Rommel dos Santos Siqueira Gomes
Luciana Cordeiro do Nascimento
Organizadores

Princípios em Ciências Agrárias

S & S Editora
2020

G617e
Gomes, Rommel dos Santos Siqueira.
Princípios em ciências agrárias [recuso eletrônico] / Rommel dos Santos Siqueira Gomes; Luciana Cordeiro do Nascimento. – João Pessoa, PB: S & S Editora, 2020.
647 p.

Recuso digital
Formato: PDF
Requisitos do sistema: Adobe Digital Editions
Modo de acesso: World Wide Web
ISBN 978-65-81045-01-2

1. Agricultura tropical. 2. Ciências agrárias. 3. Engenharia. 4. Nascimento, Luciana Cordeiro do. I. Título.

CDD:630

Ficha catalográfica elaborada por
Débora Soares Vicente de Santana – Bibliotecária CRB-9/1914

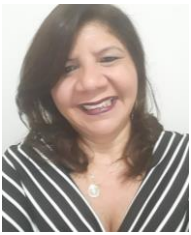
Índices para catálogo sistemático:
1. Agricultira tropicl: Ciéncias agrárias 640

Os capítulos e suas revisões são de responsabilidade dos autores.

Sobre os organizadores



Rommel dos Santos Siqueira Gomes
Doutor em Agricultura Tropical e Mestre em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB e Graduação em Agronomia pelo Centro de Ciências Agrárias / UFPB.



Luciana Cordeiro do Nascimento
Doutora e Mestre em Fitopatologia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Professora Adjunta III com Dedicação Exclisiva no Centro de Ciências Agrárias / UFPB.

Apresentação

É com satisfação que apresentamos o primeiro volume do livro que compõe uma série de trabalhos científicos apresentados no I Workshop Nordestino de Fitossanidade. Neste material constam os capítulos de diversas partes do Nordeste e especialmente do Semiárido Brasileiro.

Nesta edição, buscou-se oportunizar o contato e o debate de ideias entre pesquisadores, professores e alunos sobre a evolução e os avanços das Ciências Agrárias, promovendo a divulgação do conhecimento científico junto à comunidade acadêmica, setores de serviços e à população da região Nordeste.

Por fim, esta publicação traz uma oportunidade única para fomentar a integração dos grupos de pesquisas e discussão dos temas concernentes aos Princípios em Ciências Agrárias e suas implicações.

Boa leitura!

SUMÁRIO

Capítulo 1: Ação de fitohormônios sobre a germinação e dormência de sementes de *Carica papaya* L. 11

Capítulo 2: Agricultura de precisão como tecnologias que poupam água na fruticultura.....24

Capítulo 3: Análise da influência dos elementos climatológicos na evapotranspiração de referência a partir de correlação para São Gonçalo – PB no ano de 2015 58

Capítulo 4: Aplicação nitrogenada na fitomassa relacionada ao número de frutos de abobrinha italiana com e sem silício...68

Capítulo 5: Aspectos de crescimento e produção de massa seca de porta-enxertos de cajueiro irrigados com águas salinas e aplicação de biofertilizante bovino.....85

Capítulo 6: Brotação aos 15, 20 e 25 DAP e número de colmos industrializáveis de cana-de-açúcar por metro submetidos ao uso de bioestimulante sob diferentes densidades de plantio95

Capítulo 9: Crescimento de girassol irrigado com águas salinas e adubado com biofertilizante bovino 136

Capítulo 10: Crescimento de girassol ornamental de corte sob doses de silicato de potássio e regimes hídricos 146

Capítulo 11: Crescimento de porta-enxertos de cajueiro sob diferentes condutividades elétricas e aplicação de biofertilizante bovino 163

Capítulo 12: Crescimento e índices de clorofila *em Vigna unguiculata* (L.) Walp sob fontes orgânicas de adubação.. 173

Capítulo 13: Crescimento inicial de berinjela sob regimes hídricos e doses de silício..... 185

Capítulo 14: Crescimento inicial de cultivares de girassol ornamental irrigadas com água de distintas salinidades.... 200

Capítulo 15: Curso diário de trocas gasosas em plantas jovens de *Hymenaea courbaril* L. 217

Capítulo 16: Densidade de semeadura e utilização de inseticida natural no cultivo do Feijão Caupi 229

Capítulo 17: Desenvolvimento inicial de *Licania rigida* Benth. com diferentes granulometrias de coprólitos de minhocas e pó de rocha 248

Capítulo 18: Desenvolvimento vegetativo de *Cucurbita pepo* L. em função de níveis de nitrogênio com e sem silício..... 260

Capítulo 19: Efeito da compostagem e da adubação verde no cultivo de rúcula (*Eruca Sativa Miller*) como estratégia sustentável para produção de hortaliças 277

Capítulo 20: Efeito do Nitrogênio na produção da abobrinha caserta associado com silício 288

Capítulo 21: Efeito do uso de inoculante líquido sob duas cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) 302

Capítulo 22: Estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes de *Bowdichia virgilioides Kunth.* 317

Capítulo 23: Estudo e abordagem sobre publicações a respeito dos fungos micorrízicos ao longo dos anos, sob panorama geral 334

Capítulo 24: Fitomassa de *Hyptis suaveolens* L. submetida à salinidade da água de irrigação e aplicação do ácido salicílico 346

Capítulo 25: Fixação biológica de nitrogênio: benefícios para a agricultura familiar 357

Capítulo 26: Fluorescência da clorofila "a" em plantas jovens de *Erythroxylum pauferrense* Plowman em função da variação diurna..... 374

Capítulo 27: Fotossíntese e aclimatização de videiras ao estresse hídrico 385

Capítulo 28: Germinação e vigor de sementes de Erythrina velutina Willd. em função do umedecimento do substrato em diferentes temperaturas 399

Capítulo 29: Importância dos alimentos orgânicos para a segurança alimentar 414

Capítulo 30: Índice de pega e teste de emergência em mudas de Bauhinia forficata Linn. 425

Capítulo 31: Influência de estresses abióticos no crescimento e desenvolvimento das plantas 435

Capítulo 32: Influência do uso de nitrogênio e silício no desenvolvimento da fitomassa de abobrinha italiana 454

Capítulo 33: Produção de mudas de café conilon em tubetes utilizando diferentes combinações de substrato 469

Capítulo 34: Profundidades e posições de semeadura na emergência de plântulas de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W.Jobson 484

Capítulo 35: Qualidade fisiológica de sementes de *Hyptis suaveolens* L., oriundas de diferentes lotes 498

Capítulo 36: Qualidade química em frutos de abobrinha italiana sob adubação nitrogenada com e sem silício 510

Capítulo 37: Sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. submetidas às concentrações salinas e temperaturas 528

Capítulo 38: Sistemas de informações geográficas como ferramenta acessível na geração de mapas 542

Capítulo 39: Substratos e temperaturas para germinação e vigor de sementes de *Myroxylon balsamum* (L.) Harms ... 556

Capítulo 40: Teste de emergência, índice de pega e avaliação de desenvolvimento em mudas de *Moringa oleifera* Lam.. 573

Capítulo 41: Tolerância de mudas de acerola à salinidade na água de irrigação em função da aplicação de fertilizantes orgânicos 587

Capítulo 42: Trocas gasosas em manjericão submetido ao estresse salino e regulador de crescimento vegetal 601

Capítulo 43: Utilização do software QGIS para geração de mapas temáticos do município de São Gabriel- RS..... 615

Capítulo 44: Variação diurna dos índices de fluorescência da clorofila a em plantas de Hymenaea courbaril L. 623

Capítulo 45: Volumes de água no substrato e temperaturas para germinação e vigor de sementes de *Chorisia glaziovii* O. Kuntze..... 633

Capítulo 1: Ação de fitohormônios sobre a germinação e dormência de sementes de *Carica papaya* L.

