

# Eficiência da radiação gama em sementes de algodão

Ana Letícia Araujo<sup>1</sup>, Paula Bergamin Arthur<sup>2</sup>, Rodrigo Sebastião Rossi<sup>2</sup>, Camilo Flamarion de Oliveira Franco<sup>3</sup> e Valter Arthur<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Aluna do Curso de Pós-Graduação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, Laboratório de Radiobiologia e Ambiente. <sup>2</sup>Alunos do Curso de Pós-Graduação do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN) Av. Professor Lineu Prestes 2242 05508-000 São Paulo, SP, Brasil, E-mail: paula.arthur@hotmail.com <sup>3</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA/EMEP, Rodovia Ministro Abelardo Jurema, PB, 008 km 7, Jacarapé III, João Pessoa, PB., CEP 58.000-000, e-mail: camilo.urucum@hotmail.com <sup>4</sup>Prof. Associado do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, Laboratório de Radiobiologia e Ambiente Email: arthur@cena.usp.br

**Resumo** - O objetivo deste trabalho foi verificar se as sementes de algodão de variedade FiberMax FM 993, irradiadas com as doses de 0 (teste); 25; 50; 75; 100 Gy podem induzir o aumento da produção na cultura do algodão. Para todos os tratamentos com irradiação, foi utilizada uma fonte de cobalto-60, tipo Gammacell 220. Após a irradiação, as sementes foram plantadas no campo experimental do Departamento de Produção de Plantas ESALQ-USP, Piracicaba-SP. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, sendo 60 g de sementes utilizadas para cada repetição; as linhas foram 5 m e o espaçamento de 0,90 m. Após o plantio, avaliou-se a altura final e a produtividade. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Concluiu-se que a dose de 50 Gy foi a que induziu maior produção de algodão.

**Palavras-chave:** irradiação, cobalto, doses, cultivares, produtividade.

## Efficiency of gamma radiation in seeds of cotton

**Abstract** - The objective of this research to verify if seeds of cotton of variety FiberMax FM 993, irradiated with the doses of 0 (test); 25; 50; 75; 100 Gy can induce the production increase in cotton. For all treatments with irradiation, was used a source of cobalt-60, type Gammacell 220. After the irradiation, the seeds were planted in the experimental field of the Department of Plant Production ESALQ-USP, Piracicaba-SP. The experimental design was randomized block with four replicates, being 60 g of seed used for each replicate; the rows were 5 m and the spacing of 0.90 m. After planting the final height and productivity were evaluated. The obtained data were statistically analyzed by Tukey test at 5% of probability. It was concluded that the dose of 50 Gy was the one that induced greater production of cotton.

**Keywords:** irradiation, cobalt-60, doses, cultivars, yield.

### Introdução

O algodoeiro *Gossypium hirsutum* L. é uma planta da família das Malváceas já cultivada na antiguidade, tendo-se encontrado na Índia, mas nas Américas há evidências de que civilizações incas utilizavam-no para o artesanato têxtil devido a fragmentos de tecidos feitos com sua fibra encontrados no Peru que se calculavam respectivamente, a 4000 e 2500 a.C. No Brasil, à época do descobrimento, os indígenas já cultivavam o algodoeiro utilizando a sua fibra para a confecção de tecidos, o caroço amassado e cozido na alimentação e o sumo das folhas como remédio (Carvalho, 1996; Costa e Oliveira, 1982; Rezende e Moura, 1990). A fibra é o principal produto do algodoeiro, é a fibra vegetal mais cultivada pelo homem, representando cerca de 74% das fibras naturais utilizadas pela indústria têxtil.

No agronegócio brasileiro, o algodão contribui juntamente com outras matérias primas agrícola para a geração de divisas desde a época colonial. Naquele período sua importância resumia-se ao produto *in natura*. A partir da implantação do parque industrial na década de 30, o algodoeiro passou a sustentar uma expressiva

atividade econômica seja pela exportação de produtos manufaturados têxteis como de outros subprodutos (Moraes, 1997).

Jeronimo (2005) afirmou que o conceito de qualidade da semente envolve a interação dos atributos de natureza física, fisiológica, genética e sanitária. Além disso, sementes de algodão severamente danificadas durante a colheita e o beneficiamento, sofrem reduções em sua qualidade fisiológica, sendo estas passíveis de serem detectadas pelos testes de germinação e vigor.

