



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

THALITA GOMES DOS SANTOS

USO DE NANOCOMPOSTO COMO BIOFERTILIZANTE PARA O MELOEIRO

FORTALEZA

2022

THALITA GOMES DOS SANTOS

USO DE NANOCOMPOSTO COMO BIOFERTILIZANTE PARA O MELOEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Melhoramento Genético de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Antonio Souza de Aragão.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S239u Santos, Thalita Gomes dos.
Uso de nanocomposto como biofertilizante para o meloeiro / Thalita Gomes dos Santos. – 2022.
53 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Fernando Antonio Souza de Aragão.
1. Cucumis melo. 2. Nanotecnologia. 3. Bioestimulantes. I. Título.

CDD 630

THALITA GOMES DOS SANTOS

USO DE NANOCOMPOSTO COMO BIOFERTILIZANTE PARA O MELOEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Melhoramento Genético de Plantas.

Aprovada em: 29 / 04 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando Antonio Souza de Aragão (Orientador)
Embrapa Agroindústria Tropical/Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr^a. Natália Martins Florêncio
Embrapa Agroindústria Tropical (CNPAT)

Dr^a. Elaine Facco Celin
Pós-doutoranda em Agronomia/Fitotecnia (UFC)

Prof. Dr. Frederico Inácio Costa de Oliveira
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Aos meus pais, Silvania e Luiz Carlos.

Ao meu companheiro, Jack Neto.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter sido meu refúgio em momentos de dúvida e minha força nos momentos difíceis.

Aos meus pais, Silvania e Luiz Carlos, por toda ajuda, compreensão, acolhimento e amor sempre que precisei. Por serem meu espelho e me tornarem um ser humano íntegro e com princípios.

Aos meus irmãos, Thiago Luiz e Thais, por sempre me apoiarem, me inspirarem a ser alguém melhor e serem meus melhores amigos.

Ao meu companheiro, Jack Neto, por ser minha fortaleza e melhor amigo. Por todo apoio, amor e tempo que dedica a mim.

Aos meus avós, Maria, Gratuliano Neto e Elda, por todas as orações e por sempre se preocuparem com o meu bem-estar.

Aos meus tios, Eduardo, Andréa Melo, Paulo, Maria das Graças (*in memoriam*) e Maria do Socorro, por serem meus grandes exemplos de profissionais e por sempre torcerem pelo meu sucesso.

Aos meus primos, Vinicius, Maynara, Beatriz e Eduardo, por tornarem meus dias durante o mestrado mais leves e por sempre torcerem por minhas conquistas.

Ao meu querido amigo, Saulo Chaves, que foi de extrema importância para a realização desse trabalho e dedicou incansáveis horas do seu dia para me ajudar em sua conclusão.

Aos colegas de mestrado, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas. Em especial, a Ana Beatriz, por ter tornado o tempo de mestrado mais divertido com a sua companhia, pela amizade e companheirismo adquirido nesse tempo.

À Instituição Funcap, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Prof. Dr. Fernando Antonio Souza de Aragão, pela excelente orientação.

Aos participantes da banca examinadora Dr^a. Natália Florêncio Martins, Dr^a. Elaine Facco Celin e Prof. Dr. Frederico Inácio Costa de Oliveira pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos colegas do grupo do melão, pela ajuda durante o experimento, pelas trocas de experiências e pelas conversas durante o trabalho.

A todos, que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, muito obrigada.

“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez.” (George Bernard Shaw).

RESUMO

Em 2020, o Brasil superou a produção de 600 mil toneladas e os 24 mil hectares de área plantada de melão, contudo, o recente acordo com a China confere a perspectiva de que essa produção dobre, nos próximos anos. Tecnologias que possibilitem o aumento da produção de plantas cultivadas sem a expansão da área agrícola tem sido desenvolvidas com o intuito de diminuir os impactos ambientais além de explorar a máxima capacidade produtiva das espécies agrícolas. Nesse contexto destacam-se os bioestimulantes, produtos formulados de origem biológica que possibilitam o incremento na produção das plantas cultivadas. Tal incremento é devido às propriedades emergentes dos próprios constituintes, tais como reguladores de crescimento ou compostos protetores, e não somente como consequência da presença de nutrientes essenciais para as plantas. Desse modo, objetivou-se avaliar o desenvolvimento, produção, trocas gasosas e fotossíntese de melão amarelo em ambiente protegido sob efeito da Arbolina[®]. O experimento foi conduzido em telado na Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza, CE. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em um arranjo fatorial 5 x 2, sendo cinco concentrações do bioestimulante (0, 60, 120, 180 e 240 mg L⁻¹) e duas formas de aplicação (via foliar e via água de irrigação), com três repetições e 4 plantas por parcela, totalizando 30 unidades experimentais e 120 plantas. Foram avaliadas as seguintes variáveis: *i*) floração - número de flores masculinas e hermafroditas; *ii*) parte aérea - número de folhas, área foliar, massa fresca e massa seca da folha, comprimento de ramo primário, comprimento e número de ramos secundários, massa fresca e massa seca dos ramos; *iii*) fruto - peso, comprimento e largura do fruto, espessura da casca, espessura da polpa, cavidade interna, sólidos solúveis e firmeza; *iv*) trocas gasosas e fotossíntese – taxa fotossintética líquida, condutância estomática, transpiração, eficiência instantânea do uso da água, eficiência instantânea de carboxilação e índice relativo de clorofila. O número de folhas de melão apresentou máxima quantidade de folhas na dose estimada de 236 g/ha via pulverização foliar, apresentando aumento de 10,01% em relação ao controle. Para as demais variáveis analisadas, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos. Dessa forma, pode-se concluir que a aplicação de Arbolina[®] em plantas de melão não alterou a maioria dos parâmetros de desenvolvimento, produção, trocas gasosas e fotossíntese para nenhuma das formas de aplicação, exceto o número de folhas, portanto não exercendo efeito bioestimulante sobre a cultura do melão.

