Universidade Federal do Paraná (UFPR) e a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) Campus Botucatu, todas com participação direta dos acadêmicos de graduação e de pós-graduação.

Sabendo que as pesquisas na Área de Sementes são essenciais para uma agricultura de baixo impacto ambiental e aumento da produtividade, nosso trabalho visa contemplar as necessidades de desenvolvimento do Setor Agrônômico Brasileiro. Aproximando o **produtor** da **ciência**, para que ambos obtenham sucesso na aplicabilidade desse conhecimento no **campo**, de forma a promover um manejo sustentável e rentável ao meio rural.

Ótima leitura e atentiosamente,

Janine Farias Menegaes

Raquel Stefanello

Ubirajara Russi Nunes

...

Quem cultiva a semente do amor
Segue em frente e não se apavora
Se na vida encontrar dissabor
Vai saber esperar a sua hora


...

(Madureira, Bernini & Pilares)

Sumário

Apresentação	4
Capítulo I	7
Introdução: principais aspectos na qualidade de sementes (revisão)	7
Capítulo II	25
Nutrição mineral de plantas e qualidade fisiológica de sementes: uma análise científica.....	25
Capítulo III	44
Componentes de produtividade de sementes de nabo-forrageiro em diferentes épocas de colheita ..	44
Capítulo IV	54
Embebição e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja	54
Capítulo V	65
Mancha-púrpura na qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja.....	65
Capítulo VI	74
Qualidade fisiológica e sanitária e patogenicidade de sementes de sorgo-sacarino	74
Capítulo VII	88
Ácido salicílico na germinação de sementes de trevo-persa.....	88
Capítulo VIII	98
Efeitos do estresse salino na germinação de sementes de aveia-branca.....	98
Capítulo IV	107
Radiação ultravioleta (UV-B) na germinação de sementes de aveia-branca	107
Capítulo X	117
Óxido de grafeno na germinação de sementes de aveia-branca	117
Capítulo XI	127
Germinação de sementes de <i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal sob efeito da embebição com ácido giberélico	127
Capítulo XII	135
Morfologia das sementes e sua relação com a presença de <i>Fusarium</i> spp.....	135
Capítulo XIII	144
Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de cártamo armazenadas por diferentes períodos	144
Sobre os organizadores	155
Índice Remissivo	156

Nutrição mineral de plantas e qualidade fisiológica de sementes: uma análise científica

 10.46420/9786585756280cap2

Nathália Cristina Marchiori Pereira 
Gustavo Roberto Fonseca de Oliveira 

INTRODUÇÃO

Tente imaginar um mundo sem agricultura. Provavelmente, ainda estaríamos vivendo como os hominídeos do período paleolítico, nômades, coletando e caçando para poder sobreviver. Certamente, nossos cérebros continuariam primitivos e nem teríamos chegado tão longe como civilização. Existe uma possibilidade de nunca termos viajado para a lua, se alguém, algum dia, não tivesse pensado em cultivar o próprio alimento. Mas há mais ou menos 10.000 anos tudo mudou, e a semente se tornou “o elemento modificador da história do homem”, quando a relação semente-planta foi enfim compreendida (Carvalho & Nakagawa, 2012).

Essas reflexões, ainda que pareçam hipotéticas, nos mostram que a importância das sementes é indiscutível, pois consideradas como “a pedra fundamental da civilização”, elas servem de provisão para humanos e animais, para a propagação de espécies, e como material de pesquisa para os mais diversos domínios do conhecimento (Carvalho & Nakagawa, 2012). Mas, quando se trata das atividades agrícolas, é importante ter uma visão holística dos sistemas de produção, e no que tange esse assunto, a nutrição mineral das plantas tem grandes impactos na qualidade das sementes, mais especificamente, na qualidade fisiológica. As informações desse vínculo existem, mas não estão totalmente conectadas, assim surge a ideia de reuni-las em um capítulo único. Adicionalmente, ao final deste referencial teórico, um resumo gráfico de todo o conteúdo abordado estará disponível.

Pelos critérios de essencialidade, os nutrientes são insubstituíveis e necessários para que as plantas completem seu ciclo de vida e, na sua falta, as manifestações das deficiências não irão comprometer somente a fisiologia vegetal, mas, conjuntamente prejudicar a produtividade das culturas, inclusive nos termos qualitativos. É possível lançar mão de algumas técnicas, como a adubação convencional com insumos sintéticos ou orgânicos ou outras mais recentes e inovadoras, para melhorar a nutrição das plantas, e pelo efeito cascata obter sementes mais vigorosas, com melhor performance em campo.

Face ao contexto apresentado, objetiva-se com esta revisão responder à seguinte pergunta: “O que se entende por qualidade fisiológica de sementes e qual sua ligação com a nutrição mineral das plantas?”. Para tanto, alguns conceitos e definições serão elucidados, e, à luz do saber atual, também será

discutido como o fluxo de assimilados afeta a formação e a maturação das sementes, e como os nutrientes são armazenados e mobilizados durante o processo germinativo. Outrossim, suas funções e efeitos, sejam eles relacionados aos parâmetros de vigor, características morfológicas ou resistência aos estresses bióticos e abióticos, bem como as repercussões de algumas práticas agrônômicas que como resultado obtêm sementes com desempenho superior, serão, de mesmo modo, abordados.

MATERIAL E MÉTODOS

A revisão de literatura, peça fundamental na escrita de textos científicos, estabelece uma linha de raciocínio que guia os leitores a tirarem suas próprias conclusões sobre um determinado assunto (Dorsa, 2020). Sendo escrita a partir de leituras aprofundadas das publicações já existentes, ela informa, de maneira totalmente imparcial, o estado da arte e as lacunas de conhecimento que coexistem acerca de um tema (Brizola & Fantin, 2016). Isso posto, a elaboração deste compêndio fundamentou-se em artigos revisados por pares, boletins, comunicados técnicos, livros, entre outros trabalhos, todos selecionados de acordo com temática delimitada, conforme sugerido por Lakatos e Marconi (2010) e Pereira et al. (2018).

O processo de curadoria desse material bibliográfico, dividido em levantamento e coleta, foi feito de forma sistemática e metódica, em sites eletrônicos de pesquisa e bases de dados, como Elsevier, Google Acadêmico, Portal de Periódicos CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), SciELO (Scientific Electronic Library Online), Science Direct, Web of Science e repositórios de universidades federais e estaduais, utilizando palavras-chaves em português e inglês, como qualidade de sementes, qualidade fisiológica de sementes, fisiologia de sementes, metabolismo mineral, nutrição de plantas, macronutrientes, micronutrientes, “*seed quality*”, “*seed physiology*” e “*plant nutrition*”.

REVISÃO DE LITERATURA

O que se entende por qualidade fisiológica de sementes e qual sua ligação com a nutrição mineral de plantas?

O sucesso de todo e qualquer cultivo, das espécies propagadas de forma não vegetativa, começa pela semente. Portadora do potencial de êxito da produção agrícola e da manutenção dos ecossistemas, seus bons atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários são os alicerces do desenvolvimento das plantas (França Neto et al., 2016), e que, em conjunto, formam a chamada e muito conhecida “qualidade de sementes”, como definida por Marcos Filho (2015). No Brasil, há legislação que regula e padronizada esses parâmetros para a comercialização das sementes, por meio de testes específicos e normas rígidas, tamanha sua importância (Brasil, 2009; Nascimento, 2013). Por consequência, tudo isso faz com que elas se diferenciem de grãos comuns destinados para o consumo (Krzyzanowski, França Neto & Henning, 2018) e sejam o objeto de constantes estudos por parte do setor sementeiro.