Jean Telvio Andrade Ferreira
Fernando Antônio Lima Gomes
Jackson Silva Nóbrega
Márcio Santos da Silva

RESUMO: O mamão (*Carica papaya* L.) é uma cultura de importância econômica para o Brasil, possuindo boas características produtivas e de adaptação ao clima tropical que a fazem ter altas produções durante todo o ano. Com isto vem tendo destaque no mercado mundial, ocupando o 2º lugar em produção mundial, com uma produtividade média de 1,5 milhões de toneladas por ano. Porém, algumas limitações podem fazer com que ocorra diminuição da produção, dentre as quais se destaca o retardamento da germinação causado principalmente pela dormência. Para que essas perdas de produção sejam minimizadas tornam-se necessárias práticas como o uso de fitohormônios, como as giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico. Esses reguladores de crescimento atuam nos processos fisiológicos atuando principalmente como sinalizadores químicos onde podem desempenhar o papel de mediadores do crescimento e desenvolvimento da planta. Entre os principais benefícios para as sementes dos fitohormônios podemos destacar a mobilização de reservas do

endosperma, promovendo o crescimento da parte aérea do embrião, os processos pós-germinação estimulando o crescimento da radícula, e a promoção de efeitos antagônico a agentes inibidores da germinação. Diante disto torna-se fundamental um conhecimento aprofundado sobre os estudos de fitohormônios como efeitos inibitórios da dormência em sementes de mamão, afim de obter um maior êxito na produção dos mesmos.

PALAVRAS-CHAVE: Germinação; vigor de sementes; reguladores de crescimento

INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é uma espécie pertencente à família Caricacea e do gênero *Carica*, com expressiva importância econômica no contexto agrícola brasileiro (SILVA et al., 2017). Por ser considerado uma cultura que apresenta características que facilitam seu cultivo, como densidade de plantas, rápido desenvolvimento e crescimento, fácil propagação, alta produtividade e possível de ser produzida durante o ano todo (BARRETO et al., 2010), o mamoeiro apresenta uma crescente demanda na fruticultura nacional.

A principal forma de propagação é por meio de sementes em virtude de ser considerado um método prático e mais barato, no entanto, apresenta germinação lenta e desuniforme (MELO; SELEGUINE, 2013). A ocorrência do retardamento e desuniformidade na germinação estão associadas à presença de substância inibidoras contidas nos envoltórios da semente, a

sarcotesta (externo) e esclerotesta (interno) (LOPES et al., 2009; FREITAS et al., 2011).

Esse retardamento na germinação pode ser oriundo de um fenômeno chamado dormência, o qual é uma característica intrínseca da semente, funcionando como um mecanismo natural às condições adversas do ambiente, sendo atribuída a fatores como tegumentos impermeáveis, maturidade fisiológica da semente, substâncias inibidoras e a condições ambientais, como luz, temperatura e umidade (CASTRO et al., 2017; PIVETA et al., 2018).

A germinação e dormência de sementes estão associadas às substâncias que regulam o crescimento vegetal denominados de reguladores de crescimento ou fitohormônios. Os reguladores de crescimento são hormônios capazes de promover alterações no crescimento e desenvolvimento vegetal, desencadeando uma cascata de eventos metabólicos, promovendo alterações no desenvolvimento intracelular, resultando em modificações nos processos fisiológicos e morfológicos da planta (MORTELE et al., 2011).

Os hormônios vegetais influenciam diversas etapas do desenvolvimento vegetal, desde a germinação até a frutificação e maturação, onde as auxinas, giberelinas e citocininas atuam sobre o crescimento vegetal, o etileno atua na maturação de frutos e na indução da abscisão foliar e o ácido abscísico está associado à maturação e a dormência de sementes (TAIZ et al., 2017).

DESENVOLVIMENTO

Importância da cultura do mamoeiro

A cultura do mamoeiro é considerada uma planta de expressiva importância par o setor frutícola, apresentando uma ampla faixa de cultivo no Brasil, apresentando cada vez mais importância no contexto nacional da produção agrícola (SOUSA et al., 2017). Em termos de produtividade o Brasil ocupa o 2º lugar como produtor mundial de mamão, com uma produtividade média de 1,5 milhões de toneladas por ano (FAO, 2016).

A exploração se torna cada vez mais crescente em todo o território brasileiro, sendo registrados nos últimos anos aumentos tanto na produção quanto no número de áreas exploradas, consequência da grande aplicação de tecnologias, das qualidades nutricionais e excelente sabor do fruto e das vantagens financeiras promovidas pela expansão do mercado interno do mamão (LIMA et al., 2018).

O mamoeiro é propagado por sementes, estacas ou por enxertia, no entanto, a maioria dos produtores adota a propagação via seminal, com sua germinação variando de 10 a 20 dias (LIMA et al. 2018). A propagação por sementes é mais utilizada em função da maior facilidade de ser maneja e transporte, necessidade de pouca estrutura e adequado desenvolvimento do sistema radicular (HORBACH et al., 2014).

Germinação e dormência de sementes

O processo de germinação é definido como o fenômeno pelo qual a semente quando submetida a

condições apropriadas, dar-se o prosseguimento ao desenvolvimento do eixo embrionário que antes havia sido interrompido, em sementes ortodoxas, em função do alcance da maturidade fisiológica (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). O processo tem início com a embebição da semente, sendo completado a partir do crescimento do eixo embrionário considerando-se a protrusão da radícula (LABORIAU, 1983).

O processo germinativo é influenciado por diversos fatores, tanto internos aqueles referentes à própria planta e externos que se refere às condições ambientais que exercem alguma influência sobre a germinação. Dentre os fatores externos que influenciam no processo germinativo destacam-se a água, temperatura, luz e oxigênio. A influência da temperatura e da luz na germinação é variável, dependendo da espécie e população, onde cada uma apresenta a faixa ideal de temperatura para que ocorra a germinação (BEWLEY et al., 2013).

No entanto, a germinação de algumas sementes apresenta um entrave, chamado dormência. A dormência é o fenômeno pelo qual sementes de uma determinada espécie, mesmo sendo viáveis e possuindo todas as condições ambientais favoráveis para germinar, no entanto, não conseguem germinar (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A dormência é um processo que distribui a germinação ao longo do tempo, sendo resultado da estratégia evolutiva das espécies para garantir que encontrem condições ambientais favoráveis, para que possa ocorrer o desenvolvimento de plantas adultas, bloqueando a germinação sob condições ambientais

favoráveis imediatas em diferentes graus dentro de uma população, de forma que ocorra a proteção das sementes contra a deterioração e sendo superada ao longo do tempo e sob condições naturais de clima ou alterações climáticas (LUCENA et al., 2016).

A semente de mamão apresenta-se envolta por duas membranas, uma externa chamada sarcotesta ou arilo, apresentando-se como um material mucilaginoso a interna denominada esclerotesta e envolve o tégmen (TOKUHISA et al., 2007). Estas estruturas apresentam sua constituição substâncias que podem promover o retardamento e desuniformidade da germinação (LOPES et al., 2009).

Papel dos hormônios vegetais na germinação

O uso de reguladores de crescimento é uma prática crescente na agricultura brasileira, promovendo o crescimento e o aumento da produtividade das culturas. Os reguladores de crescimento são substâncias que atuam nos processos fisiológicos, atuando como sintetizadores químicos que regulam o crescimento e desenvolvimento da planta (ZUCARELI et al., 2014). Dentre os reguladores de crescimento destaca-se a ação das auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico.

As giberelinas (GAs) atuam regulando diversos processos fisiológicos na planta, tais como o processo germinativo de sementes, mobilização de reservas do endosperma, promovendo o crescimento da parte aérea do embrião, florescimento, rege a passagem da fase juvenil para a madura e o estabelecimento do fruto (TAIZ et al., 2017). Promove o crescimento do caule, estimulando o alongamento e a divisão celular (SALISBURY; ROSS, 2013).

As GAs controlam e promovem a germinação em função de ser propulsora da síntese das hidrolases, especialmente a α-amilase, enzima responsável pela ativação da germinação (ALMEIDA et al., 2015). A associação com nitrato (NO_3) pode ser um promotor da germinação em algumas espécies (ZANOTTI et al., 2014).

As citocininas atuam na germinação promovendo a quebra de dormência em algumas sementes, atuando como um agente substituinte a luz em sementes fotoblásticas positivas como a alface e inibir o efeito de inibidores da germinação (ZUCARELI et al., 2014). Além de atuar na germinação inibindo a ação de substâncias que inibem a germinação, as citocininas atuam em processos pós-germinação, estimulando o crescimento da radícula (TOLEDO et al., 2015).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), as citocininas desempenham papel fundamental na interação entre estimulantes e inibidores da germinação, sendo atribuída a função de anular a ação dos inibidores permitindo que a giberelina promova os estímulos e ativação da α-amilase. Além de atuar estimulando a divisão e expansão celular, as citocininas agem promovendo efeito sinérgico a luz e atenuam os efeitos dos inibidores do processo germinativo, como o ácido abscísico e as cumarinas (MARCOS FILHO, 2015).