Palavras-chave: *Cucumis melo*; nanotecnologia; bioestimulantes.

ABSTRACT

In 2020, Brazil exceeded the production of 600 thousand tons and the 24 thousand hectares of melon planted area, however, the recent agreement with China gives the prospect that this production will double in the coming years. Technologies that make it possible to increase the production of cultivated plants without expanding the agricultural area have been developed with the aim of reducing environmental impacts in addition to exploiting the maximum productive capacity of agricultural species. In this context, biostimulants stand out, formulated products of biological origin that make it possible to increase the production of cultivated plants. Such an increase is due to the emerging properties of the constituents themselves, such as growth regulators or protective compounds, and not only as a consequence of the presence of essential nutrients for plants. Thus, the objective was to evaluate the development, production, gas exchange and photosynthesis of yellow melon in a protected environment under the effect of Arbolina®. The experiment was carried out in a greenhouse at Embrapa Agroindústria Tropical, in Fortaleza, CE. The experimental design used was completely randomized in a 5 x 2 factorial arrangement, with five concentrations of the biostimulant (0, 60, 120, 180 and 240 mg L⁻¹) and two forms of application (via foliar and via irrigation water), with three replications and 4 plants per plot, totaling 30 experimental units and 120 plants. The following variables were evaluated: i) flowering - number of male and hermaphrodite flowers; ii) shoot - number of leaves, leaf area, fresh and dry mass of the leaf, length of primary branch, length and number of secondary branches, fresh and dry mass of branches; iii) fruit - fruit weight, length and width, skin thickness, pulp thickness, internal cavity, soluble solids and firmness; iv) gas exchange and photosynthesis – net photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration, instantaneous water use efficiency, instantaneous carboxylation efficiency and relative chlorophyll content. The number of melon leaves showed the maximum number of leaves at the estimated dose of 236 g/ha via foliar spraying, showing an increase of 10.01% in relation to the control. For the other variables analyzed, no significant differences were found between treatments. Thus, it can be concluded that the application of Arbolina® in melon plants did not change most of the parameters of development, production, gas exchange and photosynthesis for any of the forms of application, except the number of leaves, therefore not exerting a biostimulant effect. on melon culture.

Keywords: *Cucumis melo*; nanotechnology; biostimulants.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Telado usado para a condução do experimento	28
Figura 2 – Plântula pronta para o transplântio	29
Figura 3 – Disposição das plantas no telado	29
Figura 4 – Concentrações de Arbolina [®] utilizadas na condução do experimento	30
Figura 5 – Frutos tutorados por rede plástica	32
Figura 6 – Plantas no período de floração	33
Figura 7 – Medição de comprimento e largura do fruto, espessura da casca e espessura da polpa	34
Figura 8 – Obtenção das medições das variáveis fisiológicas com IRGA	35
Figura 9 – Número de folhas de melão em função da aplicação, via pulverização foliar, de diferentes doses de Arbolina [®]	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de Arbolina® aplicada por planta aos 15, 30, 45 e 60 dias após o transplântio.....	31
Tabela 2 – Estimativa de dosagem de Arbolina® calculada com base no espaçamento adotado no experimento	31
Tabela 3 – Médias das variáveis de flor, folha e hastes em plantas de melão amarelo, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via pulverização foliar, Fortaleza – CE, 2022	37
Tabela 4 – Médias das variáveis de flor, folha e hastes em plantas de melão amarelo, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via substrato, Fortaleza - CE, 2022	37
Tabela 5 – Médias das variáveis de fruto em plantas de melão amarelo, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via pulverização foliar, Fortaleza - CE, 2022	40
Tabela 6 – Médias das variáveis de fruto em plantas de melão amarelo, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via substrato, Fortaleza - CE, 2022	40
Tabela 7 – Médias das variáveis de trocas gasosas e fotossíntese em plantas de melão amarelo, aos 15 DAT, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via pulverização foliar, Fortaleza - CE, 2022	41
Tabela 8 – Médias das variáveis de trocas gasosas e fotossíntese em plantas de melão amarelo, aos 15 DAT, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via substrato, Fortaleza - CE, 2022	41
Tabela 9 – Médias das variáveis de trocas gasosas e fotossíntese em plantas de melão amarelo, aos 30 DAT, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via pulverização foliar, Fortaleza - CE, 2022	42
Tabela 10 – Médias das variáveis de trocas gasosas e fotossíntese em plantas de melão amarelo, aos 30 DAT, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via substrato, Fortaleza - CE, 2022	42