Os aspectos genéticos da semente estão ligados à pureza genética e às características intrínsecas das variedades e cultivares, por vezes adquiridas através das técnicas de melhoramento (Menten et al.,

2006). Já a ausência de sementes de outras espécies, material inerte e danos mecânicos caracteriza a pureza física e varietal de um lote. Para cada cultura são estipulados valores aceitáveis de impurezas, conforme publicado nas Regras para Análise de Sementes pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (Brasil, 2009). Por sua vez, a propriedade sanitária refere-se à sanidade das sementes, visto que a contaminação por patógenos, como as bactérias, fungos, insetos, nematoides e vírus, prejudicam sua qualidade e impactam sua fisiologia e estabelecimento nos ambientes agrícolas (Henning, 2014). E por último, a qualidade fisiológica, é compreendida como a capacidade da semente em desempenhar suas funções vitais (Popinigis, 1997). Ela reflete a aptidão das sementes em gerar novas e vigorosas plantas, e pode ser avaliada pelos testes de germinação e vigor (Malagutti, 2022), ambos intimamente correlacionados e complementares (Ohlson et al., 2010; Piva, 2017).

Em síntese, o teste de germinação consiste em avaliar a viabilidade e o desenvolvimento das estruturas fundamentais do embrião na formação de plântulas, normais ou anormais, sob condições ambientais favoráveis (Nakagawa, 2020; Schuch, Kolchinski & Cantarelli, 2008; Brasil, 2009). Os testes de vigor possuem o mesmo objetivo, no entanto, diferem-se pela condição de estresse em que as sementes são submetidas (Vieira & Rava, 2000) e por identificar manifestações do comportamento dos processos fisiológicos (Silva et al., 2019). Por esse motivo, dividem-se, a título de exemplos, em teste de tetrazólio, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, velocidade de emergência, entre outros (Brasil, 2009). Ainda, pode-se afirmar que são avaliações que reúnem o potencial de desempenho das sementes no campo que é fundamental para produção agrícola (Cunha Filho, 2022).

Os impactos e os prejuízos da baixa qualidade fisiológica são inúmeros e diversos. A desuniformidade na velocidade e na percentagem de germinação e de emergência (TeKrony & Egli, 1991), e o menor tamanho inicial, área foliar e matéria seca de plântulas são alguns exemplos (Schuch, Kolchinski & Finatto, 2009; Dias, Mondo & Cicero, 2010). Em alguns casos, a ressemeadura ou substituição da cultura no campo podem ser necessários (Coelho, Martins & Santos, 2019). Em contrapartida, lavouras originadas a partir de sementes com maior qualidade fisiológica apresentam rendimentos superiores ao final do ciclo. A vantagem inicial conferida pela rápida emergência, mesmo que de poucos dias, permite que as plântulas se desenvolvam de forma mais acelerada e tenham maior capacidade de competir pelos recursos do ambiente, como água, luz e nutrientes (Merotto Júnior et al., 1999; França Neto et al., 2016). Como reforçam Krzyzanowski et al. (2018), o estabelecimento de um bom estande de plantas relaciona-se diretamente com altas produtividades.

Os quatro pilares que abarcam a qualidade das sementes possuem o mesmo grau de importância, todavia, é o atributo fisiológico que tem recebido maior atenção nas pesquisas (Marcos Filho, 2013), dado suas implicações e uma vez que ele pode ser alterado por condições climáticas, fertilidade do solo, circunstâncias nutricionais, armazenamento, transporte e tratamento das sementes (Ludwig, 2016; Nakao et al., 2018; Malagutti, 2022). Nesse sentido, a aplicação dos testes de vigor tem aumentado no setor de

sementes, não somente pela sua rapidez, mas, também pela confiabilidade de seus resultados (Nunes, 2016).

Segundo Delouche (1981) e Fageria et al. (2009), para se obter sementes de alta qualidade fisiológica é indispensável o fornecimento de nutrientes provindos dos tecidos maternos e primariamente do solo. É nesse ponto que a Tecnologia de Sementes se encontra com as ciências da Fertilidade do Solo e da Nutrição Mineral. De forma metafórica, ambas as áreas do conhecimento agrônômico são engrenagens que funcionam em conjunto e simultaneamente na agricultura moderna. Plantas-matrizes bem nutridas produzem mais e melhor, em quantidade e qualidade (Amaro et al., 2020). Suas sementes são capazes de resistir mais facilmente às adversidades (Sá, 1994), porque acumulam mais minerais e compostos de reserva (Ramos, 2021), o que se traduz em um maior número de reações metabólicas e funcionamento fisiológico elevado (Bono et al., 2008). Em especial, para sobreviver no estado seco por longos períodos em com máximo desempenho (Leprince et al., 2017).

Neste ciclo produtivo de acontecimentos coexistentes, sementes oriundas de bons campos de produção irão gerar plantas mais vigorosas, que, por conseguinte darão origem a sementes melhores. Por isso, muita atenção deve ser dada à disponibilidade de nutrientes no solo, de modo a se obter maiores produtividades e sementes de melhor qualidade fisiológica (Carvalho & Nakagawa, 2012). Contudo, parcimônia, harmonia e equilíbrio são necessários, pois, a adubação deve levar em conta a dose correta, a forma e local de aplicação, e o momento certo para ser eficiente (Carvalho & Nakagawa, 2012; Todeschini et al., 2016).

Fisiologia e desenvolvimento de sementes em função do metabolismo mineral

O ciclo de vida dos vegetais gira em torno do solo e todos os seus componentes. Para que a fotossíntese se inicie e a planta tenha energia suficiente para se desenvolver e produzir, além da luz solar, ela necessita de minerais, água e ar. Uma vez fornecidos, seu metabolismo é acionado, e todas as reações envolvendo os nutrientes e a formação de substâncias orgânicas acontecem (Primavesi, 2016; Taiz et al., 2017). O mesmo é válido para as sementes. Sua fisiologia e desenvolvimento, que compreende os eventos de formação, maturação e germinação, dependem dessa disponibilidade energética (Carvalho & Nakagawa, 2012).

De forma resumida e simplificada, conforme explicam Carvalho e Nakagawa (2012), a **formação das sementes** se inicia após a fecundação do óvulo pelo gametófito masculino. Já nesse ponto, existem vários nutrientes que podem ser citados que atuaram anteriormente para que isso fosse possível, destacando-se por exemplo o boro. A floração, germinação do grão de pólen e o crescimento do tubo polínico são muito dependentes desse elemento (Prado, 2020). Em seguida, durante a **maturação** do embrião recém-formado, os assimilados vão sendo translocados à medida que o enchimento das sementes acontece. Nessa ocasião, segundo Sá (1994), os nutrientes podem afetar o peso e o tamanho das sementes, embora esses efeitos variem em função das condições do ambiente e do potencial genético

das cultivares. Ao final, quando atingem a maturidade, em termos de alterações bioquímicas, físicas, fisiológicas e morfológicas (Feliceti et al., 2020) interpostas pelos nutrientes acumulados, elas entram em um processo natural de rápida desidratação, marcando o momento da colheita (Carvalho & Nakagawa, 2012). Quaisquer desequilíbrios nessas fases acarretam distúrbios fisiológicos nas sementes (Santos, 2016). Em contraponto, boas práticas de manejo da fertilidade do solo podem melhorar sua qualidade fisiológica (Rodrigues et al., 2015), seu rendimento (Amaro et al., 2020), metabolismo, composição química e vigor (Carvalho & Nakagawa, 2012), desde que bem fundamentadas e usadas com ponderação.