De acordo com Queiroga e Beltrão (1999), o roteiro do algodão em caroço entre o campo e a usina consiste em: colheita, armazenamento temporário por um mês no campo, transporte, armazenamento temporário por três meses na usina em forma de tulhas, transporte e beneficiamento em descaroçadores de serra ou de rolo. Além dessa etapa, as sementes são ainda deslintadas e armazenadas até a próxima semeadura. A portaria Ministerial nº 607, de 14 de dezembro de 2001, tornou obrigatório o uso exclusivo de sementes deslintadas. Em vários estudos realizados, tem sido demonstrado que o deslintamento sempre mantém a qualidade das sementes (Silva, 1999; Silva et al., 2001; Souza e Beltrão, 1999).

Quando não voltado para a produção de sementes, o caroço (semente) é um subproduto do beneficiamento e/ou descaroçamento, visando à separação da fibra. Ele constitui uma das principais matérias primas para a indústria de óleo comestível, além de fornecer inúmeros subprodutos como resíduos da extração do óleo, torta e farelo, ricas fontes de proteína de boa qualidade e bastante utilizados no preparo de rações, devendo-se eliminar o gossipol, composto tóxico presente na semente (EMBRAPA, 2006 e 2007).

Durante a germinação, a composição química se altera e a velocidade de utilização das reservas varia de acordo com a espécie. A germinação se inicia pela absorção de umidade por embebição, porém, o excesso de umidade provoca decréscimo na germinação uma vez que impede a penetração de oxigênio e reduz todo o processo metabólico resultante (BORGES e RENA, 1993). Para que ocorra satisfatoriamente a germinação, a semente viva e não dormente deve dispor de condições favoráveis de ambiente. Os fatores ambientais essenciais à germinação da semente são oxigênio, água e temperatura (Wiendl, 2010).

Em levantamento realizado para safra 14/15 pela CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), foi estimado um recuo de 11,2% da área plantada de algodão no Brasil com relação à safra anterior (1.121,6 ha), atingindo um total de 995,7 mil hectares, sendo, portanto, a diminuição de 125,9 mil hectares. Os principais fatores são as baixas cotações quando comparadas com o ano anterior, os atuais níveis de preços de mercado das commodities concorrentes (soja e milho) e sobretudo, a forte elevação do custo de produção (CONAB, 2015).

O maior estado produtor, Mato Grosso, deve sofrer a maior redução absoluta do país. Cerca de 80,4 mil hectares deixarão de ser plantados nessa safra, sendo que a redução equivale a 12,5% da área total. Em Goiás a redução da área de algodão (27,8%) se deve a efeitos de problemas relacionados ao menor consumo e aos baixos preços praticados nos mercados interno e externo. A estimativa de produção média do Brasil é de 2387 kg/ha<sup>4</sup> de algodão em caroço, sendo que o estado do Tocantins apresenta a produtividade (2.560 kg/ha<sup>4</sup> de algodão em caroço) (CONAB, 2015).

Em virtude do elevado custo de produção, alternativas para a elevação da produtividade devem ser pesquisadas. O uso de métodos físicos como a irradiação para o incremento da produção pode melhorar significativamente o retorno econômico da cultura, sem efeitos secundários como os danos ao homem e ao ambiente.

O emprego das radiações ionizantes é um método alternativo de se aumentar a produção. Dependendo do nível da dose de radiação ionizante, os organismos apresentam ou não modificações aparentes tais como

inibição, morte ou estimulação. As doses letais ou inibitórias foram muito estudadas e são geralmente altas. Nos vegetais, altas doses de radiação ionizante inibem o brotamento de tubérculos, germinação de sementes e induzem mutações. Os efeitos das radiações dependem além da dose, de outros fatores como: o gênero, a espécie e a variedade das plantas, condições ambientais de cultivo, tipo de solo, adubação. Franco (2013) observou que a radiação gama em baixas doses induziu uma melhora na emergência das plantas de urucum.

Moussa (2006) estudou os efeitos da radiação em plantas de rúcula (*Eruca vesicaria* subsp. *sativa*) originadas de sementes irradiadas com doses de 0, 20, 50, 100 e 200 Gy constatou que além da produção final, massa de sementes e óleos essenciais, também os açúcares totais, amino ácidos livres, fenóis totais solúveis, kinetina (citocinina), GA3, atividade do nitrato redutase e proteína total, também aumentaram significativamente em relação ao controle na dose de 20 Gy. O estudo mostra ainda que o conteúdo de nitrato caiu significativamente e que o conteúdo dos macroelementos como nitrogênio e potássio aumentaram quando o de fósforo manteve-se estável.