O etileno é outro fitohormônio que em condições mínimas regula uma série de eventos sobre o desenvolvimento vegetal, incluindo mecanismo de sinalização na defesa contra estresses, abscisão foliar, germinação de sementes, senescência de órgãos,

crescimento vegetal e de patógenos (PEREIRA; BELTRAN, 2002).

Durante o processo de embebição da semente o etileno pode atuar promovendo efeito antagônico a agentes inibidores da germinação proporcionados por condições de estresses ambientais, como temperatura elevada, metais pesados e salinidade (SILVA et al., 2014). O etileno pode influenciar na sensibilidade do ácido abscísico, promovendo a aceleração ou retardamento da germinação (WILSON et al., 2014).

O ácido abscísico (ABA) está diretamente associado à germinação, isto em função de estar ligada a presença de dormência nas sementes (CORBINEAU et al., 2014). Este efeito está relacionado à síntese, percepção e sinalização do ABA em associação ao catabolismo das giberelinas, mantendo a semente dormente (KOSERA NETO et al., 2015).

De acordo com Arc et al. (2013) a dormência é um fenômeno adaptativo da semente as condições favoráveis, sendo este processo induzido pelo ácido abscísico durante a formação da semente na planta mãe, estando os níveis de ABA mais elevados com o aumento da maturidade fisiológica das sementes.

CONCLUSÕES

A germinação das sementes de mamoeiro pode ser lenta e desuniforme, atribuído a possíveis substâncias contidas nos envoltórios da semente, as quais podem induzir a dormência. Essa dormência pode ser atribuída a características da própria semente, como tegumentos impermeáveis, maturidade fisiológica da semente,

substâncias inibidoras e a condições ambientais, como luz, temperatura e umidade.

A germinação e dormência estão associadas à fitohormônios os quais são responsáveis por estimular ou inibir a germinação. Os reguladores vegetais também atuam em diversos processos fisiológicos, morfológicos e bioquímicos, como expansão e divisão celular, senescência e abscisão foliar, mobilização de reservas no endosperma, maturação de frutos, entre outros.

REFERÊNCIAS

ARC, E.; SÉCHET, J.; CORBINEAU, F.; RAIJOU, G.; MARION-POLL, A. ABA crosstalk with ethylene and nitric oxide in seed dormancy and germination. **Frontiers in Plant Science**, v. 26, p. 4-63, 2013.

ALMEIDA, E. M.; DIJKSTRA, D.; RIBEIRO, F. M.; SOUSA, R. M.; ZANATA, F. A.; MACHADO, A. S.; RIOS, A. D. F. O uso de reguladores de crescimento vegetal em plantas forrageiras. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 12, n. 5, p. 4302-4308, 2015.

BARRETO, H. B. F.; COSTA, E. M.; OLIVEIRA, D. M.; SILVA, K. B.; ARAUJO, J. A. M. Custos de produção e rentabilidade do cultivo do mamão formosa (Tainung nº1) na cidade de Baraúna - RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 2, p. 96-102, 2010.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. . **Seeds: physiology of development and germination and dormancy**. New York: Springer. 2013, 392p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal – SP: Funep, 2000, 588p.
CASTRO, D. S.; ARAUJO, E. F.; BORGES, E. E. L.; AMARO, H. T. R. Caracterização da testa de sementes de *Apuleia leiocarpa* (VOGEL) J. F. MACBR) após superação de dormência. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 1061-1068, 2017.
CORBINEAU, F.; XIA, Q.; BAILLY, C.; EL-MAAROUF-BOUTEAU, H. Ethylene, a key factor in the regulation of seed dormancy. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, p. 539, 2014.
FAO - Food and Agriculture Organization of the United Organizations. **Productio. Crops Primary**. 2016. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 16 de julho de 2018.
FREITAS, S. J.; BARROSO, D. G.; SILVA, R. F.; MARTINS, V. H. C. R.; FREITAS, M. D. S.; FERREIRA, P. R. Métodos de remoção da sarcotesta na germinação de sementes de jaracatiá. **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p. 91-96, 2011.
HORBACH, M. A.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M.; AJALA, M. C.; LIMA, P. C.; SCHULZ, D. C. Métodos de propagação do pinhão-manso (*Jatropha curcas*). **Advances in Forestry Science**, v. 1, n. 1, p. 53-57, 2014.
KOSERA NETO, C.; FABIANE, K. C.; RADAELLI, J. C.; WAGNER JÚNIOR, A.; MOURA, G. C. Métodos para superação de dormência em sementes de tomateiro arbóreo (*Solanum betaceum*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 54, n. 4, p. 420-425, 2015.
LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria da OEA, 1983.

LIMA, L. L. C.; SILVA, D. J.; SILVA, L. E. B.; BARROS, R. B. Índice de germinação de sementes de duas variedades de mamão (*Carica papaya* L.) em substrato Bioplant®. **Diversitas Journal**, v. 3, n. 1, p. 45-50, 2018.
LOPES, A. W. P.; SELEGUINI, A.; BOLIANI, A. C.; CÔRREA, L. S. Estádio de maturação do fruto e uso do ácido giberélico na germinação de sementes de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 4, p. 278-284, 2009.
LUCENA, J. S.; SILVA, J, R. B.; BARBOSA, R. C. A.; SANTOS, L. L. Q.; MEDEIROS, F. E. A quebra de dormência e germinação de sementes florestais sob a influência de campo magnético. **Revista Técnica em Sistemas Agroindustriais**, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2016.
MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 659p.
MELO, A. P. C.; SELEGUINI, A. Estádio de maturação de frutos e remoção física da sarcotesta na produção de mudas de mamão. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 1, p. 20-25, 2013.
MORTELE, L. M.; SANTOS, R. F.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; BONATO, C. M.; CONRADO, T. Efeito de biorregulador na germinação e no vigor de sementes de soja. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p. 651-660, 2011.
PEREIRA, W. S. P.; BELTRAN, A. Mecanismo de ação e uso do 1-MCP – bloqueador de etileno, visando prolongar a vida útil das frutas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado: fruteiras tropicais – doenças e pragas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p. 31-44.
PIVETA, G.; MIETH, A. T.; GARCIA, F. A. O.; MUNIZ, M. F. B. Qualidade sanitária e fisiológica de *Senna macranthera*

(DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby quando submetida a métodos de superação da dormência. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 836-844, 2018.
SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. Wadsworth, Inc., 2013. 773p.
SILVA, P. O.; MEDINA, E. F.; BARROS, R. S.; RIBEIRO, D M. Germination of salt-stressed seeds as related to ethylene biosynthesis ability in three stylosanthes species**. Journal of Plant Physiology**, v. 171, p. 14–22, 2014.
SILVA, L. S.; ALMEIDA, B. C.; SOUSA, P. G. R.; COSTA, R. N. T.; BEZERRA, M. J. M.; VASCONCELOS, D. V. Características bioquímicas do mamão em função da cinza vegetal e cobertura morta em cultivo agroecológico. Revista **Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 6, p. 1904 – 1913, 2017.
SOUSA, P. G. R.; SOUSA, J. P. F.; SOUSA, A. M.; COSTA, R. N. T. Produtividade do mamoeiro cultivado sob aplicação de cinzas vegetais e bagana de carnaúba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, n.1, p. 1201 - 1212, 2017.
TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal***.* 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
TOKUHISA, D.; DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M.; HILST, P. C.; DEMUNER, A. J. Compostos fenólicos inibidores da germinação em sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29 n. 3, p. 180-188, 2007.
TOLEDO, M. Z.; FACHIM, C. A.; ZUCARELI, V. Qualidade fisiológica de sementes esverdeadas de soja tratadas com

bioestimulante. **Revista de Agronomia**, v. 90, n. 1, p. 63-76, 2015.

ZANOTTI, R. F.; DIAS, D. C. F. S.; BARROS, R. S.; DAMATTA, F. M.; OLIVEIRA, G. L. Germination and biochemical changes in 'Formosa' papaya seeds treated with plant hormones. **Acta Scientiarum**, v. 36, n. 4, p. 435-442, 2014.

ZUCARELI, V.; ONO, E. O.; FERREIRA, G.; KROHN, N. G. Germinação de sementes de maracujazeiros: água, luz, temperatura e reguladores vegetais. **Journal of Agronomic Sciences**, v.3, n. especial, p.98-113, 2014.