Mas, as funções dos nutrientes não se limitam a esses acontecimentos. A estrutura das sementes, formada basicamente por tegumento, embrião e endosperma (exemplo: sementes de milho (*Zea mays* L.)), também conta com os mesmos minerais que são encontrados em outras partes das plantas na sua composição (Carvalho & Nakagawa, 2012), especialmente na constituição de membranas e no acúmulo de reservas, como carboidratos, lipídeos, proteínas, entre outras moléculas biologicamente ativas da unidade funcional (Teixeira et al., 2005; Mondal & Bose, 2019).

Apesar das definições existentes não contemplarem toda a complexidade dos fenômenos necessários para constituir a qualidade de sementes, é de conhecimento que a *germinação* é igualmente influenciada pelo conteúdo mineral dos cotilédones (Carvalho & Nakagawa, 2012). Na esfera bioquímica, após sofrer ação da enzima fitase, a fitina, uma importante fonte de fosfato, cálcio, magnésio e potássio nas sementes, libera esses nutrientes durante a germinação para suprir as necessidades exigidas (Lott, Greenwood & Batten, 1995). Outro exemplo, que pode ser citado é o zinco (Zn). Estudos demonstraram ganhos na germinação mediante a aplicação desse nutriente, por conferir osmocondicionamento às sementes, isto é, regulação da velocidade de absorção de água no momento da embebição, uma subdivisão dos processos germinativos (Marcos Filho & Kikuti, 2008). Ademais, outros nutrientes podem ser ativadores enzimáticos e favorecer a germinação e a emergência das plântulas, como o próprio Zn, novamente o boro (B), e o manganês (Mn) (Mondal & Bose, 2019).

O que há na literatura sobre esta relação entre nutrientes, plantas e sementes?

Após passarem pelo crivo dos chamados “critérios de essencialidade”, alguns elementos químicos tornaram-se “nutrientes de plantas”, em razão de desempenharem funções significativas e não poderem ser substituídos no metabolismo vegetal. É válido ressaltar que tanto a insuficiência como o excesso de algum deles, acontecendo de forma isolada ou simultânea, causam sérios distúrbios fisiológicos, deixando as plantas mais suscetíveis a condições estressantes e fazendo com que produzam menos (Santos, 2016). Em contrapartida, o fornecimento adequado é capaz de suprir a demanda nutricional, melhorar a emergência e estabelecimento no campo, produzir mais e lograr grãos de melhor valor energético alimentar e sementes com qualidade fisiológica superior para novos ciclos produtivos (Farooq, Wahid & Siddique, 2012).

Atualmente, a academia considera dezessete elementos como nutrientes, divididos em macronutrientes, a saber, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), cuja exigência é expressa em g kg^{-1} de matéria seca, micronutrientes, ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), boro (B), cloro (Cl), molibdênio (Mo) e níquel (Ni), requeridos em mg kg^{-1} de matéria seca, e macronutrientes orgânicos, que são os elementos estruturais constituintes da matéria orgânica, carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O), também exigidos em g kg^{-1} de matéria seca (Prado, 2020). Há ainda alguns elementos traços, requeridos em quantidade ínfimas, mas que atuam nas plantas, como bário (Ba), bromo (Br), céσιο (Cs), flúor (F), iodo (I), lantânio (La), chumbo (Pb), tório (Th), zircônio (Zr), entre outros, e uma outra categoria, a dos elementos benéficos, como o cobalto (Co), selênio (Se), silício (Si) e sódio (Na), assim chamados pois de alguma forma estimulam o crescimento das plantas, mas que por algum motivo não atendem aos critérios de essencialidade (Primavesi, 2022).

Como o intuito aqui é estabelecer uma conexão entre a nutrição das plantas com a formação e o desempenho das sementes, o Quadro 1 foi elaborado para reunir e resumir as principais funções dos nutrientes relacionadas a esses quesitos.

Quadro 1. Funções dos nutrientes ligadas à fisiologia, metabolismo, desenvolvimento e qualidade de sementes e plântulas. Fonte: os autores.

Nutriente	Funções nas sementes e nas plântulas
Nitrogênio (N).	Desempenha função estrutural como parte de proteínas, ácidos nucleicos, enzimas, vitaminas e pigmentos, e participa ativamente dos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração e multiplicação celular (Malavolta, 1980). Sua deficiência reduz o número de flores e, por consequência, o número de grãos a serem formados, e diminui o conteúdo de clorofila nas plântulas, resultando em baixa atividade fotossintética (Prado, 2020).
Fósforo (P).	Tem função estrutural, ao integrar ácidos nucleicos, carboidratos, coenzimas e fosfolipídios, e desempenha papel importante nos processos de absorção de outros nutrientes, armazenamento e transferência de energia, fotossíntese, multiplicação de células e síntese de outros compostos (Malavolta, 1980). Sua carência leva ao baixo florescimento (Prado, 2020).
Potássio (K).	Sendo um importante ativador enzimático, é atuante no transporte de carboidratos, na síntese proteica e na expansão celular (Prado, 2020). Sua deficiência enfraquece as membranas celulares (Malavolta, 1984).
Cálcio (Ca).	Desempenha função estrutural, em alguns sais e proteínas, e de ativação enzimática. Auxilia na absorção iônica e compõe membranas, conferindo-lhes estabilidade e bom funcionamento (Malavolta, 1980). Plantas com acesso restrito a esse nutriente produzem poucas sementes (Prado, 2020).

Nutriente	Funções nas sementes e nas plântulas
Magnésio (Mg).	Participa dos processos de absorção iônica, ativação enzimática, armazenamento e transferência de energia, respiração, transporte de fotoassimilados, além de destacar-se como o átomo central da molécula de clorofila. Sua deficiência induz a redução das atividades fotossintéticas e as reservas das sementes, como óleos e proteínas (Malavolta, 1980; Prado, 2020; Geng et al., 2021). A disponibilidade adequada favorece a produção de sementes mais longevas (Silva et al., 2022).
Enxofre (S).	Compõe proteínas, vitaminas e sulfolípídeos formadores de membranas, e tem função enzimática, podendo ainda atuar nos processos de fotossíntese e respiração (Malavolta, 1980; Prado, 2020). Sua deficiência reduz o florescimento e a fotossíntese (Prado, 2020).
Ferro (Fe).	É essencial na síntese de proteínas, biossíntese de clorofila, ativação de enzimas e no processo de respiração; papéis que, ao serem somados à sua função estrutural, como parte de proteínas que influenciam na fotossíntese, surtem grandes efeitos nos processos fotossintéticos e de trocas gasosas (Prado, 2020).
Manganês (Mn).	Está ligado aos sistemas enzimáticos, seja como constituinte ou como ativador. Os processos de absorção de outros nutrientes, fotossíntese, síntese de proteínas e respiração estão sujeitos à sua disponibilidade e intervenção (Malavolta, 1980; Prado, 2020).
Zinco (Zn).	Exerce influência sobre a atividade de várias enzimas e faz parte de algumas delas. De forma geral, opera na síntese de proteínas e do ácido indolacético (Malavolta, 1980), um importante fitohormônio que regula a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas (Carvalho & Nakagawa, 2012). Ademais, pode aumentar a germinação, emergência de plântulas, estabelecimento de bons estandes e acúmulo de matéria seca, e melhorar o vigor e a eficiência no uso da água (Mondal & Bose, 2019).
Cobre (Cu).	É constituinte de algumas enzimas e um importante ativador enzimático. Por ser um elemento de transição, tal qual o ferro, está intimamente ligado aos processos de oxirredução, como a fotossíntese e a respiração (Malavolta, 1980; Prado, 2020).
Boro (B).	A síntese da parede celular, integridade das membranas e o transporte de carboidratos estão entre suas principais funções, assim como o processo reprodutivo. A germinação do grão de pólen e o desenvolvimento do tubo polínico, eventos importantes no momento da fecundação das flores, são muito dependentes de sua disponibilidade; o que explica o número reduzido de