Tabela 11 – Médias das variáveis de trocas gasosas e fotossíntese em plantas de melão amarelo, aos 45 DAT, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via pulverização foliar, Fortaleza - CE, 2022	43
Tabela 12 – Médias das variáveis de trocas gasosas e fotossíntese em plantas de melão amarelo, aos 45 DAT, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via substrato, Fortaleza - CE, 2022	43
Tabela 13 – Médias das variáveis de trocas gasosas e fotossíntese em plantas de melão amarelo, aos 60 DAT, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via pulverização foliar, Fortaleza - CE, 2022	44
Tabela 14 – Médias das variáveis de trocas gasosas e fotossíntese em plantas de melão amarelo, aos 60 DAT, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via substrato, Fortaleza - CE, 2022	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	Geral	16
2.2	Específicos	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	Aspectos gerais da cultura	17
3.2	Propagação e Reprodução	18
3.3	Irrigação	20
3.3.1	Fertirrigação	21
3.4	Fisiologia e nutrição	22
3.5	Bioestimulantes ou Biofertilizantes	24
3.5.1	Nanopartículas e nanomateriais	26
3.5.2	Nanoformulações carbonáceas	27
4	MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1	Local do experimento	28
4.2	Material vegetal utilizado e condução das plantas	28
4.3	Delineamento experimental e tratamentos	29
4.4	Aplicações de Arbolina®	30
4.5	Irrigação e tratos culturais	32
4.6	Variáveis avaliadas	32
4.6.1	Flor, folha e hastes	32
4.6.2	Fruto	34
4.6.3	Trocas gasosas e fotossíntese	34
4.7	Análises estatísticas	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1	Flor, folha e hastes	37
5.2	Fruto	39
5.3	Trocas gasosas e fotossíntese	41
6	CONCLUSÃO	45
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
	REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.) é o fruto de uma olerícola apreciada no Brasil e no mundo, sendo muito consumido na Europa, Japão e Estados Unidos (MULLER *et al.*, 2013). Além disso, é rico em vitaminas A, B, B2, B5 e C, sais minerais como fósforo, sódio e potássio e apresenta baixo valor energético, podendo ser consumido *in natura* ou na forma de suco (VIEIRA *et al.*, 2017). Quando maduro, o fruto possui propriedades medicinais como ação calmante, refrescante, diurético e laxante sendo indicado no controle da gota, reumatismo, obesidade e prisão de ventre (DONATO *et al.*, 2015).

A cultura é uma das olerícolas mais populares do mundo, sendo a China considerada a maior produtora mundial desse fruto, com mais de 27 milhões de toneladas anuais em 1.039.691 ha de área colhida, seguido por Turquia e Índia, enquanto o Brasil ocupa a 12ª posição no ranking mundial de produção (FAO, 2022). No cenário nacional, estima-se que o Brasil possui 23.827 ha de área plantada, produzindo cerca de 613.933 toneladas melão (IBGE, 2022). A cultura tem expressiva importância para a região Nordeste, uma vez que, esta apresenta posição geográfica estratégica facilitando o escoamento dos frutos e, as condições de clima e solo que proporcionam aos frutos se desenvolverem com qualidade suficiente para atender as exigências do mercado externo (KIILL *et al.*, 2015).

Em 2019, o Brasil firmou um acordo bilateral com a China, durante uma reunião na XI cúpula do Brics, que tornou viável a exportação do melão brasileiro e, devido a isso, a expectativa é que a produção de melão duplique (MAPA, 2020a). Nesse sentido, vem sendo cada vez mais demandado e pesquisado o uso de tecnologias que visem o aumento da produtividade do meloeiro, mas que reduzam os impactos ao meio ambiente. Dessa forma, os bioestimulantes surgem como uma alternativa para auxiliar nesse incremento de produtividade tendo como papel principal a capacidade de aperfeiçoar a nutrição da planta, mitigar estresses abióticos e aumentar a produção das plantas (CROPLIFE, 2020; DU JARDIN, 2015).

Existem diversas categorias de bioestimulantes e recentemente foi proposta uma nova, que seria a das nanopartículas e nanomateriais, os quais são definidos como materiais com dimensão menor que 100nm e que têm propriedades que diferem de partículas maiores de mesma composição química (JUÁREZ-MALDONADO *et al.*, 2019; INTERNATIONAL ORGANIZATION OF STANDARDS, 2017). Dentre esses materiais, os *carbon dots* (CDs) se destacam por apresentarem baixa toxicidade, alta solubilidade em água, fotoluminescência, biodegradabilidade e por serem produzidos a partir de matérias-primas de baixo custo e abundantes no ambiente (LI, Y. *et al.*, 2020; ZHENG, X. *et al.*, 2015).

A nanotecnologia apresenta inúmeras possibilidades de aplicação na agricultura, que pode ser na incorporação de nanosensores e nanocatalisadores capazes de monitorar e acelerar o diagnóstico de doenças nas plantas, no tratamento molecular de doenças, no melhoramento da habilidade das plantas absorverem os nutrientes e na eficiência de aplicação de herbicidas, fertilizantes e pesticidas (GRANZIERA *et al.*, 2012).

Uma parceria firmada entre pesquisadores da Universidade de Brasília (UnB) e a Embrapa, nos últimos anos, resultou no desenvolvimento de um produto, denominado Arbolina®, obtido através de matéria-prima renovável que tem demonstrado resultados promissores e efeito estimulante em plantas de interesse agrícola como milho, soja e morango, por exemplo (BUTRUILLE, 2021). Entretanto, até o momento não existem estudos sobre a aplicação de Arbolina® na cultura do meloeiro, fazendo com que o presente estudo seja pioneiro nesse assunto.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Objetiva-se nesse estudo verificar se a Arbolina® tem efeito bioestimulante na cultura do melão.

2.2 Específicos

✓ Avaliar o desenvolvimento, produção, trocas gasosas e fotossíntese de uma linhagem de melão amarelo cultivada em ambiente protegido sob efeito de diferentes doses e formas de aplicação de Arbolina®.