WILSON. R. L.; KIM, H.; BAKSHI, A.; BINDER. B. M. The ethylene receptors ethylene response 1 and ethylene response 2 have contrasting roles in seed germination of arabidopsis during salt stress. Plant Physiology, v. 165, p. 1353-1366, 2014.

Capítulo 2: Agricultura de precisão como tecnologias que poupam água na fruticultura

Rommel dos Santos Siqueira Gomes
Adailza Guilherme Cavalcante
Whalamys Lourenço de Araújo
Rejane Maria Nunes Mendonça

RESUMO: As mudanças climáticas vivenciadas neste século têm provocado alterações na atual conjuntura econômica do setor agrícola no Brasil, o que gera uma série de transformações nas atividades, cada vez mais competitiva e exigindo do produtor maior nível de especialização, capacidade de gerenciamento, profissionalismo e uso mais eficiente dos insumos agrícolas. Para isso, tem-se gerado novas tecnologias disponibilizadas pela agricultura de precisão, o que representa um leque de opções que permite o acesso a informações diferenciadas e, até pouco tempo atrás, inimagináveis. Tais informações vêm tornando possíveis as observações nas áreas agrícolas, de forma inovadora, principalmente na utilização adequada dos insumos, em particular ao uso eficiente da água. Entretanto, existem poucos relatos sobre tais tecnologias que poupem água na fruticultura, bem como das reais utilidades práticas dessas tecnologias já aplicadas em sistemas de cultivos para produção frutas. O trabalho teve como objetivo realizar uma abordagem sobre estado da arte das tecnologias que poupem água na fruticultura, visando atender as necessidades para implantação de técnicas de aplicação

deste insumo na produção de frutas, seja pela otimização da irrigação e/ou utilização de água de qualidade inferior na fruticultura. A Agricultura de Precisão é uma estratégia holística e ambientalmente amigável, na qual os agricultores podem variar as entradas de insumos e os métodos de cultivo, baseados na variabilidade do solo e das condições da cultura ao longo do tempo. Seu objetivo é melhorar, em termos quantitativos e qualitativos, a produção agrícola como também minimizar a degradação do meio ambiente. Em alguns sistemas de produção de frutas na agricultura brasileira, áreas de pequenas extensões, a variabilidade espacial dos insumos e da planta são observada. Sendo que várias alternativas de uso eficiente da água podem ser aplicadas, e estas têm demonstrado que a produtividade não é 100% afetada, viabilizando a sua utilização.

PALAVRAS-CHAVE: Fruticultura, gotejamento, irrigação subsuperficial

INTRODUÇÃO

Agricultura de precisão é um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial e temporal da unidade produtiva que visa aumentar o retorno econômico, à sustentabilidade e à minimização do efeito ao ambiente (BRASIL, 2012). Configura uma estratégia utilizada pelo agricultor para otimizar o uso de insumos e as práticas de cultivo, a partir da variabilidade do solo e da cultura em uma área agrícola.

A Agricultura de Precisão envolve coleta e compilação de dados, planejamento de gestão e procedimentos que contribuam para um melhor

entendimento e manejo dos recursos naturais, de modo que o uso destes insumos e a realização de práticas agrícolas sejam mais eficientes, além do uso intenso de informações, para entender a variação dos recursos naturais em uma área, associado com os aspectos da produção, considerando elementos importantes para a produção como informação, tecnologia e gerenciamento (SRINIVASAN, 2009).

As tecnologias adotadas se fundamentam em vários aspectos, especialmente em sensores e monitores de produção, sensores locais e remotos, sistema de posicionamento global (GPS), sistema de informação geográfica (SiG), sistemas para interpretação e análise de dados, equipamentos e maquinaria para aplicação de insumos com taxa variável (ARNÓ et al., 2009).

A adoção de tecnologias que visam a otimização dos insumos necessários para a agricultura é uma variável qualitativa e condicionada tanto por características econômicas, culturais e sociais quanto também subjetivas dos produtores. Dentre os insumos de maior importância para a agricultura está a água. Sua escassez é o principal problema para a produção agrícola, principalmente em regiões que passam por longos tempos de estiagem, como o Nordeste.

O conceito de desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos deve promover a integração de todos os componentes biogeofísicos, econômicos e sociais para enfrentar a escassez e promover nova ética para a água, com base em considerações sociais, otimização dos usos múltiplos, controle do desperdício e recuperação de sistemas degradados. Para promover a compatibilização entre as diversas demandas de recursos hídricos e a

limitação da oferta deve-se estabelecer um ambiente que se permita harmonizar os aspectos econômico, social e ambiental (FEITAL et al., 2008).

A busca por técnicas que aumentem a produtividade e qualidade das culturas com o uso racional dos recursos hídricos é cada vez mais intensa. Esse é o principal objetivo da agricultura moderna, que se preocupa em investir cada vez mais em tecnologia para ampliar a produtividade, reduzir custos e melhorar a qualidade do produto de forma sustentável. Neste contexto, surgiu então, a necessidade de estimar o consumo de água pelas culturas por sistemas que visam evitar gastos excessivos de água, como o gotejamento (COSTA, 2014).

A Agricultura de Precisão auxilia neste processo quando possibilita a aplicação de tecnologias que poupam água na produção agrícola, principalmente em culturas perenes, como as frutíferas, seja com o uso de lâminas de irrigação mínimas adequadas; com o uso de água de má qualidade, seja esta salina ou de origem residuária; uso de técnicas de alternância de irrigação e turno de rega, entre outras, que visam a máxima eficiência do uso da água que se tem disponível.

Até o momento, é incipiente a utilização de tecnologias da Agricultura de Precisão na fruticultura por produtores brasileiros. Diante do exposto, objetivou-se com esta revisão abordar a evolução e o estado da arte acerca da agricultura de precisão na fruticultura, visando atender as necessidades para implantação de tecnologias que poupem o uso da água na agricultura, em sistemas de cultivo com frutícolas de clima tropical.

Agricultura de Precisão

Na década de 80 era disseminado o uso da eletrônica embarcada em veículos influenciando o desenvolvimento das máquinas agrícolas. No chão de fábrica das indústrias metal-mecânica, as máquinas programáveis, veículos autoguiados e robôs industriais estabeleciam um novo processo de fabricação mais flexível e eficiente. Softwares de desenhos em computadores (*Computer-Aided Designe* - CAD), assim como desenhos de mapas e visualização de imagens de satélite estavam sendo desenvolvidos para terminais gráficos considerados na época de alto desempenho. O primeiro sistema global de navegação por satélite (*Global Navigation Satellite Systems* - GNSS) desenvolvido pelos EUA e denominado de GPS (*Global Positioning System*) iniciou as primeiras operações em 1978, e considerado operacional em 1995 (INAMASU; BERNARDI, 2014)

A disponibilização de sinal de satélites GPS, viabilizou a instalação de receptores em colhedoras, possibilitando armazenar dados de produção instantânea associada à coordenada geográfica. Em 1996, surge no mercado colhedoras com capacidade de mapeamento da produção, gerando o *boom* da Agricultura de Precisão no mundo, tornando possível a prática de mapeamento e aplicação de insumos à taxa variada por meio de máquinas (INAMASU; BERNARDI, 2014).

Na década de 90, abre-se o mercado e o setor de veículos inicia a incorporação das tecnologias da eletrônica, da informática e da robótica. O setor acadêmico inicia atividades em Agricultura de Precisão, em 1996, com o primeiro simpósio em Agricultura de Precisão realizado na ESALQ (BALASTREIRE, 2000). Em 1999, a Embrapa

aprova dois projetos em Agricultura de Precisão coordenados pela Embrapa Solos e a Embrapa Milho e Sorgo dentro do Projeto de Apoio ao Desenvolvimento de Tecnologia Agropecuária para o Brasil (Prodetab), marcando o início de seus primeiros trabalhos.

Foi através de sucessivos projetos que a Embrapa pôde estabelecer com clareza, inicialmente para si, os conceitos fundamentais da Agricultura de Precisão, e discernir entre o papel das máquinas e equipamentos e o papel da gestão da variabilidade espacial da lavoura. É esse aspecto que fez com que o primeiro volume do livro sobre Agricultura de Precisão fosse publicado com nome "Um novo olhar", pois, apesar de não criar novos conceitos, este buscou uma forma diferente de ver a Agricultura de Precisão em relação à visão estabelecida no País.