Nutriente	Funções nas sementes e nas plântulas
Cloro (Cl).	sementes ou a “síndrome do coração oco” (sementes mal-formadas), quando em situações de deficiência (Mondal & Bose, 2019; Prado, 2020). Nas plantas, alguns poucos compostos orgânicos têm cloro na sua composição. Assim, ser cofator de enzimas da fotossíntese, inibir a síntese ou degradação de proteínas e estimular a divisão das células são suas principais funções (Prado, 2020).
Molibdênio (Mo).	É um importante constituinte de enzimas relacionadas à assimilação de nitrogênio e enxofre (Prado, 2020).
Níquel (Ni).	Age de forma associada às enzimas do metabolismo de nitrogênio (Prado, 2020), e mobilizando esse nutriente durante a germinação (Mondal & Bose, 2019).

Haja vista a participação dos nutrientes em todo o ciclo de formação das sementes, é possível afirmar que plantas nutridas de forma equilibrada apresentarão condições de produzir com maior eficiência, em termos de rendimento, aliada a melhores atributos de qualidade fisiológica. Pensando nisso, a seguir, encontram-se alguns estudos de caso nessa temática, nas culturas do arroz (*Oryza sativa* L.) e da soja [*Glycine max* (L.) Merrill], um cereal e uma oleaginosa, respectivamente, muito expressivos no mercado nacional e internacional.

Qualidade fisiológica de sementes de arroz e soja em função de nutrientes

Com o objetivo de avaliar o efeito do nitrogênio na qualidade fisiológica de sementes de arroz, Fidelis et al. (2010) submeteram diferentes cultivares a ambientes com condições ideais e de estresse do nutriente. Após condução e colheita, aplicaram testes de germinação, primeira contagem e tetrazólio às sementes. Em seus resultados, perceberam que alguns materiais genéticos se sobressaíram, mas no geral, a qualidade foi influenciada pela disponibilidade nutricional. Conclusão semelhante foi feita por Smiderle et al. (2011), com a diferença que, a época de aplicação também afetou a qualidade das sementes, nesse caso, os parâmetros de emergência, germinação, primeira contagem e umidade, de forma positiva. Com relação ao vigor, em trabalho de Ohse et al. (2000), a aplicação dos micronutrientes boro, cobre, zinco e suas combinações, via tratamento de sementes, teve bons efeitos no início do desenvolvimento e crescimento das plantas, mesmo que não tenha interferido no índice de germinação.

Para a soja, repercussões parecidas são encontradas na literatura científica. Em trabalho clássico de França Neto et al. (1985), a qualidade fisiológica das sementes, avaliada pelos testes de germinação, emergência de plântulas em areia, envelhecimento acelerado, massa de 100 sementes e tetrazólio, foi significativamente superior à testemunha, mediante a adubação potássica.

Influência das práticas agrícolas na produção de sementes com melhor desempenho

As práticas agrícolas são intervenções do homem capazes de modificar a paisagem e os ecossistemas. O solo é parte integrante primordial desses complexos, pois suporta a vida e é de onde os vegetais retiram tudo que precisam para sobreviverem. Pode-se acrescentar que ele é um meio trifásico, composto de ar, água e partículas sólidas, que por sua vez dividem-se em minerais e matéria orgânica, funcionando como fonte e reserva de nutrientes (Novais & Mello, 2007). Adicionando essa nova visão às ideias anteriormente apresentadas, entende-se o porquê de as técnicas de manejo terem impactos sobre a qualidade das sementes. Dado que o solo é seu ambiente de desenvolvimento, tudo que se fizer a ele refletirá em sua fisiologia. Por isso, para completar a redação desse capítulo, algumas delas e suas respostas foram selecionadas para serem discutidas com mais atenção, umas mais célebres e consolidadas, como **adubação orgânica, calagem e inoculação com microrganismos eficientes**, e outras desenvolvidas mais recentemente, como a **aplicação de bioestimulantes**.

Adubação orgânica

Os fertilizantes químicos sintéticos foram por muito tempo a opção mais adotada para aumentar a fertilidade dos solos e atender os modelos de agricultura extensiva que surgiam décadas atrás (Hafez, Popov & Rashad, 2020; Bergstrand, 2022). Com o avanço das pesquisas, e a necessidade de formas mais sustentáveis de produção, os cientistas constataram que há muitas maneiras de deixar o solo mais fértil, e a adubação com compostos orgânicos é uma delas (Foloni et al., 2016). Esse material, além de ser uma fonte mais econômica de nutrientes, estimula a atividade microbiana do solo, que por sua vez, agrega muito aos seus atributos biológicos, químicos e físicos (Hafez et al., 2020).

A qualidade das sementes também é influenciada por essa prática. Estudos feitos em milho por Aboukila et al. (2018) e Deshev, Desheva e Stamatov (2020) demonstraram que a aplicação de fertilizantes orgânicos aumentou o índice de velocidade de germinação e a porcentagem final de germinação das plântulas. Não há uma explicação única para esses resultados, pois como se trata de uma reação em cadeia, os segmentos se beneficiam mutuamente. A melhoria dos parâmetros do solo recai novamente na qualidade fisiológica das sementes.

Calagem

A presença de grupos de caráter ácido, aumentando o nível de elementos tóxicos e reduzindo a disponibilidade de nutrientes, caracteriza a acidez do solo e tem suas origens na remoção de bases, na aplicação excessiva de fertilizantes e até mesmo na ação natural dos agentes do intemperismo (Souza, Miranda & Oliveira, 2007). Felizmente, esses efeitos adversos podem ser atenuados pela aplicação de calcário. O cerne dessa prática, conhecida como calagem, é elevar o pH do solo, e como decorrência aumenta a capacidade de troca catiônica, a saturação por bases e abundância de microrganismos eficientes, e reduz a toxicidade por Al^{+3} , Fe e Mn (Crusciol et al., 2016; Bossolani et al., 2020).

Os efeitos benéficos desse corretivo na produção das culturas já são bastante conhecidos, mas na qualidade fisiológica das sementes ainda não estão totalmente elucidados (Silva et al., 2022). Em estudo de Silva et al. (2022), a aplicação de calcário aumentou a longevidade de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) produzidas em solo ácido. Diferente de outros atributos, essa capacidade de se manter viável durante o armazenamento é muito plástica nas sementes, e a sua aquisição, que ocorre durante a maturação tardia e envolve diversos mecanismos, é fortemente impactada pelas condições experienciadas pelas plantas-matrizes (Righetti et al., 2015). Resultados similares foram encontrados por Nakagawa et al. (1990) na cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.), cujo vigor das sementes, medido pelo teste de condutividade elétrica, foi maior mediante a correção da acidez do solo com esse insumo. Nesse particular, a temperatura do ar durante o ciclo também pode ser uma explicação para tal acontecimento (Li et al., 2017). Porém, e ainda que os trabalhos nessa temática sejam escassos, há indícios e evidências que a calagem pode aumentar, de fato, a qualidade fisiológica das sementes, e essa lacuna abre espaço para que mais pesquisas nessa área sejam conduzidas.

