

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ABRANGENTE SOBRE A SEMENTE DE ALGODÃO: DA PRODUÇÃO AO ARMAZENAMENTO

Rafaela Almeida de Oliveira¹, Felipe Augusto Ferreira Cruz¹, Thainara Curty Vimercati¹, André Silva Martins¹, Simone de Paiva Caetano Bucker Moraes¹.

Universidade Federal do Espírito Santo / Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário, S/N, Guararema - 29500-000 - Alegre - ES, Brasil, almeidarafaela669@gmail.com, felipeferreira7479@gmail.com, thainaravimercati94@gmail.com, andre.silva.80@edu.ufes.br, simonepaiva01@gmail.com

Resumo

A produção de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) no Brasil é uma atividade de grande importância para a agricultura, sendo essencial garantir a qualidade e viabilidade das sementes desde a colheita até o armazenamento. O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão bibliográfica abrangente sobre os principais fatores que influenciam a produção de sementes de algodão, com foco nas etapas de beneficiamento e armazenamento. A revisão foi realizada por meio de pesquisas em bases de dados como o Google Acadêmico, resultando na identificação de 50 fontes relevantes, incluindo artigos científicos, livros, teses e dissertações. Após análise detalhada, 20 fontes foram selecionadas por sua relevância e embasamento teórico específico. Entre os principais fatores identificados, destacam-se a importância da escolha adequada dos genótipos, o controle rigoroso de umidade e temperatura nas etapas de colheita e armazenamento, além do beneficiamento cuidadoso das sementes para evitar danos mecânicos e contaminações.

Palavras-chave: Beneficiamento, Qualidade de sementes, Vigor.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônoma

Introdução

Entre os fatores que compõem o processo de produção de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), a inspeção de campo desempenha um papel essencial para garantir a pureza genética, física e sanitária das sementes. Nesta etapa, são avaliadas se as condições de produção atendem aos padrões de qualidade estabelecidos para a cultura do algodão, considerando, entre outros aspectos, a presença de danos mecânicos e a temperatura de reação (Gabriel *et al.*, 2015). O processamento das sementes de algodão envolve diversas etapas, como colheita mecanizada, descarçamento, deslinteramento, secagem, pré-limpeza, classificação, tratamento e armazenamento. Cada uma dessas etapas pode causar danos mecânicos às sementes, com efeitos imediatos e latentes sobre sua qualidade (Silva *et al.*, 2006). O roteiro seguido das sementes, do campo até a usina, inclui a colheita mecanizada, transporte, armazenamento temporário, secagem opcional do algodão e beneficiamento em descarçadores de serra. O deslinteramento das sementes é realizado logo após o descarçamento ou próximo ao momento da semeadura, sendo uma prática fundamental para o plantio mecanizado, eliminando o línter que impede o fluxo adequado nas plantadeiras (Queiroga *et al.*, 2011). Além disso, o deslinteramento químico tornou-se obrigatório no Brasil, conforme a Portaria nº 607 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), garantindo que todas as sementes comercializadas estejam livres de línter, facilitando sua distribuição e plantio (Brasil, 2005). Essa etapa, juntamente com o beneficiamento e o armazenamento adequados, é crucial para preservar a viabilidade das sementes, evitando danos que possam comprometer a germinação e o vigor. O objetivo deste estudo é apresentar uma revisão detalhada dos principais processos envolvidos na produção de sementes de algodão, com foco nas etapas de beneficiamento, deslinteramento e armazenamento, visando garantir a qualidade e a eficiência no agronegócio da cultura do algodão.

Metodologia

Neste estudo, foi adotada uma metodologia de revisão bibliográfica, abrangendo publicações sobre as principais características dos campos de produção de sementes de algodão, bem como as pragas e doenças que afetam os grãos armazenados e suas respectivas estratégias de controle. Foram também examinadas as particularidades envolvidas nas etapas de colheita, secagem, beneficiamento e armazenamento das sementes de algodão. Os critérios de inclusão dos trabalhos selecionados concentraram-se em publicações recentes de revistas científicas e livros, na base de dados do Google Acadêmico.