✓ Definir a dosagem e a forma de aplicação de Arbolina® mais adequada para o desenvolvimento do meloeiro.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Aspectos gerais da cultura

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma cultura antiga onde acredita-se que o centro de origem fica nas regiões tropicais e subtropicais da África, se difundindo dessa região para a Índia e Ásia (SEYMOUR & MCGLASSON, 1993). Essas informações se assemelham com as de Simmonds (1976), o qual afirma que o melão é originado da África, espalhando-se para a Índia e posteriormente outras regiões. O meloeiro foi cultivado na Europa e na Ásia desde os primórdios da Era Cristã, já no Brasil, foi introduzido pelos escravos no século XVI e, no século XIX, houve novas introduções por meio de imigrantes europeus, dando início à expansão da cultura nas regiões Sul e Sudeste do país (MOREIRA *et al.*, 2009).

A cultura do melão pertence ao gênero *Cucumis*, subtribo Cucumerinae, tribo Melothrieae, subfamília Cucurbitoideae, família Cucurbitaceae e espécie *Cucumis melo* L. (OLIVEIRA *et al.*, 2017a). É altamente polimórfico, existindo sete variedades botânicas de interesse agrícola (MCCREIGHT *et al.*, 1993). Existe uma classificação utilizada para separar os melões de forma comercial, agrupando-os em “tipos”, o que acaba por facilitar a comunicação entre os diferentes agentes de cadeia do agronegócio do melão e se torna mais fácil reconhecê-los por apresentarem características claramente observáveis (OLIVEIRA *et al.*, 2017a). O Brasil comercializa com maior frequência os tipos pertencentes às variedades botânicas *inodorus* (Amarelo, Honeydew e Pele de Sapo), *cantaloupensis* (Cantaloupe e Gália) e *reticulatus* (Charentais) (ARAGÃO *et al.*, 2019).

A produção mundial de frutos de melão é liderada pela China que produz mais de 27 milhões de toneladas anuais em 1.039.691 ha de área colhida (FAO, 2022). No Brasil, o melão é uma das frutas mais exportadas e a produção nacional da cultura se concentra nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia e Pernambuco, com destaque para o Rio Grande do Norte que sozinho corresponde a quase 61% da produção nacional; Por mais que a região Nordeste tenha condições climáticas ideais para o cultivo do meloeiro (pouca chuva e muito sol), é possível que a cultura seja explorada em qualquer parte do país (VIDAL, 2021).

A cultura possui uma expressiva importância para a região Nordeste, uma vez que esta apresenta posição geográfica estratégica devido a facilidade no escoamento dos frutos, justificada pelo Porto do Pecém que localiza-se a praticamente uma semana de navegação dos maiores mercados consumidores (Estados Unidos e Europa), além da condição climática

favorável e o alto investimento em tecnologias permitindo que os frutos se desenvolvam com qualidade para atender as exigências do mercado externo (KILL *et al.*, 2015).

3.2 Propagação e Reprodução

A propagação por mudas via sementes híbridas de meloeiro garante um cultivo homogêneo onde busca-se sementes de boa qualidade fisiológica e fitossanitária, com maior vigor e crescimento da parte aérea e das raízes. A maioria dos produtores fazem uso de mudas, e as mesmas sendo de boa qualidade irão influenciar no sucesso da implantação de um cultivo, considerando entre outros fatores, um controle do estande inicial das plantas, o que pode ser dificultado com o plantio de sementes no local definitivo (DIAS; COSTA, 2010).

O tipo de recipiente mais utilizado na propagação por mudas via sementes do meloeiro são as bandejas plásticas de 200 células com 15 ml de volume, sendo ideais para que ocorra um bom desenvolvimento inicial do sistema radicular. O transplante deve ser efetuado entre 8 e 12 dias após o transplante e não é recomendado retardá-lo, pois ocorre o enovelamento das raízes que causa prejuízos expressivos para o rendimento da cultura (HORA *et al.*, 2018).

Os substratos utilizados com maior frequência no cultivo do melão são a base de vermiculita e cinzas vegetais ou fibra de casca de coco, esse último tem a vantagem de apresentar alta retenção de umidade, mas é pobre em nutrientes, tornando necessária a adição de um complemento nutricional, após a germinação da semente. O preparo deve ser realizado três dias antes da semeadura. A irrigação das bandejas pode ser manual ou com sistemas de microaspersão ou difusor (DIAS; COSTA, 2010).

A época de plantio de uma dada cultura varia de acordo com as condições climáticas exigidas pela planta, por isso, em regiões onde o clima é mais frio, o plantio do melão acontece de outubro a fevereiro, em regiões de clima ameno, acontece de agosto a março e nas regiões de clima quente, acontece durante o ano inteiro (COSTA *et al.*, 2000). Como a região Nordeste apresenta altas temperaturas, insolação e luminosidade e baixa umidade relativa do ar, o cultivo do meloeiro torna-se favorável durante o ano todo, possibilitando a exportação quase total do produto nacional, além de suprir a necessidade interna. Vale ressaltar que, quando cultivado na época de chuvas intensas na região, existe uma alteração na qualidade dos frutos, impedindo a produção de frutos de boa qualidade (DIAS; COSTA, 2010). O plantio do meloeiro pode ser realizado por semeadura direta ou transplante de mudas, porém o plantio direto vem sendo

substituído pelo transplântio de mudas se tornando a preferência dos produtores atualmente devido a menor perda de mudas, entre outros fatores (COSTA *et al.*, 2017).

Em campo, o preparo da área para o cultivo do meloeiro é feito levantando-se camalhões de 15 a 20 cm de altura, espaçados a cada dois metros para facilitar a drenagem da água e onde será instalada as mangueiras gotejadoras do sistema de irrigação sob o *mulching* (manta de polietileno) que mantém a umidade do solo. Feito isso, após a saturação hídrica do solo, as mudas de melão são transplantadas e espaçadas entre 35 a 40 cm, posteriormente, as mesmas são cobertas com uma manta TNT para a proteção contra pragas nos primeiros 25 dias após o transplântio e retiradas no início da floração afim de que a polinização não seja prejudicada (BARROS, 2015).