Inoculação com microrganismos eficientes

O uso de microrganismos na agricultura é bastante recente, mas tem aumentado de forma considerável nas últimas décadas. Esses insumos biológicos, muito mais ambientalmente responsáveis na produção de alimentos, tornaram-se pauta de muitas subáreas de investigação dentro da pesquisa agrônômica. Isso porque, a população microbiana, a parte viva do solo, dá suporte às plantas contra agentes fito e entomopatogênicos (Bernd et al., 2014), ajuda na reciclagem de nutrientes, na absorção dos minerais e no incremento das produções, pelas melhorias que promovem ao solo como um todo (Galindo et al., 2020; Hafez et al., 2020).

Muito tem sido falado das bactérias promotoras de crescimento de plantas, as chamadas BPCP, ou em inglês “*plant growth-promoting rhizobacteria*”. Esse termo foi criado em 1978 por Kloepper e Schroth para se referir a organismos que, devido à sua capacidade de colonizar a filosfera, rizosfera ou ainda os tecidos internos, auxiliam no desenvolvimento das plantas (Kloepper, Lifshitz & Zablotowicz, 1989; Alina, Constantinescu & Petruța, 2015), desde sua germinação à produção de grãos (Lazzaretti & Bettiol, 1997). A síntese de metabólitos, como fitohormônios e compostos do metabolismo secundário, a solubilização de fosfato e mineralização do fósforo orgânico, bem como aumento da atividade da enzima redutase do nitrato, são exemplos de alguns de seus mecanismos de ação que se sobressaem, e que, sem dúvidas, cooperam diretamente para tais efeitos benéficos (Tien, Gaskins & Hubbell, 1979; Park et al., 2005; Hungria, 2011).

Entre as BPCP mais estudadas destacam-se os gêneros *Azospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas* e *Rhizobium* (Araújo, 2008). Manjula e Podile (2015), ao estudarem o efeito da inoculação de *Bacillus subtilis* em feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), obtiveram respostas satisfatórias na germinação, emergência e na massa seca de plântulas. O mesmo foi observado por Araújo (2008) em sementes de algodão

(*Gosypium hirsutum* L.), milho e soja. A utilização desses microrganismos em conjunto com micronutrientes também passou a ser uma prática muito utilizada na inoculação de sementes, cujos produtos comerciais são comumente chamados de biofertilizantes. Nesse prisma, combinando doses de *Bacillus subtilis* com cobalto e molibdênio, Malagutti (2022) obteve maiores produtividades e sementes de alto vigor na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).

Muitas outras respostas podem ser extraídas da literatura mundial, que endossam e robustecem esse ramo da microbiologia agrícola, todavia, diante da consulta realizada para a elaboração desse tópico, fica perceptível o vasto potencial que ainda há a ser explorado nessa vertente.

Aplicação de bioestimulantes

Mesmo com sua crescente utilização na agricultura contemporânea, ainda não há definição específica sobre o que são os bioestimulantes. Para a legislação europeia, em última revisão do Regulamento 2019/1009, que dispõe sobre o uso de produtos fertilizantes seguros e eficazes no mercado europeu, eles são definidos como “materiais que melhoram os processos de nutrição das culturas, particularmente ao aumentarem a eficiência com que utilizam nutrientes e a sua resistência às condições ambientais” (Conselho da União Europeia, 2022). Todavia, outras descrições são argumentos que a complementam e justificam seu uso. Vasconcelos (2006) e Castro & Vieira (2011) acrescentam que os bioestimulantes podem ser substâncias naturais ou sintéticas que melhoram o rendimento das culturas, mesmo em situações difíceis de estresse, sem causar danos ou prejudicar seu crescimento natural, e cujo fornecimento pode ser feito por aplicações via solo, foliar ou com tratamento de sementes (Frasca et al., 2020).

Como vem sendo comentado, todo estímulo positivo que se dá às plantas-matrizes resulta em benefícios às progêneses. Aplicação de aminoácidos, ácidos húmicos e extrato de algas marinhas são apenas alguns exemplos desses insumos (Dörr et al., 2020; Alizadeh et al., 2022; Biondo, 2023), que podem influenciar a qualidade fisiológica das sementes. No entanto, os resultados oscilam muito, pois os efeitos estão sujeitos a muitas condições, sejam elas dos produtos, da planta ou do ambiente (Shukla et al., 2019), mas há relatos que sua associação com micronutrientes é capaz de melhorar a germinação e o estabelecimento das plantas em campo (Silva et al., 2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude dos pontos examinados e desenvolvidos nesse levantamento, conclui-se que **as sementes são as chaves para o sucesso das produções agrícolas**, e sua qualidade não deve ser, de forma alguma, ignorada. Nesse sentido, dentre todos os parâmetros que atestam seus bons atributos, a qualidade fisiológica é a mais notória deles, sendo objeto de muitos testes, estudos e discussões.

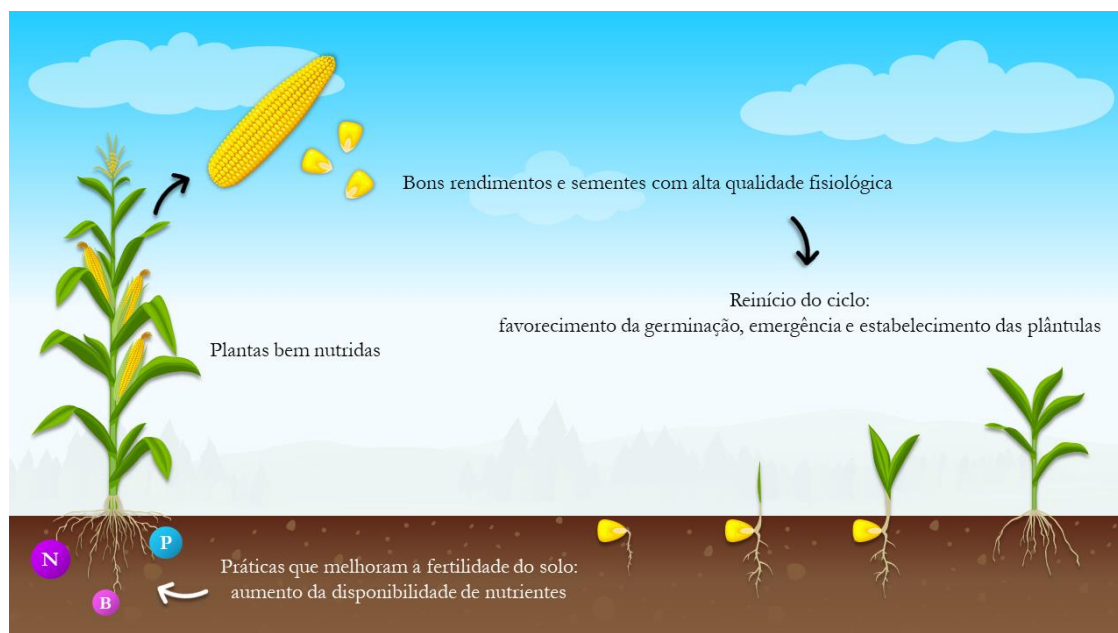
Produto final da cadeia produtiva e espelho de todas as estratégias de manejo, elas refletem se a condução das lavouras foi feita de forma criteriosa e precisa. Embora genética e sanidade desempenhem

papéis fundamentais nesse tocante, os finos ajustes intermediados pelos nutrientes, fornecidos prontamente via fertilização e adubação, ou indiretamente pelo uso de técnicas consagradas como a calagem, ou promissoras como a aplicação de microrganismos benéficos, bioestimulantes e muitas outras, são primordiais para que a maquinaria celular funcione de forma harmônica e eficiente.