Wiendl (2010) estudou sementes de tomate do híbrido "Gladiador" expostas a radiações gama do <sup>60</sup>Co nas doses 0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15 e 20 Gy. Observou-se aumento na produção em todos os tratamentos em relação a testemunha, sendo que o maior estímulo ocorreu para as doses de 10; 12,5 e 15 Gy dentre outros resultados durante os estádios de desenvolvimento das plantas, mostrando que o uso de baixas doses de radiação gama do Co-60 aplicado no tratamento pré-semeadura, nas sementes, mostrou-se eficiente em estimular o desenvolvimento das plantas e aumentar a produção do tomate.

Vilhena (2010) a fim de verificar no campo os efeitos horméticos de baixas doses de radiação gama do Co-60 em sementes de arroz irrigado, aplicou em 90 sacas de arroz semente a dose de 6 krad uma taxa de dose de 0,70 rad.min<sup>-1</sup>. A produção final foi 30% superior a colheita presumida no início da safra sendo que seus vizinhos tiveram, devido à seca na região do município de São Gabriel em 2007, uma quebra de 30% na produção. O mesmo autor também informa que sementes de capim colônio foram irradiadas o que levou a um incremento significativo no número de perfilhos e maior produção final.

Hormese é um fenômeno de dose resposta que é caracterizado por estímulos com baixas doses e inibição a altas doses (Calabrese, 2008).

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido no município de Piracicaba - SP, onde foi realizada a irradiação das

sementes no laboratório de Radiobiologia e Ambiente no Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP e o plantio e teste de germinação foram realizados em uma área do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP.

O solo da área é classificado com Nitossolo Vermelho eutrófico, caracterizado por ser argiloso, estrutura em blocos fortemente desenvolvidos, originado a partir de rochas básicas com diferenciação de horizontes pouco notável e de elevada fertilidade. Corresponde ao que se denominava anteriormente de terra rocha estruturada. O clima na região de plantio é considerado Cwa (clima temperado úmido) de acordo com a classificação Köppen-Geiger. O clima Cwa é caracterizado por inverno seco e verão quente e úmido.

Para o preparo do solo, uma semana antes do plantio foram utilizadas três operações de grade e uma de escarificador juntamente com a adubação, utilizou-se 300 kg de 08-28-16 (Porcentagem de nitrogênio, fósforo e potássio consecutivamente) por hectare, totalizando 8 kg de 08-28-16 no ensaio.

As principais características da cultivar Fiber Max 993, produzido pela Bayer CropScience, utilizado para o experimento são: Planta média/alta moderada, uso normal de regulador de crescimento, resistente ao acamamento, peso do capulho de 5 a 6g, florescimento de 48 a 62 D.A.E (dias após a emergência), colheita de 150 a 190 D.A.E, 4 a 6 ramos vegetativos, 16 a 20 ramos reprodutivos, Resistente à Doença Azul, Resistente à Bacteriose, ótimo rendimento de fibra, boa retenção da pluma na cápsula após a abertura e excelente qualidade de fibra.

Amostras de sementes de algodão da cultivar FM 993, devidamente separadas em lotes de 240 gramas e caracterizadas quanto ao tratamento, foram irradiadas com doses baixas de radiação gama do Cobalto-60 (0; 25; 50; 75 e 100 Gy). A irradiação foi realizada no dia 14/12/2010, no Centro de Energia Nuclear na Agricultura, CENA/USP, Piracicaba, SP, em um irradiador de Cobalto-60, tipo Gammacell 220, da Atomic Energy of Canada Ltd, Ottawa, Canadá.

O teste de germinação foi realizado 24 horas após a irradiação, onde foram utilizadas 4 repetições, cada uma com 50 sementes que foram posicionadas em papel filtro umedecido e colocadas no germinador, sendo a primeira avaliação realizada, 7 dias após, e a segunda e final, realizada 12 dias após.

A sementeira ocorreu 24 horas após a irradiação. Sendo adotado o uso de fileiras de 5m de comprimento e espaçamento de 0,9 m entre fileiras. Cada tratamento constou de 3 repetições, sendo cada uma com 60 g de sementes, totalizando 900 gramas de sementes incluindo a testemunha. Cada uma das repetições constou de 4 fileiras de 5 metros sendo que as fileiras exteriores foram utilizadas como fileiras de bordadura. Cada fileira constou

com cerca de 15 g de semente (equivalente a aproximadamente 150 sementes).