O período de floração no meloeiro inicia entre 25 a 30 dias após o plantio dependendo da variedade, da cultivar e das condições climáticas. A emissão de flores masculinas antecede as hermafroditas em cerca de 2 a 5 dias, onde registra-se uma diferença na proporção entre os tipos florais, em média de uma flor hermafrodita para 11 masculinas (CRISÓSTOMO *et al.*, 2004).

A emissão de flores no meloeiro pode variar de acordo com o fotoperiodismo, temperatura e radiação incidente, onde a variação desses fatores pode influenciar diretamente na produtividade da cultura devido ao atraso ou aceleração no desenvolvimento da parte vegetativa (STREK *et al.*, 2015). A maior intensidade solar recebida pelo meloeiro acelera o desenvolvimento e, em consequência, faz com que comece a emitir flores mais rapidamente, onde esse alongamento no número de dias de produção floral pode resultar em uma maior emissão de flores femininas e, conseqüentemente, com o manejo cultural eficiente, um maior número de frutos e maior produtividade (NEGREIROS, 2015).

A produção de néctar dos tipos florais ocorre ao longo do dia, porém as flores hermafroditas disponibilizam esse recurso em maior quantidade que as flores masculinas (SIQUEIRA *et al.*, 2011). As flores possuem tempo de vida de aproximadamente 12 horas, porém a partir das 15h as pétalas começam a murchar e perder cor, o que não difere em relação aos tipos florais e entre tipos de meloeiro (KILL *et al.*, 2015).

Em relação à estratégia reprodutiva, o meloeiro não produz fruto por partenocarpia, o que faz com que necessite obrigatoriamente da transferência de pólen realizada por vetores bióticos (KOUONON *et al.*, 2009). Por mais que seja autocompatível, as maiores taxas de frutificação são verificadas após ocorrer polinização cruzada (KILL *et al.*, 2013). Logo após a fecundação da flor, o fruto inicia o desenvolvimento rapidamente, mas caso a polinização seja deficiente, os frutos terão baixa qualidade e deformidades (KILL *et al.*, 2015).

Quanto mais grãos de pólen a flor receber sobre os estigmas, maior será o número de sementes formadas, por isso é necessário no mínimo 500 grãos de pólen viáveis para produzir frutos de boa qualidade e, pelo menos, 12 visitas do agente polinizador, para que a flor seja efetivamente polinizada (MUSSEN; THORP, 2003; MCGREGOR *et al.*, 1965).

3.3 Irrigação

A irrigação é uma técnica agrícola com a finalidade de levar água à cultura no tempo e quantidade adequada para que a mesma expresse todo o potencial produtivo de forma economicamente viável (BRAGA, 2010).

A escolha do sistema de irrigação deve se fundamentar em fatores como tipo de solo, topografia, clima, custo do equipamento, energia, quantidade e qualidade de água disponível e incidência de pragas. Sendo assim, os sistemas mais recomendados para a cultura do melão são aqueles que permitem a irrigação do solo, sem molhar as folhas e os frutos, não sendo indicado o sistema de irrigação por aspersão, por promover o molhamento das folhas, favorecendo a proliferação de pragas e doenças na lavoura (SENAR, 2010).

Por proporcionar maior produtividade e melhor qualidade de frutos, a irrigação por gotejamento é realizada nas principais regiões produtoras de melão no Brasil. Dessa maneira, a água é aplicada no volume de solo ocupado pelo sistema radicular da planta sem que a parte aérea e a faixa entre fileiras de plantas sejam irrigadas (COSTA *et al.*, 2017). O sistema de irrigação por gotejamento apresenta como vantagem a economia de água e mão-de-obra e, alta eficiência, além de possibilitar a utilização da fertirrigação. Por outro lado, como desvantagem, é um sistema de alto custo e pode apresentar problemas de entupimento nos gotejadores (SENAR, 2010).

A necessidade de água do meloeiro varia de 300 mm a 550 mm, do plantio à colheita, dependendo das condições climáticas, da cultivar e o ciclo da cultura. Para fins de irrigação, se divide o cultivo em quatro estádios: inicial - que compreende o período que vai desde a semeadura até o momento que as plantas atingem 10% de cobertura do solo; vegetativo - que vai do fim do estágio anterior até o pegamento dos frutos e corresponde ao desenvolvimento de aproximadamente 80% do desenvolvimento da parte aérea; frutificação - que se estende do pegamento dos frutos até o início da maturação e caracteriza-se por um período crítico do meloeiro quanto à exigência de água no solo; e, maturação - que compreende o início da maturação dos frutos até a colheita (COSTA *et al.*, 2017). No último estágio, há uma redução

significativa do uso de água pelas plantas, o que faz com que irrigações excessivas prejudiquem a qualidade do fruto, reduzam o teor de sólidos solúveis e a conservação. Recomenda-se que as irrigações sejam paralisadas ou reduzidas cerca de 1 a 3 dias antes da colheita, para solos arenosos, e de 2 a 5 dias, para solos de texturas média e fina (PEDROSA, 1997).