Ainda há muito a se esclarecer, por isso, os fundamentos elaborados e as inovações produzidas pelo setor sementeiro, o elo entre a ciência e o campo, devem ser amplamente divulgados. Uma vez interlaçados na trama científica do conhecimento, eles se somam e se potencializam, e no fim, toda a comunidade é beneficiada.

RESUMO GRÁFICO

Para ilustrar a dinâmica dos elementos da temática apresentada nesse capítulo, um resumo gráfico dos conceitos, fenômenos e práticas que gravitam em torno da interação existente entre a nutrição mineral de plantas e a qualidade fisiológica de sementes, foi pensando para sintetizar o conteúdo abordado.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aboukila, E. F., Nassar, I. N., Rashad, M., Hafez, M., & Norton, J. B. (2018). Reclamation of calcareous soil and improvement of squash growth using brewers' spent grain and compost. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(4), 390-397. DOI: 10.1016/j.jssas.2016.09.005
- Alina, S. O., Constantinescu, F., & Petruța, C. C. (2015). Biodiversity of *Bacillus subtilis* group and beneficial traits of *Bacillus* species useful in plant protection. *Romanian Biotechnological Letters*, 20(5), 10737-10750.
- Alizadeh, S., Roozbahani, A., Rad, A. H. S., & Seyedhadi, M. H. (2022). Foliar application of humic acids improves seed yield and oil quality of rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes at well-time and late planting dates. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(1), 549-559. DOI: 10.1007/s42729-021-00670-2

- Amaro, H. T. R., Costa, R. C., Porto, E. M. V., Araújo, E. C. M., & Fernandes, H. M. F. (2020). Tratamento de sementes com produtos à base de fertilizantes e reguladores de crescimento. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 26(1), 222-242. DOI: 10.36812/pag.2020261222-242
- Araújo, F. F. (2008). Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão. *Ciência e Agrotecnologia*, 32(2), 456-462. DOI: 10.1590/S1413-70542008000200017
- Bergstrand, K. J. (2022). Organic fertilizers in greenhouse production systems - a review. *Scientia Horticulturae*, 295, 110855. DOI: 10.1016/j.scienta.2021.110855
- Bernd, L. P., Souza, T. M., Oliveira, M. A. D., Ono, E., Zucareli, C., & Hirooka, E. Y. (2014). Inoculação de *Pseudomonas fluorescens* e adubação NPK na composição química e contaminação fungo-fumonisina de milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18, 1274-1280. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1274-1280
- Biondo, A. R. (2023). Efeito do extrato de algas marinhas sobre a qualidade fisiológica de sementes salvas de soja de diferentes cultivares. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal da Fronteira Sul.
- Bono, J. A. M., Rodrigues, A. P. D. A. C., Mauad, M., Albuquerque, J. C., Yamamoto, C. R., Chermouth, K. S., & Freitas, M. E. (2008). Modo de aplicação de fertilizantes nitrogenados na qualidade fisiológica de sementes de milho. *Agrarian*, 1(2), 91-102.
- Bossolani, J. W., Crusciol, C. A. C., Merloti, L. F., Moretti, L. G., Costa, N. R., Tsai, S. M., & Kuramae, E. E. (2020). Long-term lime and gypsum amendment increase nitrogen fixation and decrease nitrification and denitrification gene abundances in the rhizosphere and soil in a tropical no-till intercropping system. *Geoderma*, 375, 114476. DOI: 10.1016/j.geoderma.2020.114476
- Brasil (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS. 399p.
- Brizola, J., & Fantin, N. (2016). Revisão da literatura e revisão sistemática da literatura. *Revista de Educação do Vale do Arinos*, 3(2), 23-29. DOI: 10.30681/relva.v3i2.1738
- Carvalho, N. M., & Nakagawa, J. (2012). Sementes: ciência, tecnologia e produção. (5.ed.). Jaboticabal: FUNEP.
- Castro, P. R., & Vieira, E. L. (2001). Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba: Agropecuária.
- Coelho, E. B., Martins, T. A., & Santos, D. P. (2019). Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica da soja. *Ipê Agronomic Journal*, 3(1), 71-79. DOI: 10.37951/2595-6906.2019V3I1.4330
- Conselho da União Europeia (2022). União Europeia. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/LSU/?uri=CELEX%3A32019R1009>>. Acesso em: 16 março de 2024.
- Crusciol, C. A., Marques, R. R., Carmes Filho, A. C., Soratto, R. P., Costa, C. H., Neto, J. F., Castro, G. S. A., Pariz, C. M., & Castilhos, A. M. (2016). Annual crop rotation of tropical pastures with no-till

- soil as affected by lime surface application. *European Journal of Agronomy*, 80, 88-104. DOI: 10.1016/j.eja.2016.07.002
- Cunha Filho, C. P. (2022). Qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi em função da adubação foliar e método de preparo para colheita. Dissertação (Bioenergia e grãos), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.
- Delouche, J. C. (1981). Metodologia de pesquisa em sementes: vigor, envigoramento e desempenho no campo. *Revista Brasileira de Sementes*, 3(2), 57-64.
- Desheva, G., Desheva, G. N., & Stamatov, S. K. (2020). Germination and early seedling growth characteristics of *Arachis hypogaea* L. under salinity (NaCl) stress. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 85(2), 113-121.
- Dias, M. A. N., Mondo, V. H. V., & Cicero, S. M. (2010). Vigor de sementes de milho associado à mato-competição. *Revista Brasileira de Sementes*, 32, 93-101. DOI: 10.1590/S0101-31222010000200011
- Dörr, C. S., Almeida, T. L., Macedo, V. G. K., Gularte, J. A., Diel, V., & Panozzo, L. E. (2020). Efeito do vigor e tratamento de sementes de soja com aminoácidos no desempenho das sementes produzidas. *Revista Científica Rural*, 22(1), 112-124. DOI: 10.30945/rcr-v22i1.2713
- Dorsa, A. C. (2020). O papel da revisão da literatura na escrita de artigos científicos. *Interações*, 21, 681-683. DOI: 10.20435/inter.v21i4.3203
- Fageria, N. K., Barbosa Filho, M., Moreira, A., & Guimarães, C. M. (2009). Foliar fertilization of crop plants. *Journal of plant nutrition*, 32(6), 1044-1064. DOI: 10.1080/01904160902872826
- Farooq, M., Wahid, A., & Siddique, K. H. (2012). Micronutrient application through seed treatments: a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(1), 125-142. DOI: 10.4067/S0718-95162012000100011
- Feliceti, M. L., Siega, T. C., Silva, M., Mesquita, A. P. B., Silva, J. A., Bahry, C. A., & Possenti, J. C. (2020). Grupos de maturidade relativa frente à qualidade fisiológica das sementes de soja. *Brazilian Journal of Development*, 6(5), 27410-27421. DOI: 10.34117/bjdv6n5-260
- Fidelis, R. R., Oliveira, T. C., Lui, J. J., Rodrigues, A. M., Barros, H. B., & Cancellier, E. L. (2010). Physiological quality of rice seeds submitted to nitrogen stress. *Bioscience Journal*, 26(4), 531-538.
- Foloni, J. S. S., Barbosa, A. M., Catuchi, T. A., Calonego, J. C., Tiritan, C. S., Dominato, J. C., & Creste, J. E. (2016). Efeitos da gessagem e da adubação boratada sobre os componentes de produção da cultura do amendoim. *Scientia Agraria Paranaensis*, 15(2), 202-208. DOI: 10.18188/sap.v15i2.11419
- França Neto, J. B., Costa, N. P., Henning, A. A., Palhano, J. B., Sfredo, G. J., & Borkert, C. M. (1985). Efeito de doses e métodos de aplicação de cloreto de potássio sobre a qualidade da semente de soja. *Documentos - Centro Nacional de Pesquisa de Soja*, 15.