Uso eficiente da água

A fruticultura da região Nordeste do Brasil vem se destacando bastante no cenário nacional, embora esta região não tenha condições climáticas favoráveis, novas tecnologias, nas áreas irrigadas e fertirrigadas, tem sido desenvolvidas, possibilitando a produção de frutos de qualidade química que satisfaçam as exigências de consumidores e da indústria (RODRIGUES et al., 2008).
Em regiões caracterizadas por condições de elevada demanda evapotranspirativa pelas plantas e baixos índices pluviométricos, como o Nordeste, faz-se necessário um adequado manejo de irrigação pode atenuar os efeitos evaporativos e consequentemente contribuir com maior incremento na produtividade vegetal (BERNARDO et al., 2009). Portanto, para se fazer um bom manejo de

irrigação em qualquer cultura, torna-se necessária a determinação da evapotranspiração. Quanto mais precisa for essa determinação, melhor será a quantificação das lâminas de irrigação (CARVALHO et al., 2007). O modo como estas lâminas são aplicadas também é importante, uma vez que torna a irrigação mais precisa e eficiente, além de possibilitar aplicação de fertilizantes via água de irrigação (CLARK et al., 1996), onde se destaca a irrigação por gotejamento.

A irrigação por gotejamento tem um excelente potencial de uso da água, uma vez que permite aumentar a produtividade dos cultivos e a eficiência de uso da água, quando comparado ao uso de outros métodos de irrigação (MIRANDA et al., 2005; MORAIS et al. 2008), sendo o turno de rega e lâmina de irrigação baseados nos dados de evapotranspiração da cultura.

Nogueira et al. (2014) obtiveram o maior valor de produtividade de maracujá, de 27052 kg $há^{-1}$ ano^{-1}, com a aplicação máxima de 760,21 mm, com lâmina de irrigação próxima ao equivalente a 1,2 da Evapotranspiração de referência (ETo). As lâminas de irrigação mais eficiente para maracujazeiro amarelo, por exemplo, situam-se entre o equivalente 75% e 100% da ETo, e os valores de coeficiente de cultivo (kc) podem variar de 0,43 para a fase vegetativa, 0,94 para fase de florescimento a 1,04 para a fase frutificação, sendo estes valores específicos para cada cultura, e suas determinações são de grande importância para o estabelecimento das lâminas de irrigação a serem aplicadas.

As lâminas de irrigação podem ser utilizadas em porcentagens, e estas podem variar de acordo com a necessidade das plantas em função da fase fenológica que

se encontram (SANTOS et al., 2016). Segundo Silva et al. (2015), a utilização de 20% da lâmina de irrigação em mudas de pitangueira proporciona maior relação massa seca da raiz e massa seca da parte aérea (MSR/MSPA). O incremento desta relação MSR/MSPA em mudas de pitangueira em condições de déficit hídrico é devido a um mecanismo de resistência das plantas, que reduz a absorção de água através do sistema radicular, com isso reduz a área foliar e consequentemente a evapotranspiração da planta em condições de estresse hídrico (CORREIA; NOGUEIRA, 2004).

Albuquerque Junior et al. (2013), ao avaliarem diferentes lâminas de irrigação (500, 700, 900, 1100, 1300 e 1500 mm ciclo^{-1}) em bananeira cv. FHIA-18 na região semiárida do Piauí brasileiro, observaram que as maiores produtividades e qualidade de frutos foram obtidas aplicando lâminas de água entre 800 e 1.200 mm ciclo^{-1}. Rocha Junior *et al.* (2016), avaliando a resposta produtiva do meloeiro a aplicação de diferentes lâminas de água e de adubação nitrogenada, verificaram que os fatores água e nitrogênio apresentam efeito significativo sobre a produtividade do melão, enquanto a interação entre os fatores não é significativa, onde obtivera a máxima produtividade estimada foi de 28.752,3 kg ha^{-1}, obtido com a aplicação de 675 mm de água e 199,1 kg ha^{-1} de nitrogênio, sendo que a máxima receita líquida estimada (R$ 4.247,60) foi obtida com nível de produtividade de 28.517,50 kg ha^{-1}, aplicando 597,1 mm de água e 198,3 kg ha^{-1} de N. O que caracteriza a fertirrigação uma forma muito rentável de aplicação tanto da água como dos nutrientes para esta cultura.

Uso de Hidrogel

Os hidrogeis são definidos como redes poliméricas tridimensionais que podem reter uma quantidade significativa de água dentro de sua própria estrutura e inchar, sem a dissolução (KAEWPIROM; BOONSANG, 2006; RUI et al., 2007). Durante a formação do gel, o polímero absorve água, aumentando de volume em até 200%, melhorando a disponibilidade de água, reduzindo a perda por evaporação e, subsequentemente, liberando gradualmente a água para as plantas (BENETT et al., 2015). Dessa forma, ele pode contribuir para o desenvolvimento vegetal, pois atua como um meio de transporte de elementos nutritivos (CARVALHO et al., 2013).

É um produto que não modifica o meio ambiente, é inodoro e tem aspecto de pequenos cristais brancos. Quando hidratados, adquirem a forma de gel transparente, atingindo o tamanho de 1 cm^3 por cristal, com capacidade de permanecer absorvendo e liberando água no solo por períodos longos, de até cinco anos, dependendo das variáveis (AZEVEDO et al., 2002). A utilização de hidrogeis na agricultura tem sido uma estratégia promissora para o manejo agrícola, devido às suas características de condicionadores do solo, que contribuem para aumentar sua capacidade em reter água, reduzindo a frequência de irrigação (VENTUROLI; VENTUROLI, 2011).

Resultados satisfatórios com uso de polímeros como o hidrogel já foram constatados na formação de mudas de porta-enxerto de tangerineira 'Cleópatra' (CRUZ et al., 2008), como também na produção de frutas, hortaliças e

mudas de diversas espécies, principalmente para os solos de textura leve (OLIVEIRA et al., 2004; ABEDI-KOUPAI; ASADKAZEMI, 2006).

No entanto, quanto a frequência de irrigação, ainda são poucas as informações existentes. Os relatos já apresentados foram para a produção de meloeiro (*Cucumis melo* L.) com intervalo entre as irrigações de um dia com a utilização do polímero (BERNARDI et al., 2005). Porém, alguns pesquisadores têm enfatizado a importância de testar a dose a ser utilizada no substrato para realizar a irrigação suficiente, pois dependendo da frequência de irrigação, pode haver fornecimento de água em excesso para as plantas (MOREIRA et al., 2010; MALDONADO-BENITEZ et al., 2011).

Carvalho et al. (2013), ao utilizarem frequência de irrigação com polímero na produção de mudas de maracujazeiro amarelo, obtiveram como resultados a incorporação do polímero hidroabsorvente no substrato a irrigação das mudas pode ser realizada com menor frequência, com intervalo de um dia e a formação das mudas foi antecipada nos substratos que tiveram incorporação do polímero, alcançando tamanho adequado para o plantio no campo antes daquelas produzidas sem o polímero.

Segundo Fagundes et al. (2015), ao incorporar 2 g L^{-1} de polímero hidroabsorvente aos substratos verificou a redução das perdas de nutrientes por lixiviação favorecendo o crescimento e incremento de nutrientes foliares em mudas de maracujazeiro produzidas com polímero. Porém, ainda são poucas as informações existentes sobre a utilização de polímeros.

Irrigação localizada por gotejamento superficial

A irrigação localizada é uma forma de irrigação onde a água é aplicada diretamente sobre o sistema radicular das plantas com pequena intensidade e alta frequência, desse modo haverá uma redução da área molhada diminuindo as perdas por evaporação direta da água no solo para atmosfera, obtendo um melhor aproveitamento e uso dos recursos hídricos e uma eficiência de aplicação maior. É uma técnica que vem sendo fortemente adotada onde o sistema em si é fixo e constituído pelo número de linhas laterais necessárias para suprir toda a área, de modo que não ocorre à movimentação destas (MANN, 2012).

Almeida (2009) destaca que dentre os vários sistemas de irrigação, o gotejamento possui a melhor eficiência de aplicação e quando bem manejado, é responsável por uma maior eficiência do uso de água e fertilizantes, além do mais, a aplicação da água no solo é feita em pequenas quantidades e com alta frequência, sobre a região radicular, mantendo a umidade nessa região, próxima à capacidade de campo.