Resultados

Na presente revisão bibliográfica, foram identificados um total de 50 fontes entre artigos científicos, livros, teses e dissertações, que abordam temas relacionados à produção, beneficiamento e armazenamento de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.). Desses, 35 artigos e publicações foram lidos integralmente, com foco nas metodologias empregadas, resultados obtidos e nas práticas recomendadas para garantir a viabilidade das sementes. Após a análise crítica, 20 fontes foram selecionadas por apresentarem maior relevância e embasamento teórico específico para a discussão dos tópicos centrais desta revisão. Esses materiais foram utilizados na construção dos argumentos e na fundamentação das práticas recomendadas para a produção e armazenamento de sementes de algodão.

Discussão

Campos de produção de sementes

A produção de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) é um processo complexo que envolve diversas etapas essenciais para garantir a qualidade das sementes que serão utilizadas no plantio. A principal preocupação durante este processo é assegurar que as sementes tenham alto vigor, boa capacidade de germinação e que produzam plântulas robustas e saudáveis. A seleção dos genótipos é uma das primeiras etapas críticas. Em um estudo realizado no semiárido nordestino do Brasil, 18 linhagens de algodão herbáceo foram avaliadas quanto ao rendimento de sementes e à qualidade da fibra. As linhagens CNPA-BA-2011-4436 e CNPA-BA-2011-1197 destacaram-se pelo seu alto potencial produtivo e estabilidade, demonstrando serem opções promissoras para o cultivo em regiões semiáridas com irrigação suplementar (Morello *et al.*, 2012; Zonta *et al.*, 2015).

O manejo da cultura durante o ciclo de produção das sementes também é fundamental para garantir a qualidade final. De acordo com Carvalho *et al.* (2015), o manejo adequado do algodoeiro envolve a aplicação equilibrada de fertilizantes NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) e o uso de sistemas de irrigação eficientes, como a irrigação por gotejamento e aspersão. Esses sistemas são especialmente importantes em regiões de baixa precipitação, como o semiárido brasileiro, onde garantem a oferta hídrica necessária para o desenvolvimento das plantas e a formação de sementes de alta qualidade. O manejo adequado permite que as plantas desenvolvam resistência a condições climáticas adversas, resultando em maior rendimento e sementes de maior vigor.

Estudos realizados na região semiárida do Brasil mostraram que o algodão, quando irrigado de forma eficiente, pode alcançar altos níveis de produtividade e qualidade de fibra, mesmo em condições adversas. A irrigação, combinada com práticas de manejo adequadas, aumenta a viabilidade e o vigor das sementes. Em regiões como Serra Talhada, PE, e Apodi, RN, a irrigação por poços artesianos tem sido amplamente utilizada para manter a produção durante os períodos de seca (Morello *et al.*, 2012; Zonta *et al.*, 2015).

Após a colheita, as sementes passam por um rigoroso processo de seleção. Variáveis como o peso dos capulhos, o rendimento de pluma e o peso médio das sementes são analisadas utilizando metodologias avançadas, como testes de vigor e germinação em câmaras de crescimento, além de análise de fibras por espectroscopia. Equipamentos de alta precisão, como máquinas de peneiramento, mesas densimétricas e analisadores de umidade, são utilizados para garantir que as sementes selecionadas atendam aos padrões de pureza física, vigor e viabilidade. Os padrões de qualidade

exigidos para a comercialização incluem pureza mínima de 98%, vigor superior a 85% e controle rigoroso de patógenos (Carvalho et al., 2015).