- França Neto, J. B., Krzyzanowski, F. C., Henning, A. A., Pádua, G. P., Lorini, I.; & Henning, F. A. (2016). Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. Informativo ABRATES, 20(3), 26-32.
- Frasca, L. L. M., Nascente, A. S., Lanna, A. C., Carvalho, M. C. S., & Costa, G. G. (2020). Bioestimulantes no crescimento vegetal e desempenho agrônômico do feijão-comum de ciclo superprecoce. *Agrarian*, 13(47), 27-41. DOI: 10.30612/agrarian.v13i47.8571
- Galindo, F. S., Filho, M. C. M. T., Buzetti, S., Rodrigues, W. L., Fernandes, G. C., Boleta, E. H. M., Neto, M. B., Pereira, A., Rosa, P. A. L., Pereira, Í. T., & Gaspareto, R.N. (2020). Influence of *Azospirillum brasilense* associated with silicon and nitrogen fertilization on macronutrient contents in corn. *Open Agriculture*, 5(1), 126-137. DOI: 10.1515/opag-2020-0013
- Geng, G., Cakmak, I., Ren, T., Lu, Z., & Lu, J. (2021). Effect of magnesium fertilization on seed yield, seed quality, carbon assimilation and nutrient uptake of rapeseed plants. *Field Crops Research*, 264, 108082. DOI: 10.1016/j.fcr.2021.108082
- Hafez, M., Popov, A. I., & Rashad, M. (2021). Integrated use of bio-organic fertilizers for enhancing soil fertility-plant nutrition, germination status and initial growth of corn (*Zea mays* L.). *Environmental Technology & Innovation*, 21, 101329. DOI: 10.1016/j.eti.2020.101329
- Henning, A. A., Almeida, A. M. R., Godoy, C. V., Seixas, C. D. S., Yorinori, J. T., Costamilan, L. M., Ferreira, L. P., Meyer, M. C., Soares, R. M., & Dias, W. P. (2014). Manual de identificação de doenças de soja. (5.ed.). Londrina: Embrapa Soja.
- Hungria, M. (2011). Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja.
- Kloepper, J. W., Lifshitz, R., & Zablotowicz, R. M. (1989). Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Trends in Biotechnology*, 7(2), 39-44. DOI: 10.1016/0167-7799(89)90057-7
- Krzyzanowski, F. C., França Neto, J. D. B., & Henning, A. A. (2018). A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. *Circular Técnica - Embrapa Soja*, 136(1).
- Lakatos, E. M., & Marconi, M. A. (2010). Fundamentos da metodologia científica. São Paulo: Atlas.
- Lazzaretti, E., & Bettioli, W. (1997). Tratamento de sementes de arroz, trigo, feijão e soja com um produto formulado à base de células e de metabólitos de *Bacillus subtilis*. *Scientia Agricola*, 54, 89-96. DOI: 10.1590/S0103-90161997000100013
- Leprince, O., Pellizzaro, A., Berriri, S., & Buitink, J. (2017). Late seed maturation: drying without dying. *Journal of Experimental Botany*, 68, 827-841. DOI: 10.1093/jxb/erw363
- Li, R., Chen, L. C., Wu, Y. W., Zhang, R. Z., Baskin, C. C., Baskin, J. M., & Xiaowen, H. (2017). Effects of cultivar and maternal environment on seed quality in *Vicia sativa*. *Frontiers in Plant Science*, 8, 283273. DOI: 10.3389/fpls.2017.01411

- Lott, J. N. A., Greenwood, J. S., & Batten, G. D. (1995). Mechanisms and regulation of mineral nutrient storage during seed development. In: Kigel, J., & Galili, G. (Orgs.). Seed development and germination. Nova Iorque: Routledge.
- Ludwig, M. (2016). Fundamentos da produção de sementes em culturas produtoras de grãos. Ibirubá: IFRS.
- Malagutti, E. S. (2022). Doses de *Bacillus subtilis* na presença e ausência de cobalto e molibdênio na produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Estadual Paulista.
- Malavolta, E. (1980). Elementos da nutrição de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres.
- Malavolta, E. (1984). O potássio e a planta. Piracicaba: Potafós.
- Manjula, K., & Podile, A. R. (2005). Increase in seedling emergence and dry weight of pigeon pea in the field with chitin-supplemented formulations of *Bacillus subtilis* AF 1. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 21, 1057-1062. DOI: 10.1007/s11274-004-8148-z
- Marcos Filho, J. (2015). Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Londrina: ABRATES, 660 p.
- Marcos Filho, J. (2013). Importância do potencial fisiológico da semente de soja. Informativo ABRATES, 23(1), 21-24.
- Marcos Filho, J., & Kikuti, A. L. P. (2008). Condicionamento fisiológico de sementes de couve-flor e desempenho das plantas em campo. Horticultura Brasileira, 26, 165-169. DOI: 10.1590/S0102-05362008000200007
- Menten, J. O. M., Moraes, M. D., Novembre, A. D. L. C., & Ito, M. A. (2006). Qualidade das sementes de feijão no Brasil. Pesquisa & Tecnologia, 3(2), 7.
- Merotto Junior, A., Sangoi, L., Ender, M., Guidolin, A. F., & Haverroth, H. S. (1999). A desuniformidade de emergência reduz o rendimento de grãos de milho. Ciência Rural, 29, 595-601. DOI: 10.1590/S0103-84781999000400004
- Mondal, S., & Bose, B. (2019). Impact of micronutrient seed priming on germination, growth, development, nutritional status and yield aspects of plants. Journal of Plant Nutrition, 42(19), 2577-2599. DOI: 10.1080/01904167.2019.1655032
- Nakagawa, J. (2020). Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Krzyzanowski, F. C., Vieira, R. D., & França Neto, J. B. (Orgs.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES.
- Nakagawa, J., Nakagawa, J., Imaizumi, I., & Rosseto, C. A. V. (1990). Efeitos de fontes de fósforo e da calagem na produção de amendoim. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 25(4), 505-512.
- Nakao, A. H., Costa, N. R., Andreotti, M., Souza, M. F. P., Dickmann, L., Centeno, D. C., & Catalani, G. C. (2018). Características agronômicas e qualidade fisiológica de sementes de soja em função da adubação foliar com boro e zinco. Revista Cultura Agronômica, 27(3), 312-327. DOI: 10.32929/2446-8355.2018v27n3p312-327