3.3.1 Fertirrigação

É de conhecimento geral que a aplicação parcelada, em pequenas doses, reduz a lixiviação de nutrientes, evitando que se contamine os lençóis freáticos e reservatórios de água. A fertirrigação demonstra adaptação aos diferentes sistemas de irrigação, entretanto a irrigação por gotejamento demonstra maior flexibilidade à fertirrigação, mas deve-se ter cautela, pois a aplicação de nutrientes via água de irrigação deve ser realizada de forma racional, obedecendo as características de absorção de cada cultura em cada estágio de desenvolvimento, a distribuição dos nutrientes no perfil do solo e a eficiência do sistema de irrigação (BAR-YOSEF, 1999). O melão é produzido de forma irrigada no Rio Grande do Norte, sendo a fertirrigação a técnica atualmente mais empregada e, dentre as vantagens destacam-se a economia de mão de obra, energia, diminuição na compactação do solo, distribuição do fertilizante e melhor utilização dos equipamentos de irrigação (KANEKO *et al.*, 2012).

Na determinação das quantidades de nutriente a ser aplicada via solo na cultura do meloeiro, deve-se considerar as perdas e os ganhos do sistema, sendo assim, os principais fatores utilizados na determinação da quantidade de fertilizante a ser aplicada, via fertirrigação são as exigências nutricionais do meloeiro em cada estágio fenológico, a quantidade de nutrientes fornecida pelo solo, a profundidade do sistema radicular e fração do solo ocupada pelas raízes onde ocorre a absorção dos nutrientes, o limite de segurança para o nutriente no solo ou a concentração crítica do nutriente no solo, o fator de correção ou fator de eficiência, o suprimento de água, o método de irrigação e a quantidade de nutriente fornecida pela água de irrigação (OLIVEIRA *et al.*, 2017b). A utilização da irrigação por gotejamento, associada a fertirrigação, tem se mostrado eficiente no cultivo do meloeiro, uma vez que, a água e os nutrientes são aplicados de forma pontual na zona de abrangência das raízes, reduzindo as perdas por lixiviação e aumentando a eficiência de uso dos mesmos pela planta (SOUZA *et al.*, 2001).

3.4 Fisiologia e nutrição

O clima demonstra influência significativa na qualidade e produção do melão, e dentre os fatores climáticos que afetam diretamente a cultura, a temperatura é a que parece influenciar mais no desenvolvimento da cultura (OLIVEIRA *et al.*, 2017a). O meloeiro é uma cultura extremamente exigente em altas temperaturas, diurnas e noturnas, tanto no ar como no solo ao longo do ciclo de vida, pois temperaturas baixas acarretam problemas desde a germinação até a colheita. Contudo, cada cultivar possui limites térmicos específicos e, de forma geral, a temperatura do ar e do solo inferior a 13° C e 14° C, respectivamente, causam prejuízos a cultura, paralisando o crescimento vegetativo (HORA *et al.*, 2018). A ramificação do meloeiro é prejudicada pelas baixas temperaturas, resultando em plantas pouco desenvolvidas (OHARA *et al.*, 2000; SILVA *et al.*, 2003). Da mesma forma que baixas temperaturas causam problemas à cultura, altas temperaturas, acima de 40° C, prejudicam o desenvolvimento vegetal e promovem alta respiração, dificultando o desenvolvimento normal da planta (CRISÓSTOMO *et al.*, 2002).

A faixa ótima de temperatura para o melhor desenvolvimento e produção durante o ciclo do meloeiro situa-se entre 25° C e 30° C (SILVA *et al.*, 2003). Em relação à temperatura do solo, a condição mínima de temperatura é de 14° C e máxima de 40° C para o bom desenvolvimento radicular, sendo a temperatura de 34° C ideal para o desenvolvimento das radículas (BRANDÃO FILHO; VASCONCELOS, 1998).

A radiação solar é um fator de grande influência na cultura do melão, visto a importância para os processos fotossintéticos relacionados ao acúmulo de área foliar, fixação de frutos, teor de açúcar e coloração da casca (GIEHL *et al.*, 2008). Para o cultivo do meloeiro recomenda-se que o plantio seja realizado em regiões com insolação na faixa de 2.000 horas luz/ano a 3.000 horas luz/ano (ANGELOTTI; COSTA, 2010).

A taxa de crescimento do meloeiro aumenta sob alta radiação, em detrimento do melhor desempenho na síntese e alocação de fotoassimilados (SILVA *et al.*, 2003). O crescimento dos frutos é regulado pela disponibilidade de assimilados e pela distribuição proporcional desses entre os frutos e os demais órgãos da planta (MARCELIS, 1992). Essa análise baseia-se no fato de que aproximadamente 90% da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do crescimento resulta da atividade fotossintética e o restante resulta da absorção de nutrientes minerais (BENINCASA, 2003).

A produção do meloeiro é afetada também pela radiação solar, isso porque a luz é a fonte de energia para a fotossíntese, dessa forma, a radiação interfere diretamente na qualidade

e produção dos frutos, por meio do acúmulo de açúcares provenientes da fotossíntese (ANGELOTTI; COSTA, 2010).

A umidade relativa do ar pode afetar a produção e a qualidade de frutos de meloeiro, onde elevados índices resultam na formação de frutos de baixa qualidade e favorece o surgimento de doenças, produzindo melões pequenos, de sabor inferior, geralmente com baixo teor de açúcares, em virtude da ocorrência de doenças fúngicas que causam a queda de folhas (COSTA *et al.*, 2017). As faixas ideais para o plantio de melão estão entre 60 a 70% para umidade relativa do ar, e precipitações pluviárias baixas, fazendo com que as melhores épocas para o plantio sejam nos meses mais quentes e secos de cada região (FEITOSA; GUIMARÃES, 2019).