Colheita

A colheita de sementes de algodão desempenha um papel crucial na manutenção da qualidade e viabilidade das sementes, influenciando diretamente sua capacidade de germinação e vigor. O momento ideal para a colheita é alcançado quando as cápsulas estão completamente maduras, geralmente entre 45 e 60 dias após a abertura das primeiras maçãs (Anthony; Mayfield, 1994). A colheita prematura pode resultar em sementes com baixa qualidade, enquanto a colheita tardia aumenta o risco de deterioração devido à exposição prolongada a condições ambientais desfavoráveis, como alta umidade e temperaturas extremas, que podem comprometer a longevidade das sementes (Hamann, 2011).

Durante a colheita, é fundamental que o teor de umidade das sementes esteja entre 10% e 12% para garantir sua qualidade. Níveis de umidade acima de 12% podem favorecer a proliferação de fungos, o que afeta negativamente a qualidade durante o armazenamento e o beneficiamento das sementes. Além disso, níveis de umidade muito baixos aumentam o risco de danos mecânicos durante a colheita e o transporte, o que pode reduzir a viabilidade das sementes (Afzal et al., 2020). Para evitar esses problemas, técnicas como a desfolha e a dessecação das plantas antes da colheita são amplamente utilizadas. A desfolha química facilita o processo de colheita ao provocar a queda das folhas, melhorando a exposição das cápsulas (Faulkner et al., 2011). Já a dessecação promove a uniformidade na maturação das cápsulas, permitindo que um maior número de maçãs atinja o ponto ideal de colheita ao mesmo tempo (Wanjura et al., 2019).

A escolha entre colheita manual e mecanizada depende de diversos fatores, como o tamanho da propriedade e os recursos financeiros disponíveis. Em propriedades menores, a colheita manual ainda é amplamente utilizada devido à maior precisão na seleção das cápsulas maduras. Isso permite que as sementes sejam colhidas em seu ponto ótimo de maturidade, minimizando danos e preservando sua qualidade. No entanto, essa técnica pode ser limitada pela disponibilidade de mão de obra e pelo tempo necessário para realizar a colheita em grandes áreas (Souza et al., 2019). Em grandes propriedades, a colheita mecanizada é mais eficiente e rápida, reduzindo perdas de qualidade associadas à demora na colheita. Colheitadeiras do tipo *picker*, por exemplo, são projetadas para remover apenas as cápsulas maduras, mantendo a qualidade das sementes (Hughes; Gillum, 1991).

Após a colheita, o manuseio adequado das sementes é essencial para evitar danos mecânicos e preservar sua viabilidade. O transporte das sementes para os locais de beneficiamento deve ser realizado de forma rápida e em condições controladas, minimizando a exposição a fatores como umidade excessiva e calor, que podem acelerar a deterioração das sementes (Hamann, 2011). O armazenamento adequado das sementes também é uma etapa crítica, especialmente em regiões onde o algodão é armazenado por longos períodos antes do beneficiamento. O controle rigoroso da umidade durante o armazenamento é vital para evitar o crescimento de fungos e a perda de viabilidade (Afzal et al., 2020).

Secagem

A secagem das sementes de algodão é uma etapa fundamental no processo produtivo, pois está diretamente associada à manutenção da qualidade fisiológica das sementes, além de assegurar uma boa capacidade germinativa ao longo do período de armazenamento. Ao serem colhidas, as sementes de algodão apresentam um teor de umidade elevado, comumente variando entre 12% e 15%, o que as torna vulneráveis à deterioração, sobretudo pela ação de microrganismos, como fungos. Para mitigar esses riscos, é necessário reduzir a umidade a níveis seguros, normalmente entre 8% e 10%, garantindo assim um armazenamento adequado sem prejuízos ao vigor e à viabilidade das sementes (Marcos-Filho, 2015).

O controle preciso do processo de secagem é imprescindível para evitar danos às sementes. Tanto o excesso quanto a falta de calor durante essa etapa podem comprometer o vigor e a capacidade germinativa das sementes. Conforme destacam Carvalho e Nakagawa (2012), a temperatura durante a secagem não deve ultrapassar os 40°C, uma vez que temperaturas superiores podem ocasionar danos térmicos irreversíveis, como a formação de fissuras internas, que comprometem tanto a integridade quanto a capacidade de germinação das sementes.