- Nascimento, A. F. (2013). Método e umidade de colheita na qualidade de sementes de milho variedade. Dissertação (Agronomia), Universidade Federal de Uberlândia.
- Novais, R. F., & Mello, J. W. V. (2017). Relação solo-planta. In: Novais, R. F., Venegas, V. H. A., Barros, N. F., Fontes, R. L. F., Cantarutti, R. B., & Lima, J. C. (Orgs.). Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS.
- Nunes, R. T. C. (2016). Qualidade fisiológica e produção de sementes de feijão-caupi submetidas a doses de molibdênio e população de plantas. Dissertação (Agronomia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.
- Ohlson, O. D. C., Krzyzanowski, F. C., Caieiro, J. T., & Panobianco, M. (2010). Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo. *Revista Brasileira de Sementes*, 32, 118-124. DOI: 10.1590/S0101-31222010000400013
- Ohse, S., Marodim, V., Santos, O. S., Lopes, S. J., & Manfron, P. A. (2000). Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. *Revista Faculdade Zootecnia Veterinária e Agronomia*, 7(1), 73-79.
- Park, M., Kim, C., Yang, J., Lee, H., Shin, W., Kim, S., & Sa, T. (2005). Isolation and characterization of diazotrophic growth promoting bacteria from rhizosphere of agricultural crops of Korea. *Microbiological Research*, 160(2), 127-133. DOI: 10.1016/j.micres.2004.10.003
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. UFSM.
- Piva, A. L. (2017). Atributos de qualidade de sementes salvas de trigo na safra 2016/2017. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Popinigis, F. (1977). Fisiologia da semente. Brasília: AGIPLAN.
- Prado, R. D. (2020). Nutrição de plantas. (2.ed.). São Paulo: Editora Unesp.
- Primavesi, A. M. (2016). Manual do solo vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio. (2.ed.). São Paulo: Expressão Popular.
- Primavesi, A. M. (2022). Micronutrientes: os duendes gigantes da vida. São Paulo: Expressão Popular.
- Ramos, D. S. (2013). Qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max (L.) Merrill*) em resposta ao tratamento com fertilizantes. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Uberlândia.
- Righetti, K., Vu, J. L., Pelletier, S., Vu, B. L., Glaab, E., Lalanne, D., Pasha, A., Patel, R. V., Provart, N. J., Verdier, J., Leprince, O., & Buitink, J. (2015). Inference of longevity-related genes from a robust coexpression network of seed maturation identifies regulators linking seed storability to biotic defense-related pathways. *The plant cell*, 27(10), 2692-2708. DOI: 10.1105/tpc.15.00632
- Rodrigues, J. I. D. S., Arruda, K. M. A., Cruz, C. D., Piovesan, N. D., Barros, E. G. D., & Moreira, M. A. (2015). Divergência em QTLs e variância genética para teores de proteína e óleo em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50, 1042-1053. DOI: 10.1590/S0100-204X2015001100007
- Sá, M. E. (1994). Importância da adubação nitrogenada na qualidade de sementes. In: Sá, M. E., & Buzetti, S. (Orgs.). Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. São Paulo: Ícone.

- Santos, M. (2016). Adubação foliar de boro em associação com cálcio na cultura da soja em sistema de plantio direto. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Schuch, L. O. B., Kolchinski, E. M., & Cantarelli, L. D. (2008). Relação entre a qualidade de sementes de aveia-preta e a produção de forragem e de sementes. *Scientia Agraria*, 9(1), 1-6.
- Schuch, L. O. B., Kolchinski, E. M., & Finatto, J. A. (2009). Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. *Revista Brasileira de Sementes*, 31, 144-149. DOI: 10.1590/S0101-31222009000100016
- Shukla, P. S., Mantin, E. G., Adil, M., Bajpai, S., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. (2019). *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Frontiers in Plant Science*, 10, 462648. DOI: 10.3389/fpls.2019.00655
- Silva, F. H. A., Torres, S. B., Carvalho, S. M. C., Bai, M., & Lopes, W. D. A. R. (2019). Atributos físicos e fisiológicos de sementes salvas de feijão-caupi utilizadas no semiárido brasileiro. *Revista Caatinga*, 32(1), 113-120. DOI: 10.1590/1983-21252019v32n112rc
- Silva, T. A., Crusciol, C. A. C., Batista, T. B., Bossolani, J. W., Oliveira, G. R. F., Basso, D. P., Carmeis Filho, A. C. A., Bravo, J. P., & Silva, E. A. A. (2022). Liming enhances longevity of wheat seeds produced in acid soils. *Scientific Reports*, 12(1), 18035. DOI: 10.1038/s41598-022-21176-6
- Silva, T. T. A., Pinho, É. V. R. V., Cardoso, D. L., Ferreira, C. A., Alvim, P. O., & Costa, A. A. F. (2008). Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. *Ciência e Agrotecnologia*, 32, 840-844. DOI: 10.1590/S1413-70542008000300021
- Smiderle, O. J., Chang, M. T., Ferreira, G. B., & Cordeiro, A. C. C. (2011). Quality of BRS jaçanã rice seeds in response to application of nitrogen. *Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais*, 9(1), 79-86.
- Souza, D. M. G., Miranda, L. N., & Oliveira, S. A. (2017). Acidez do solo e sua correção. In: Novais, R. F., Venegas, V. H. A., Barros, N. F., Fontes, R. L. F., Cantarutti, R. B., & Lima, J. C. (Orgs.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS.
- Taiz, L., Zeiger, E., Möller, I. A., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. (6.ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Teixeira, I. R., Borém, A., Araújo, G. A. D. A., & Andrade, M. J. B. D. (2005). Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com manganês e zinco. *Bragantia*, 64, 83-88. DOI: 10.1590/S0006-87052005000100009
- TeKrony, D. M., & Egli, D. B. (1991). Relationship of seed vigor to crop yield: a review. *Crop Science*, 31(3), 816-822. DOI: 10.2135/cropsci1991.0011183X003100030054x
- Tien, T. M., Gaskins, M. H., & Hubbell, D. (1979). Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). *Applied and Environmental Microbiology*, 37(5), 1016-1024. DOI: 10.1128/aem.37.5.1016-1024.1979

- Todeschini, M. H., Milioli, A. S., Trevizan, D. M., Bornhofen, E., Finatto, T., Storck, L., & Benin, G. (2016). Eficiência de uso do nitrogênio em cultivares modernas de trigo. *Bragantia*, 75, 351-361. DOI: 10.1590/1678-4499.385
- Vasconcelos, A. C. F. (2006). Uso de bioestimulantes nas culturas de milho e soja. Tese (Agronomia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- Vieira, E. H. N., & Rava, C. A. (2000). Sementes de feijão: produção e tecnologia. Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão.

Índice Remissivo

A

Ácido salicílico, 90
Avena sativa, 100, 102, 103, 105, 110, 111, 113,
120, 122, 123

C

Colheita, 17, 50, 51, 55
Cultivares, 81, 83, 84, 85

D

Danos mecânicos, 142

E

Embebição, 56
Espécie forrageira, 128

F

Físico, 14
Fisiologia, 30, 130
Fusarium, 77, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 86, 137, 138,
139, 140, 141, 143, 153, 154

G

Germinação, 18, 50, 60, 71, 78, 129, 132

M

Mancha, 67

N

Nabo, 47, 48

P

Plântulas, 84, 85, 94, 103, 123

Q

Qualidade sanitária, 156

S

Salinidade, 108
Sementes, 6, 9, 13, 21, 29, 30, 48, 49, 56, 57, 60,
62, 68, 70, 77, 83, 85, 120, 131, 136, 148, 153
Solanaceae, 129
Sorgo-sacarino, 89

T

Trifolium resupinatum, 91, 93, 94, 114, 120, 124

V

Vigor, 17, 49, 50, 60, 61

Oe-book **Sementes: foco em pesquisa sobre qualidade fisiológica e sanitária – volume 2** de publicação da Pantanal Editora, apresenta, em seus treze capítulos, os resultados de pesquisas desenvolvidas ao longo dos últimos anos de várias instituições de ensino como a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) a Universidade Federal do Paraná (UFPR) e a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) Campus Botucatu, todas com participação direta dos acadêmicos de graduação e de pós-graduação.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br