Após 25 dias da germinação foi realizado o desbaste, deixando oito plantas por metro linear.

O manejo plantas daninhas, pragas, doenças e aplicação de regulador de crescimento foram realizados de acordo com as necessidades. Foram realizadas oito avaliações de altura quinzenalmente em um primeiro momento e mensais nos estágios finais de desenvolvimento. Foi realizada a adubação de cobertura na linha de cultivo, utilizando 300 kg de 20-00-20 por hectare, totalizando 8 kg de 20-00-20 no ensaio. Para a avaliação da produtividade ( $\text{kg/ha}^4$ ), foi realizada a colheita total manual, sendo discriminado o número da parcela durante o processo. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

Constam na Tabela 1 os resultados do teste de germinação e pode-se observar que não houve diferença significativa entre os tratamentos com irradiação quando comparadas com a testemunha. Foi possível verificar que todos os tratamentos obtiveram elevada porcentagem de germinação, superior a 96%, demonstrando assim uma boa qualidade do lote de sementes utilizado no experimento.

**Tabela 1.** Teste de germinação em porcentagem das sementes irradiadas com doses crescentes de radiação gama do Cobalto-60

Tratamentos	Germinação (%)
Testemunha	97,0 a
25 Gy	96,5 a
50 Gy	96,5 a
75 Gy	97,5 a
100 Gy	97,5 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Constam na Tabela 2 os valores médios das alturas das plantas dos tratamentos com radiação e testemunha, onde se verificam diferenças significativas entre os tratamentos nos oitos período de avaliações, até a paralisação do crescimento devido a uma maior dose de regulador de crescimento (PIX HC) utilizado propositalmente com esse intuito.

Pelos resultados obtidos, é possível verificar que apesar de que em alguns períodos a altura média de muitos tratamentos não apresentam diferença estatisticamente significativa com a testemunha, mas posteriormente todos os tratamentos diferiram

estatisticamente da testemunha e entre si no dia 15/05, sendo que, no primeiro período, os tratamentos com as doses de 25 e 100 Gy não apresentaram diferença significativa com a testemunha. No decorrer dos períodos de avaliações, as plantas foram se desenvolvendo mais rapidamente até ultrapassar os tratamentos intermediários. Para a cultura de algodão, esses resultados não são recomendáveis, pois existe uma

relação entre a altura ideal da planta com o espaçamento, devido a isso quando ocorre o crescimento perene da cultura são utilizados reguladores de crescimento. Como o espaçamento utilizado no experimento foi de 0,9m, a altura ideal do stand seria de 1,35m. Portanto, os melhores resultados foram obtidos com os tratamentos com doses de 100; 75 e 50 Gy.

**Tabela 2.** Valores médios da altura das plantas dos tratamentos com doses crescentes de radiação gama do Cobalto-60, em oito diferentes períodos

Tratamentos	19/01	03/02	16/02	02/03	18/03	25/03	30/04	15/05
Testemunha	27,03 a	49,78 a	67,67 a	92,00 a	110,28 a	110,61 a	117,73 a	119,67 a
25 Gy	31,15 ab	51,56 ab	70,17 ab	98,11 ab	116,50 ab	116,61 a	122,56 a	125,70 b
50 Gy	32,83 b	54,89 ab	73,56 ab	101,56 bc	118,50 b	126,17 b	129,73 b	131,00 c
75 Gy	32,50 b	56,50 b	79,13 b	107,06 c	126,68 c	132,67 c	135,11 bc	136,33 d
100 Gy	30,11 ab	50,15 a	69,61 a	99,44 b	122,28 bc	129,61 bc	140,00 c	143,33 e

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância

Constam na Tabela 3 os valores médios de produtividade em  $\text{kg}/10^4\text{m}^2$  dos tratamentos com doses crescentes de radiação gama do Cobalto-60.