Sabe-se que o crescimento e o desenvolvimento das plantas dependem, especialmente, da disponibilidade e da absorção de nutrientes, bem como por fatores climáticos, podendo ainda ser afetados por alguns estresses (TAIZ *et al.*, 2017). Vale destacar, que os insumos orgânicos estimulam a redução do potencial osmótico no interior do sistema radicular, contribuindo para a absorção de água e ajustamento osmótico, o que reflete positivamente nas trocas gasosas das plantas (FREIRE *et al.*, 2015; LACERDA *et al.*, 2010).

Para que a fotossíntese aconteça, as plantas precisam de três ingredientes que são luz solar, gás carbônico e água. Nesse processo, as plantas absorvem água e sais minerais através das raízes, e os transportam por meio dos vasos condutores até as folhas, porém as plantas C3 não possuem estratégias para realizar fotossíntese sob pouca transpiração, o que faz com que a fotossíntese seja limitada, na medida em que a resistência estomática aumenta (BUCHER, 2007). Nas plantas C3, nas quais o meloeiro se enquadra, os estômatos se abrem durante o dia, quando a absorção de CO₂ é necessária para a realização da fotossíntese e há elevada demanda respiratória, captação de CO₂, acompanhadas por grande perda de água (LACERDA *et al.*, 2010).

O meloeiro é uma das cucurbitáceas mais exigentes em adubação, devido principalmente ao ciclo fenológico relativamente curto e sistema radicular pouco desenvolvido (DEUS *et al.*, 2013). Na região Nordeste do Brasil, onde ocorre a maior parte da produção nacional, o crescimento da planta é lento até o 15º dia após a germinação e a maior taxa de crescimento ocorre entre 30 e 45 dias (SOUSA *et al.*, 2011). A produtividade da cultura é variável entre os produtores e, na maior parte das vezes, baixa em relação ao real potencial produtivo da cultura, o que chama a atenção para a necessidade de pesquisas que definam as melhores tecnologias de manejo da cultura capazes de aumentar a produtividade e a qualidade

dos frutos, possibilitando maior competitividade nos mercados nacional e internacional (SILVA *et al.*, 2014).

A adubação é um dos principais tratamentos culturais utilizados na busca pelo máximo potencial produtivo de uma espécie vegetal, ou seja, utilizar fertilizantes que forneçam nutrientes de forma equilibrada de modo que as plantas produzam plenamente (NASSER *et al.*, 2016). A recomendação de adubação, por sua vez, é embasada em resposta à marcha de absorção e exigência nutricional da planta, na qual a necessidade de nutrientes para cada cultura não pode ser deduzida somente pela extração total (PAULA *et al.*, 2011; AGUIAR NETO, 2013). As informações relacionadas às exigências nutricionais do meloeiro necessitam de maior exploração, além disso, a falta de racionalização dos fertilizantes pela maioria dos produtores ocasiona prejuízos na produção e na contaminação do meio ambiente (KANO *et al.*, 2010).

A demanda nutricional das hortaliças é muito elevada em relação a outras culturas, e a produtividade em função de vários fatores tais como cultivar, teor e capacidade tampão (CT) de nutrientes no solo, densidade de plantio, produtividade esperada, sistema de produção, etc (SILVA *et al.*, 2015). Segundo as exigências nutricionais do meloeiro, o macronutriente mais extraído pela cultura é o K seguido por N, Ca, Mg, P e S (BELFORT, 1985; SOUSA, 1993).

Além dos macronutrientes que são absorvidos em grandes quantidades, alguns micronutrientes como boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco são importantes nos processos de crescimento, síntese e translocação de açúcares na planta, permitindo uma maior produtividade e melhor qualidade de frutos. O melão é uma cultura sensível à acidez do solo, desenvolvendo-se melhor em solos com pH de 6,0 a 6,5 (COSTA *et al.*, 2017).

3.5 Bioestimulantes ou Biofertilizantes

O Programa Nacional de Bioinsumos (PNB) caracteriza bioestimulantes como sendo produtos que contêm substâncias naturais com diferentes composições, concentrações e proporções, que podem ser aplicados diretamente nas plantas, nas sementes e no solo, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade das sementes, estimular o desenvolvimento radicular, favorecer o equilíbrio hormonal da planta e a germinação mais rápida e uniforme, interferir no desenvolvimento vegetal, estimular a divisão, a diferenciação e o alongamento celular, incluídos os processos e tecnologias derivados do bioestimulante (MAPA, 2020b).

De acordo com a legislação brasileira, os bioestimulantes estão inseridos na categoria de biofertilizantes, não havendo ainda legislação específica para eles, os quais são divididos em cinco categorias, de acordo com a substância a partir do qual ele é produzido (MAPA, 2020c):

a) Biofertilizante de aminoácidos - obtido por fermentação ou hidrólise de materiais orgânicos naturais;

b) Biofertilizante de substâncias húmicas - obtido por decomposição e solubilização de materiais orgânicos e posterior oxidação e polimerização, formadas basicamente por ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas;

c) Biofertilizante de extratos de algas ou algas processadas - obtido por extração e beneficiamento de algas;

d) Biofertilizante de extratos vegetais - obtido por extração de compostos orgânicos solúveis da fermentação ou beneficiamento de materiais orgânicos, isentos de contaminação biológica;

e) Biofertilizante composto - obtido pela mistura de dois ou mais biofertilizantes dos grupos de aminoácidos, substâncias húmicas, extrato de algas, extratos vegetais e outros princípios ou agentes orgânicos aprovados.