Existem basicamente dois métodos de secagem utilizados na produção de sementes de algodão: a secagem natural e a artificial. A secagem natural, mais comum em pequenas propriedades, consiste

na exposição das sementes à luz solar e à circulação do ar ambiente. Todavia, essa técnica é fortemente dependente das condições climáticas, sendo pouco eficiente em regiões de alta umidade ou com pouca insolação. Além disso, a ausência de controle preciso sobre temperatura e umidade eleva o risco de deterioração das sementes, seja pelo excesso de umidade, seja pelo ressecamento (Bewley; Black, 1994).

Em contrapartida, a secagem artificial possibilita maior controle sobre as condições do processo. Esse método emprega secadores mecânicos com ar aquecido, promovendo uma remoção uniforme da umidade das sementes. Técnicas como a secagem em leito fixo e em leito fluidizado são amplamente adotadas pela indústria de sementes, devido à sua eficiência no controle de temperatura e umidade. Esses sistemas proporcionam uma secagem homogênea, minimizando o risco de formação de áreas com umidade residual, que poderiam comprometer o armazenamento (Carvalho; Nakagawa, 2012). Outro método amplamente utilizado, especialmente para grandes volumes de produção, é a secagem em torre. Nesse sistema, as sementes são transportadas continuamente por uma coluna vertical, onde são submetidas a correntes de ar quente, que removem a umidade de maneira gradual e controlada. A principal vantagem dessa técnica reside na sua capacidade de processar grandes quantidades de sementes com secagem contínua, o que aumenta a eficiência do processo (Peske; Villela; Meneghelo, 2012).

Independentemente do método de secagem escolhido, o monitoramento constante das condições do processo é indispensável para garantir que as sementes não sejam submetidas a situações adversas que possam comprometer sua qualidade. Marcos-Filho (2015) ressalta que a exposição a temperaturas superiores às recomendadas pode causar danos térmicos, reduzindo a longevidade e a capacidade germinativa das sementes. Além disso, o controle da umidade relativa do ar durante a secagem, que deve ser mantida entre 60% e 70%, é essencial para prevenir tanto o ressecamento excessivo quanto a retenção de umidade residual, ambos fatores prejudiciais à qualidade das sementes.

Beneficiamento

Após a colheita, as sementes de algodão chegam ao beneficiamento misturadas com fibras, restos vegetais, e outras impurezas. A primeira etapa do beneficiamento é a limpeza inicial, que utiliza peneiras vibratórias e ventiladores de ar para remover essas impurezas. Segundo Ashley et al (2018), esse processo é vital para prevenir danos nas etapas subseqüentes e assegurar que as sementes avancem no processo com o mínimo de contaminação por detritos.

Uma vez limpas, as sementes passam por uma etapa de classificação. Este processo é realizado em mesas densimétricas, que separam as sementes com base em sua densidade e peso específico. As sementes mais vigorosas e com maior densidade são selecionadas para o uso, enquanto as mais leves, frequentemente associadas a menor vigor, são descartadas. O uso de mesas gravitacionais também contribui para a uniformidade do lote, eliminando sementes defeituosas e garantindo a homogeneidade necessária para uma boa performance no campo (Anthony; Mayfield, 1994).

Além da densidade, a cor das sementes também é um fator determinante na classificação. Sistemas de classificação por cor ajudam a identificar e eliminar sementes com coloração anômala, o que pode indicar problemas como danos por patógenos ou envelhecimento prematuro. Essas práticas garantem a seleção das melhores sementes para o plantio, melhorando o potencial de germinação (Ashley et al., 2018).