O uso de pequenas taxas de aplicações pelo gotejamento é a característica desejável para uma perfeita relação água-solo-planta. Para Ribeiro et al. (2010), o sistema de irrigação por gotejamento apresenta vantagens, como a economia de água e energia, possibilidade de automação e fertirrigação das áreas cultivadas, de suma importância para agricultura brasileira. Por mais que o sistema de gotejamento seja considerado como um dos mais eficientes, ele também necessita de um manejo da irrigação visando manter a eficiência de aplicação de água para as culturas.

Esse método é muito eficiente, porém exige um alto custo para implantação é utilizado em fruticultura devido ao pouco uso da água, se comparado aos outros tipos de sistemas de irrigação, pode ser instalado na superfície ou enterrado, porém, para tomar essa decisão, deve ser analisada a cultura a ser irrigada (ANDRADE et al., 2009).

Irrigação por gotejamento subsuperficial

A irrigação por gotejamento subsuperficial (IGS) caracteriza pela aplicação de água diretamente à zona radicular da cultura, apresenta alta uniformidade de aplicação de água e, o uso mais eficiente do recurso hídrico (BARBOSA et al., 2012). Promovendo também vantagens como: menor escoamento superficial; redução da evaporação de água diretamente da superfície do solo, permite o uso de máquinas agrícolas, melhora a disponibilidade de nutrientes, já que a água é disponibilizada mais próxima da rizosfera e consequentemente a menor germinação de sementes de plantas daninhas (DALRI; CRUZ, 2008).

Segundo Mosca et al. (2005), este sistema representa significativa evolução no processo da aplicação de água às culturas e, além disso, é uma resposta para a necessidade de novos sistemas de irrigação, mais eficientes, que reduzam o consumo dos recursos hídricos, e seus custos de instalações, sobretudo, que minimizem os problemas de escassez de água.

A primeira instalação de IGS ocorreu na década de 60, em Israel (MARQUES et al., 2006) e tem sido utilizada nos Estados Unidos nos últimos 40 anos, por ser adequada para a maioria das culturas, em particular para frutas e

vegetais de alto valor, tal como para paisagismo (SUAREZ-REY et al., 2006).

No Brasil, a irrigação por gotejamento subsuperficial iniciou-se em 1996, em São Paulo (AGUIAR, 2002), e constitui-se de um método moderno de irrigação, permitindo a aplicação de pequenas quantidades de água com os gotejadores localizados abaixo da superfície do solo, com as taxas de descarga em intervalos semelhantes às usadas na irrigação superficial, usado para fornecer água às plantas, mantendo a superfície do solo seca, o que garante a água disponível apenas para a região radicular das plantas. Esse sistema de irrigação utiliza gotejadores autocompensantes, inseridos em tubulações, as quais são enterradas a uma determinada profundidade, que pode variar com os tipos de solo e cultura (NOGUEIRA et al., 1997).

A grande limitação deste sistema geralmente é relacionada ao estabelecimento inicial da cultura, pois por não umedecer a superfície do solo, o sistema não proporciona condições satisfatórias de umidade para a germinação de sementes ou "pegamento" de mudas. Portanto, é necessário o uso de um segundo sistema de irrigação na fase inicial, frequentemente por aspersão, o que aumenta os custos e reduz o retorno econômico (PAVERO, 2002). A determinação da profundidade de instalação e espaçamento dos gotejadores depende das dimensões do bulbo úmido e da distribuição da umidade no solo, a fim de que se torne possível uma ótima distribuição de água na zona radicular das plantas (ROMERO et al., 2004).

Esse sistema apresenta uma das mais altas eficiências, tendo em vista a aplicação de pequenas

quantidades de água com os gotejadores localizados abaixo da superfície do solo, com as taxas de descarga em intervalos semelhantes às usadas na irrigação superficial. Este sistema também representa uma significativa evolução no processo da aplicação de água às culturas e, além disso, é uma resposta à necessidade de se procurar nova sistemas de irrigação, mais eficientes, que reduzam o consumo dos recursos hídricos, seu custo de instalação e, sobretudo, que minimizem os problemas de escassez de água, através de um uso de água racional e eficiente (KUNZ et al., 2014).

Irrigação lateralmente alternada

A técnica de irrigação denominadas de irrigação lateralmente alternada – PRD (Partial Rootzone Drying), também referida no Brasil como irrigação com secamento parcial do sistema radicular (SAMPAIO et al., 2010). As primeiras pesquisas foram realizadas por Grimes et al. (1968) nos Estados Unidos, com a cultura do algodão sob irrigação por sulcos. Posteriormente os estudos foram conduzidos na Austrália como alternativa de manejo de irrigação em videiras (KRIEDEMANN; GOODWIN, 2003).

A PRD é uma técnica de irrigação na qual há alternância dos lados que recebem molhamento e secamento do solo. Portanto, é uma forma modificada do déficit de irrigação, que preconiza a irrigação temporária de um dos lados do sistema radicular enquanto que o outro lado é exposto ao processo de secagem. O lado exposto ao secamento induz a planta a fechar os estômatos, enquanto que a outra metade recebe irrigação normal, acarretando desta forma a redução do consumo de água sem afetar a produção e qualidade dos frutos, e

com isso aumenta a eficiência do uso de água. O tempo de alternância do lado que passa a receber a irrigação é variável (KRIEDEMANN; GOODWIN, 2003; AHMADI et al., 2010), e vai depender da cultura, do estágio de crescimento, da demanda evaporativa, da textura do solo e do balanço hídrico (SAEED et al., 2008).

O uso dessas estratégias ocasiona, parcialmente, déficit hídrico no solo e este déficit induz a produção de hormônio ácido abscísico (ABA) pelas raízes que se translocam pelo eixo vascular, concentrando-se na parte aérea. Este hormônio promove o fechamento parcial dos estômatos, o controle do crescimento vegetativo e, consequentemente, redução das perdas de água para atmosfera, sob condições de baixos potenciais de água, quando os níveis de ABA estão altos, o efeito geral é uma aumento da razão raiz/parte aérea (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A técnica é baseada em dois pressupostos teóricos: o primeiro se refere ao fato de que a parte do sistema radicular no solo que está em secagem emite uma sinalização das raízes que atinge a parte área induzindo o fechamento dos estômatos a fim de reduzir a perda de água pela transpiração (DAVIES; ZHANG, 1991). O segundo considera que o fechamento parcial dos estômatos reduz substancialmente a perda de água com pouco comprometimento sobre a fotossíntese (JONES, 2014).

Ao longo de um período, a perda de água deverá ser regulada de acordo com a quantidade de água disponível no solo, o que significa que as plantas devem ser capazes de detectar a secagem do solo e responder de forma a regular o consumo de água. Dessa forma o mecanismo regulador do fechamento estomático é ativado

antes da água disponível do solo estar completamente esgotada (JONES, 2014).

O déficit hídrico pela estratégia de secamento parcial do sistema radicular (SPR) tem mostrado que é possível aumentar a eficiência de uso da água pelas culturas, com redução do crescimento vegetativo, mantendo-se a produção em um patamar satisfatório (DRY; LOVEYS, 1998).

Pesquisas nas últimas duas décadas têm mostrado que a técnica pode ser usada para o enfrentamento das situações onde há restrição de água (FAO, 2002). Diversas pesquisas foram desenvolvidas em várias culturas, dentre elas como: mangueira (*Mangifera indica* L.), cv. 'Tommy Atkins', por Cotrim (2009) na qual não encontrou diferenças significativas na produtividade, peso médio dos frutos, número de frutos por planta e eficiência de uso da água entre os tratamentos de 100, 80, 60 e 40% da ETc, tanto sob microaspersão quanto sob gotejamento nos anos de 2006 e 2007 no semiárido baiano; pessegueiro (*Prunus pérsica)* (L.) por Gelly et al*.* (2004); meloeiro (*Cucumis melo* L.) por Fabeiro et al. (2002); oliveira (*Olea europaea* L.) por Iniesta *et al.* (2009); o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e com melancieira (*Citrullus lanatus*) por González et al. (2009).

Otimização da irrigação na fruticultura

A irrigação é um dos fatores de grande importância para a fruticultura tropical. O uso da irrigação no abacaxi, por exemplo, possibilita plantios adensados, que é um dos fatores de produção mais importantes da cultura (SANTANA et al., 2001), tendo como consequência positiva um aumento na rentabilidade e na produtividade

(BENGOZI et al., 2007). No entanto, deve-se adotar uma lâmina adequada para um resultado satisfatório destes parâmetros.