**Tabela 3.** Valores médios de produtividade dos tratamentos com doses crescentes de radiação gama do Cobalto-60

Tratamentos	Produtividade ( $\text{kg}/10^4.\text{m}^2$ )
Testemunha	2.244,67 a
25 Gy	2.691,33 cd
50 Gy	2.800,00 d
75 Gy	2.486,67 bc
100 Gy	2.388,67 ab

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância

Pelos resultados obtidos pode-se observar que houve um estímulo positivo nas sementes aumentando os níveis de produtividade em kilograma por hectare, quando foram irradiadas com baixas doses de radiação em relação a testemunha. As doses que melhores resultados apresentaram foram as de 25 Gy e 50 Gy, com uma produção de aproximadamente 25% em relação a testemunha. É importante ressaltar que, durante o desenvolvimento do experimento, doses de adubo, de regulador de crescimento e aplicação de defensivos foram realizadas de forma cautelosa e mais uniforme possível, para evitar as interferências desses produtos nos resultados de produção. Algumas doses diferiram estatisticamente da testemunha, com exceção do tratamento com 100 Gy, que apesar de apresentar uma altura superior quando comparado com os outros tratamentos, sua produção foi inferior.

## Conclusão

Pelos resultados obtidos concluiu-se que a dose de 50 Gy foi a que induziu uma maior produtividade de algodão.

## Referências

- BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. Germinação de sementes. Sementes Florestais Tropicais, Brasília: **Abrates**, p. 83-135, 1993.
- CALABRESE, E.J. (2008) Hormesis and medicine. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 66: 594–617. doi: 10.1111/j.1365-2125.2008.03243.
- CARVALHO, P.P. **Manual do algodoeiro**. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 1996. 282p.
- CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quarto levantamento**, janeiro 2015 / Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília, DF: 2015.
- COSTA, M.T.P.M.; OLIVEIRA, A.C.S. Aspectos econômicos da cultura do algodão. **Informe Agropecuário**, v.8, n.92, p. 3-7, 1982.
- EMBRAPA – **Algodão. Cultura do algodão herbáceo na agricultura familiar**. 35p., 2006.
- EMBRAPA – **Transformação de algodoeiro via tubo polínico: otimização e perspectiva de aplicação**. / Raquel Sampaio de Oliveira... [et al.]. – Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. 30 p. il.

(Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia).

FRANCO, C.F. **Efeitos das radiações gama na quebra de dormência de sementes de urucum**. Trabalho de Pós-Doutorado – CENA/USP, 87p., 2013.

JERÔNIMO, J.F. **Efeito de três descaroçadores sobre danos mecânicos, qualidade da semente e tecnologia da fibra de duas cultivares de algodão**. 2005. 55f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

MORAES, N.C. **Competitividade do algodão brasileiro no mercado internacional e implicações da integração ao Mercosul**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 68p. Dissertação de Mestrado.

MOUSSA, H.R. Gamma Irradiation Regulation of Nitrate Level in Rocket (*Eruca vesicaria* subsp. sativa) Plants. **Journal of New Seeds**, v. 8, n. 1, p.91-100. Sept. 2006.

QUEIROGA, V.P.; BELTRÃO, N.E.M. Armazenamento. In: BELTRÃO, N.E.M. **O agronegócio do algodoeiro no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, 1999. p. 457-469.

RESENDE, L.M.A.; MOURA, P.A.M. Aspectos econômicos da cultura do algodoeiro. **Informe Agropecuário**, v.15, n.166, p. 5-12, 1990.

SILVA, O.R.R.F.; QUEIROGA, V.P.; BEZERRA, J.R. C.; SANTOS, J.W. Influência do beneficiamento e do deslintamento na germinação e vigor da semente de algodão herbáceo. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 3. 2001, Campo Grande. Produzir sempre, o grande desafio - **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão; Campo Grande: UFMS; Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**, 2001. p. 923-924.

SILVA, N.M. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil. In: CIA. E.; FREIRE, E.C.; SANTOS, W.J. (Eds) **Cultura do Algodoeiro**. Piracicaba: POTAFÓS, 1999, p.57-92.

SOUZA, J.G., BELTRÃO, N.E.M. Fisiologia. In: BELTRÃO, N.E.M. (org.) **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. Campina Grande: 1999, Embrapa. p. 87-116.

VILHENA, M.T.M.B. **Aumento na produtividade de arroz e capim colômbio com uso de baixas doses de raios gama do Co-60, no Município de São Gabriel, Estado do Rio Grande do Sul**. – UFRGS - (comunicação pessoal), 2010.

WIENDL, T.A. **Efeitos de baixas doses de radiação do Co-60 (Radio-hormesis) em sementes de tomate**. 2010. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear - Aplicações) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.