O tratamento das sementes de algodão é outra etapa crítica no processo de beneficiamento. De acordo com Burke e Wanjura (2010), as sementes são tratadas com fungicidas, inseticidas e nematicidas, que ajudam a proteger as sementes de pragas e doenças durante o armazenamento e após o plantio. Este tratamento também pode incluir a adição de revestimentos, como argilas ou polímeros, que facilitam o manuseio e a semeadura mecânica, além de permitir a incorporação de micronutrientes e promotores de crescimento. Esses revestimentos contribuem para um crescimento mais uniforme das plântulas, além de proteger as sementes durante o transporte e o armazenamento.

Durante todas as etapas do beneficiamento, testes de germinação e vigor são realizados regularmente para assegurar que as sementes atendam aos padrões exigidos para comercialização. Esses testes, regulados pelas *Regras para Análise de Sementes* do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2009), garantem que apenas as sementes de alta qualidade sejam colocadas no mercado. Sementes que passam por essas avaliações rigorosas apresentam maior potencial de sucesso no campo, contribuindo para safras mais produtivas e sustentáveis.

Armazenamento

O armazenamento de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) é um processo crítico, que visa preservar a viabilidade e o vigor das sementes até o momento da sementeira. Como as sementes de algodão possuem um alto teor de óleo, elas são mais suscetíveis à deterioração, o que torna necessário o controle rigoroso de variáveis como umidade, temperatura e acondicionamento adequado.

Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), o teor de umidade das sementes de algodão deve ser mantido entre 8% e 10% para evitar a proliferação de fungos e a deterioração das sementes. Teores de umidade mais elevados promovem o crescimento de microrganismos, enquanto níveis de umidade muito baixos podem provocar desidratação, comprometendo a germinação. A umidade excessiva também pode aumentar a respiração celular das sementes, acelerando o processo de envelhecimento.

Marcos-Filho (2015) recomenda que a temperatura de armazenamento seja mantida entre 10°C e 20°C para retardar o envelhecimento das sementes. Em regiões de clima tropical, onde as temperaturas são naturalmente elevadas, é recomendável o uso de armazéns climatizados para garantir que a temperatura não ultrapasse esses limites. A temperatura elevada acelera o metabolismo das sementes, resultando em maior perda de viabilidade.

O uso de embalagens herméticas, que previnem a troca de umidade entre as sementes e o ambiente externo, é altamente recomendado (Delouche, 2002). Estas embalagens ajudam a manter a umidade das sementes dentro dos níveis ideais e protegem contra variações de temperatura e umidade no ambiente de armazenamento. O controle da ventilação nos armazéns também é fundamental para prevenir a acumulação de umidade e calor em excesso, fatores que podem levar à deterioração acelerada das sementes.

Conclusão

A produção de sementes de algodão requer um manejo integrado que aborde tanto as condições dos campos de produção quanto os desafios pós-colheita. O controle eficaz das principais pragas e doenças dos grãos armazenados, aliado a práticas adequadas de colheita, secagem, beneficiamento e armazenamento, é essencial para preservar a qualidade e viabilidade das sementes. Dessa forma, a implementação cuidadosa dessas práticas garante sementes de alta qualidade, contribuindo assim para o sucesso das safras futuras.

Referências

AFZAL, I.; KAMRAN, M.; BASRA, S. M. A.; KHAN, S. H. U.; MAHMOOD, A.; FAROOQ, M.; TAN, D. K. Y. Harvesting and post-harvest management approaches for preserving cottonseed quality. **Industrial Crops and Products**, v. 155, p. 112842, 2020. DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.112842.

ANTHONY, W. S.; MAYFIELD, W. D. **Cotton Ginners Handbook**. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, 1994.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of Development and Germination**. New York: Plenum Press, 1994.

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de. **O cultivo do algodoeiro no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 25, de 16 de dezembro de 2005. Estabelece normas específicas e os padrões de identidade e qualidade para produção e comercialização de sementes de algodão, arroz, aveia, azevém, feijão, girassol, mamona, milho, soja, sorgo, trevo vermelho, trigo, trigo duro, triticale e feijão. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-25-2005_75583.html. Acesso em: 17 set. 2024.