Souza et al. (2009), avaliando o efeito de diferentes densidades de plantio e duas lâminas de irrigação na qualidade do fruto e na produtividade do abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merril), relataram que o aumento na lâmina de irrigação de 100 para 120% da evapotranspiração da cultura (ETc) causa diminuição na firmeza dos frutos e no rendimento de suco, e que o rendimento total e a produtividade de frutos são melhores nas maiores densidades de plantas e não são diretamente proporcionais ao aumento da lâmina de irrigação de 100 para 120% da ETc. Logo não é uma grande quantidade de água que fará a planta responder positivamente à produtividade, mas o manejo da água na lâmina correta. Para Franco et al. (2014), O abacaxizeiro 'Pérola' expressa maior crescimento vegetativo nas lâminas de irrigação aplicadas entre 67,1 e 79,1 % da Evaporação do tanque Classe A (ECA), seu florescimento natural total acumulado é maior na lâmina correspondente a 70% da ECA, e a produção de mudas por planta, bem como a produtividade de mudas é maior na lâmina correspondente a 85% da ECA. Logo, apesar de ser uma cultura que não é tão exigente em água, o manejo deste recurso se faz importe.

Culturas perenes geralmente são mais sensíveis ao estresse hídrico, devido a demanda de água para o seu desenvolvimento, que dependendo da fase fenológica, onde uma é mais sensível que a outra. Reis et al. (2011), avaliando a pós-colheita da manga cv. Haden em função de lâminas de irrigação e de doses de um regulador de crescimento (PBZ), relataram que a melhor combinação de

dose e lâmina de irrigação pode ser utilizada sem prejudicar a qualidade do fruto. No entanto, deve-se utilizar uma dosagem do regulador de crescimento PBZ acima de 1,0 g / metro linear para que os frutos possuam menor acidez titulável da polpa. Porém, deve-se aplicar uma lâmina de irrigação acima de 100% para que a produção da manga Haden seja mais efetiva. Diferente do abacaxi, a mangueira é mais exigente em água, e sua produção pode ser maximizada conforme o aumento da lâmina de irrigação. Como em regiões onde a água é um problema, o estresse hídrico é uma realidade para a mangueira, mas se manejada corretamente, a produtividade da mangueira poderá ser otimizada mesmo sob estresse (SANTOS et al., 2016).

Para Santos et al. (2016), a irrigação com déficit controlado com até 50% da ETc aplicados na fase de maturação do fruto mantem a produtividade e a eficiência de uso da água, onde se deve manejar o turno de rega de acordo com a fase fenológica da planta. A irrigação por déficit regulamentado está entre as técnicas de irrigação do déficit que tem aumentando a eficiência do uso da água em algumas culturas. Bassoi et al. (2011), avaliando a influência de diferentes estratégias de manejo de irrigação no potencial de água na folha e em aspectos qualitativos e quantitativos das uvas do primeiro ciclo de produção da videira cv. Syrah/Paulsen 1103, relataram que a imposição de déficit hídrico às plantas favorece uma maior concentração de açúcares e a redução da acidez nos frutos, contribuindo para a melhoria da qualidade das uvas para vinificação. A técnica de irrigação com déficit controlado (RDI) sob microaspersão consiste na indução de déficit hídrico às plantas em estágios de

desenvolvimento, em que o crescimento dos frutos e qualidade têm baixa sensibilidade ao estresse hídrico, e não impede a sua produtividade potencial, a fim de aumentar a eficiência do uso da água (SANTOS et al., 2016).

Outra técnica que visa o uso eficiente da água é a irrigação PRD, também conhecida no Brasil como a irrigação da zona parcial da raiz alternativamente controlada, que consiste em alternar o lado da planta que recebe irrigação a cada 10 a 21 dias, no estádio fenológico de frutas definido para a colheita, por gotejamento. A utilização desta estratégia é baseado no fato de que o déficit de água no solo induz a produção do ácido hormona abscísico (ABA) pelas raízes, que efetua a translocação através das eixo vasculares, concentrando-se o rebento, promovendo fechamento parcial dos estômatos e o controle do crescimento vegetativo, consequentemente, reduzindo a perda de água para a atmosfera. Lima et al. (2015), relatam que o fechamento dos estômatos em plantas de mamoeiro foi induzido com a aplicação da PRD, onde a planta sofreu à influência da parte não-irrigada do zona da raíz, onde o estresse hídrico induziu maior produção de ABA, controlando o crescimento vegetativo da planta.

Todo o manejo da água é depende do sistema de irrigação adotado, uma vez este também pode aumentar a eficiência do uso da água. Coelho et al. (2014), avaliando as características morfológicas (altura de planta, diâmetro de caule e área foliar) e a produtividade do mamoeiro cv Sunrise Solo submetido a configurações de sistemas de irrigação localizada, relataram que o sistema de microaspersão com um emissor de vazão de 43 L h^{-1} para

quatro plantas é o suficiente para obtenção de uma satisfatória produtividade, número de frutos e melhor desempenho nas variáveis morfológicas avaliadas durante o ciclo da cultura. A avaliação da uniformidade e da eficiência do uso da água no sistema de irrigação por microaspersão possibilita adequar o sistema e o manejo de irrigação, que pode reduzir o custo de produção, bem como contribuir para a racionalização do uso da água.

Outra modo de otimizar a água de irrigação é a utilização de espécies mais toleráveis ao estresse hídrico, onde o pouco volume de água fornecido à planta seja não interfira negativamente na sua produtividade. Nascimento et al. (2012), estudando a tolerância ao estresse hídrico de 3 genótipos de citros na fase de porta enxertos, relataram que os genótipos estudados foram classificados em Moderadamente Tolerantes, podendo ser utilizados em programas de produção de mudas de citros.

Qualidade da água

As águas de qualidade inferior, tais como água de esgotos, de origem doméstica, águas salinas e salobras, têm sido objetos de estudos de várias pesquisas, onde o uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes, se constituem hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água (HESPANHOL, 2008). Algumas espécies frutíferas demonstraram tolerância à água salinizada, como citros (BRITO et al., 2014) e na goiabeira (CAVALCANTE et al., 2010).

Sá et al. (2015), avaliando dois substratos na formação de mudas de pinheira quando irrigadas com

águas salinizadas, relataram que a salinidade da água de irrigação de até 1,2 dS m^{-1} pode ser usada no cultivo de mudas de pinheira, sem ocasionar danos no crescimento e desenvolvimento. Assim, como Nunes et al. (2012), relataram que uma menor condutividade elétrica da água proporciona uma maior capacidade de absorção de nutrientes pelas raízes e, consequentemente, maior desenvolvimento das plantas em relação às maiores condutividade elétricas, onde as plantas de pinha toleraram a salinidade até 1,5 dSm^{-1}.

Lima Neto et al. (2015), discorre sobre o efeito da irrigação com água salina na produção de mudas de tamarindeiro, relatando que as superioridades do crescimento biométrico e acúmulo de massa de matéria seca pelas plantas são mais expressivas quando irrigadas com água de salinidade de até 3,0 dS m^{-1}. Na bananicultura, o genótipo Lidi apresenta maior tolerância à salinidade, enquanto que os genótipos Ouro e Tungia são mais sensíveis ao estresse salino (S JUNIOR et al., 2012), o identifica no genótipo Lidi genes de interesse para o melhoramento genético.

Além da utilização de água salinas, uma das alternativas para obtenção de água residuária proveniente de esgotos domésticos, não só de água como de matéria orgânica e nutrientes, que possibilita assegurar e incrementar a produção agrícola durante as estiagens prolongadas, em especial ao nível da agricultura familiar, contribuindo para a fixação do homem no campo (LIMA et al., 2015). No entanto, o uso depende do manejo adequado da irrigação, do monitoramento das características do solo e da cultura (BARRO; WOLF, 2016).

Lanza et al. (2014), avaliando os efeitos da adubação com lodo de esgoto compostado e da irrigação com efluente de esgoto, verificaram que não houve influência do lodo compostado nas características físicas dos frutos de laranjeira ´Valência´, mas os tratamentos irrigados com água residuária proporcionou maior massa e, todos os tratamentos proporcionaram frutos de formato arredondado, classificando-os como fruto para mesa. Para às características químicas dos frutos, os sólidos solúrveis totais, acidez titulável total e ratio foi decrescente conforme aumentava a dose de lodo compostado, mas independente das variações, o lodo compostado e a água residuária apresentam características favoráveis para indústria.