CARVALHO, L. P.; FARIAS, F. J. C.; MORELLO, C. L.; RODRIGUES, J. I. S.; TEODORO, P. E. Agronomic and technical fiber traits in elite genotypes of cotton herbaceous. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, p. 4882-4887, 2015.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

DELOUCHE, J. C. *Storage and deterioration of seeds*. Mississippi State University, **Seed Technology Laboratory**, 2002.

FAULKNER, W.; WANJURA, J.; BOMAN, R.; SHAW, B.; PARNELL, C. Evaluation of modern cotton harvest systems on irrigated cotton: Harvester performance. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 27, p. 497–506, 2011.

GABRIEL, D.; TROMBETTA, G.; HENRIQUE, G.; PERECIN JÚNIOR, H.; MUNIZ, R.; SOUZA, L. C. D. Deslincamento de sementes de algodão. **Revista Conexão Eletrônica**, v. 2, n. 1, p. 105-113, 2015. Disponível em: <http://revistaconexao.aems.edu.br/edicoes-anteriores/2015/ciencias-exatas-e-da-terra-engenharias-e-ciencias-agrarias-4/>. Acesso em: 17 set. 2024.

HAMANN, M. T. Impact of Cotton Harvesting and Storage Methods on Seed and Fiber Quality. **Master's Thesis**. Texas A&M University, 2011. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1969.1/ETD-TAMU-2011-12-10230>. Acesso em: 08 ago. 2024.

HUGHS, S.; GILLUM, M. Quality effects of current roller-gin lint cleaning. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 7, p. 673–676, 1991

LOPES, J. S.; LIMA, A. S.; FREITAS, D. P. Fatores climáticos na produção de sementes de algodão no Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 32, p. 1-12, 2017.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009.

MORELLO, C. L.; PEDROSA, M. B.; SUASSUNA, N. D.; LAMAS, F. M.; CHITARRA, L. G.; SILVA FILHO, J. L.; ANDRADE, F. P.; BARROSO, P. A. V.; RIBEIRO, J. L.; GODINHO, V. P. C.; LANZA, M. A. BRS 336: a high-quality fiber upland cotton cultivar for Brazilian savanna and semi-arid conditions. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 12, p. 92-95, 2012.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Editora Universitária, 2012.

QUEIROGA, C. L.; FERREIRA, R. J.; NUNES, A. C. Deslincamento químico das sementes de algodão: avanços e desafios. **Boletim Técnico de Algodão**, v. 12, p. 8-15, 2011.

SILVA, J. B.; GONÇALVES, D. R.; LOPES, J. F.; et al. Processamento de sementes de algodão: uma revisão das práticas e seus impactos. **Revista Sementes**, v. 29, p. 33-40, 2006.

WANJURA, J. D.; FAULKNER, W. B.; HOLT, G. A.; DELHOM, C. D.; PELLETIER, M.; BOMAN, R. K. Effects of harvesting and ginning practices on Southern High Plains cotton: Fiber quality. **Textile Research Journal**, v. 89, p. 4938–4958, 2019. DOI: 10.1177/0040517519832635.

ZONTA, J. H.; BEZERRA, J. R. C.; SOFIATTI, V.; FARIAS, F. J. C.; CARVALHO, L. P. Efeito da irrigação no rendimento e qualidade de fibra em cultivares de algodão herbáceo. **Revista Caatinga**, v. 28, p. 43-52, 2015.

Agradecimentos

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos à Professora Simone Paiva Bucker, cujo conhecimento e orientação foram fundamentais para a realização deste trabalho. Agradeço também à Universidade Federal do Espírito Santo - CCAE, pela oportunidade e pelo suporte acadêmico durante todo o desenvolvimento desta pesquisa. Sem o apoio e a estrutura fornecida por estas instituições, este estudo não teria sido possível.