A aplicação de água residuária demonstra um grande potencial para utilização para produção de mudas de maracujazeiro. Para Almeida et al. (2012), relataram que a aplicação com o água residuária tratada na concentração de 75% e 100% promove um melhor desempenho em termos de crescimento das mudas, seja no comprimento da parte aérea; número de folhas definitivas; área foliar; massa fresca e seca da parte aérea, do sistema radicular e total.

Apesar de ser promissora, a utilização de água de reuso, ainda é um tabu. As normas para utilização da água de reuso ainda estão em processo de aprimoramento, existem diversos estudos para definir parâmetros e aplicações desta água. Além de que é necessária a conscientização e esclarecimento das pessoas que utilizarão a água de reuso, tanto no que diz respeito à aplicação da água, quanto a necessidade de redução da captação nos aquíferos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Agricultura de Precisão é uma estratégia holística e ambientalmente amigável, na qual os agricultores podem variar as entradas de insumos e os métodos de cultivo, baseados na variabilidade do solo e das condições da cultura ao longo do tempo. Seu objetivo é melhorar, em termos quantitativos e qualitativos, a produção agrícola como também minimizar a degradação do meio ambiente.

Em alguns sistemas de produção de frutas na agricultura brasileira, áreas de pequenas extensões, a variabilidade espacial dos insumos e da planta são observada. Sendo que várias alternativas de uso eficiente da água podem ser aplicadas, e estas têm demonstrado que a produtividade não é 100% afetada, viabilizando a sua utilização.

REFERÊNCIAS

ABEDI-KOUPAI, J.; ASADKAZEMI, J. Effects of a hydrophilic polymeron the field performance of an ornamental plant (*Cupres susarizonica*) under reduced irrigation regimes. **Polymer Journal**, v. 15, n. 9, 2006.

AGUIAR, F. Gotejamento enterrado é novidade na irrigação da cana. **Agrianual 2002**, São Paulo, p.256-7, 2002.

AHMADI, S. H.; ANDERSEN, M. N.; PLAUBORG, F.; POULSEN, R. T.; JENSEN, C. R.; SEPASKHAH, A. R.; HANSEN, S. Effects of irrigation strategies and soils on field-grown potatoes : Gas exchange and xylem [ABA]. **Agricultural Water Management**, v.97, p.1486-1494, 2010.

ALBUQUERQUE JUNIOR; B. S.; GOMES, E. R.; SOUSA, V. F.; SOUSA, A. P. Necessidade hídrica e lâminas de irrigação da bananeira cv. FHIA-18 na região semiárida do Piauí. **Revista Irriga**, v. 18, n. 4, p. 756-767, 2013.

ALMEIDA, D.; KLAUBERG FILHO, O.; FELIPE, A. F.; ALMEIDA, H. C. Carbono, nitrogênio e fósforo microbiano do solo sob diferentes coberturas em pomar de produção orgânica de maçã no sul do Brasil. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 1069-1077, 2009.

ALMEIDA, J. P. N.; COSTA, L. R.; SAMPAIO, P. R. F.; AZEVEDO, J.; DIAS, N. S. Use of treated domestic sewage in the production of yellow passion fruit seedlings. **Revista Verde**, v. 7, n. 4, p. 69-75, out-dez, 2012.

ANDRADE, C. L. T.; BRITO, R. A. L.; Circular Técnica 86 Embrapa; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009.

ARNÓ, J.; MARTINEZ-CASAS-NOVAS, J. A.; RIBES-DASI, M.; ROSELL, J. R. review. Precision viticulture.research topics, challenges and opportunities in site specific vineyard manegement. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 4, p. 779-790, 2009.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FRIZZONE, J. A. Níveis de polímero superabsorvente, frequências de irrigação e crescimento de mudas de café. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1239-1243, 2002.

BARBOSA, E. A. A.; ARRUDA, F. B.; PIRES, R. C. M.; SILVA, T. J. A.; SAKAI, E. Cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça e adubos minerais via irrigação por gotejamento subsuperficial: Ciclo da cana-planta, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 9, p. 952-958, 2012.

BARRO, L. B. E WOLF, D. Reúso de esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas. **Engenharia Ambiental**, v. 8, n. 3, p. 225-236, jul./set. 2016.
BASSOI, L. H.; GONÇALVES, S. O.; SANTOS, A. R. L.; SILVA, J. A.; LIMA, A. C. M. Influência de manejos de irrigação sobre aspectos de ecofisiologia e de produção da videira cv. Syrah/Paulsen 1103. **Revista Irriga**, v. 16, n. 4, p. 395-402, 2011.
BENETT, K. S. S.; BENETT, C. G. S.; SANTOS, G. G.; COSTA, E. Effects of hydrogel and nitrogen fertilization on the production of arugula in successive crops. **African Journal of Agricultural Research**. v. 10, n. 26, p. 2601-2607, 2015.
BENGOZI, F. J.; SAMPAIO, A. C.; GUTIERREZ, A. D. S.; RODRIGUES, V. M.; PALLAMIN, M. L. Qualidades físicas e químicas do abacaxi comercializado na Ceagesp - São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, p. 540-545, 2007.
BERNARDI, A. C. C.; TAVARES, S. R. L.; SCHMITZ, A. A. Produção de Meloeiro utilizando um polímero hidrofílico em diferentes frequências de irrigação em casa de vegetação. **Revista Irriga**, v. 10, n. 1, p. 82-87, 2005.
BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8ed. Viçosa: Ed. UFV, 2009. 625p.
BEZERRA, M. V. C.; SILVA, B. B.; BEZERRA, B. G.; BORGES, V. P.; OLIVEIRA, A. S. de. Evapotranspiração e coeficiente de cultura do algodoeiro irrigado a partir de imagens de sensores orbitais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 64-71, 2012.
BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 852 - Art. 1º Criar a Comissão

Brasileira de Agricultura de Precisão – CBAP. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 21 set. 2012. Seção 1, n. 184. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ do/p_do42.htm>.
BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; MELO, A. S.; SOARES FILHO, W. S.; SANTOS, R. T. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 17-27, 2014.
CARVALHO, R. P., CRUZ, M. C. M.; MARTINS, L. M. Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 518-526, 2013.
CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. S.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 251-261, 2010.
CLARK, G.A.; MAYNARD, D.N.; STANLEY, C.D. Drip-irrigation management for watermelon in a humid region. **Applied Engineering in Agriculture**, v.12, n. 3, p. 335-340, 1996.
COELHO, E. F.; CARVALHO, G. C.; SILVA, A. S. A. M.; PAMPONET, A. J. M. Sistemas de irrigação localizada e seus efeitos na cultura do mamoeiro. **Revista de Engenharia Agrícola**. v. 34, n. 2, 2014.
CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, p. 1-7, 2004.
COSTA, R. A. Cultura do quiabo submetida a lâminas de irrigação por gotejamento em função da evaporação em

tanque classe A. 2014. 53f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) Universidade Estadual Paulista-Unesp-Faculdade de Ciências Agronômicas-FCA, Botucatu- SP, 2014.

COTRIM, C. E. Otimização da irrigação localizada em pomares de manga no semi-árido baiano. – Tese de Doutorado – UFV, Viçosa, 2009. 164f.

CRUZ, M. C. M.; HAFLE, O. M.; RAMOS, J. D.; RAMOS, P. de F. Desenvolvimento do Porta-Enxerto de Tangerineira 'Cleópatra'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 471-475, 2008.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 3, p. 516524, 2008.

DAVIES, W. J.; ZHANG, J. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying Soil. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 42, p. 55–76, 1991.

DRY, P.R.; LOVEYS, B.R. Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 4, p. 140-148, 1998.

FABEIRO, C.; OLALLA, F. M. S.; JUAN, J. A. Production of muskmelon (*Cucumis melo* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. **Agricultural water management**, v. 54, p. 93 -105, 2002.

FAGUNDES, M. C. P.; CRUZ, M. C. M.; CARVALHO, R. P.; OLIVEIRA, J.; SOARES, B. C. Polímero hidroabsorvente na redução de nutrientes lixiviados durante a produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 1, p. 121-129, 2015.