A liberação dos bioestimulantes é realizada pelo Ministério da Agricultura, que utiliza os mesmos parâmetros de avaliação dos agrotóxicos e fertilizantes convencionais. Nesse processo, verificam-se apenas os teores de macro e micronutrientes e a presença de contaminantes, não havendo critérios definidos que avaliem os efeitos desses produtos nos processos de desenvolvimento da planta e no aumento de produtividade das culturas, nem menção das particularidades dos diferentes produtos que possam regulamentar a validação dos resultados, protocolos ou propriedades específicas dos diferentes grupos (SILVA *et al.*, 2012; MORAES, 2015). O correto manuseio do bioestimulante é importante para que os benefícios sejam demonstrados, por isso é fundamental que durante o processo de aplicação sejam atendidas às especificações de dosagem, período e forma de aplicação (FRANCHI, 2020).

Os bioestimulantes são recomendados com a finalidade de melhorar a qualidade e aumentar a produção de espécies cultivadas, sendo possível aplicá-los em diversos estádios de desenvolvimento das plantas, inclusive na produção de mudas (STEINER; PAVAN, 2015). A aplicação do bioestimulante pode ser feita diretamente no sulco de plantio ou por pulverização foliar, a absorção pelas folhas é rápida, de maneira geral, potencializando o metabolismo

vegetal, e a efetividade varia de acordo com a etapa do ciclo vegetativo na qual o produto é aplicado, variando de cultivo para cultivo (FRANCHI, 2020). Os efeitos dos bioestimulantes são melhor observados em situações onde a planta está sob estresse, sendo verificada a melhora do desenvolvimento da planta que se dá devido à otimização no sistema de defesa, que incrementa os níveis de antioxidantes na planta, uniformiza e aumenta a germinação de sementes, melhora o desenvolvimento do sistema radicular, há um maior aproveitamento de nutrientes, entre outros (VIEIRA, 2001).

A adoção de tecnologias e produtos que apresentem efeito bioestimulante, biopromotor ou atenuadores de estresses bióticos e abióticos são favoráveis, pois esses produtos apresentam substâncias de efeito em enraizamento, como hormônios e ácidos orgânicos ou micronutrientes. Contudo, pouco se tem conhecimento sobre os mecanismos de ação das mesmas, tornando o desenvolvimento e a recomendação dos produtos dificultada pela falta de estudos sobre o tema (OLIVEIRA; SOUSA, 2016).

3.5.1 Nanopartículas e nanomateriais

Devido ao avanço da nanotecnologia na Agricultura, surgiu a proposta de uma nova classe de bioestimulantes, oriunda de nanomateriais e nanopartículas, os quais são definidos como materiais com dimensão na nanoescala entre 1 e 100 nm, que possuem características físico-químicas distinta de objetos maiores e com a mesma composição química (INTERNATIONAL ORGANIZATION OF STANDARDS, 2017; JUÁREZ-MALDONADO *et al.*, 2019). Devido às dimensões desses materiais serem reduzidas, os mesmos apresentam propriedades elétricas, mecânicas e ópticas únicas, as quais podem ser utilizadas para o desenvolvimento de materiais voltados para a eletrônica, mecânica, farmácia, medicina e agricultura (DUHAN *et al.*, 2017; KHAN; SAEED; KHAN, 2019).

A nanotecnologia tem se mostrado como potencial ferramenta para o desenvolvimento de produtos destinados à proteção das plantas contra estresses abióticos, engenharia genética e nutrição das plantas (CHHIPA, 2017; LV *et al.*, 2020; SHARMA; DEWANJEE; KOLE, 2016; ZAHEDI; KARIMI; TEIXEIRA DA SILVA, 2020; ZHAO, L. *et al.*, 2020). Contudo, é importante observar que os efeitos bioestimulantes dos nanomateriais e nanopartículas dependem diretamente da concentração que são aplicados e podem causar toxidez nas plantas e na microbiota do solo em concentrações mais elevadas (KANWAR *et al.*, 2019; RAFFI; HUSEN, 2019; VERMA *et al.*, 2019).

3.5.2 Nanoformulações carbonáceas

Outra classe de nanomateriais que tem ganhado grande interesse para o desenvolvimento de produtos nanotecnológicos são as chamadas nanoformulações carbonáceas, também conhecidas por *Quantum Dots* de Carbono, *Nanodots* de Carbono, *Dots* de Carbono ou *Quantum Dots* de grafeno (HONG *et al.*, 2015). Esses foram descobertos em 2004, em uma eletroforese em gel de nanotubos de carbono (CNTs), quando Xiaoyou Xu *et al.* (2004) isolaram uma impureza chamada por eles de “carbono fluorescente”. Essa impureza passou a ser sintetizada individualmente como nanoformulação carbonácea. Esses materiais são partículas de até 10nm de diâmetro, formadas por carbono, nitrogênio e oxigênio, em percentagens variáveis de acordo com o tipo de síntese e dos reagentes utilizados (LI *et al.*, 2012).

Investigações sobre os efeitos de nanopartículas na agricultura demonstram ganhos concretos em processos fisiológicos de plantas, incluindo crescimento, fotossíntese e resistência a estresse abiótico e biótico, possibilitando dessa forma pensar em uma nova revolução voltada a agricultura, pois a era da tecnologia e informação já conta com ferramentas inovadoras, como edição de genes para a promoção do crescimento vegetal, melhor distribuição e utilização de nutrientes nas plantas (LOWRY *et al.*, 2019; ZHANG *et al.*, 2018; SU *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2018).

As nanoformulações carbonáceas têm como propriedades fluorescência, biocompatibilidade, baixa toxicidade, alta estabilidade química, elevada capacidade de doação ou recepção de elétrons e alta solubilidade em água, as quais estimulam a aplicação na Agricultura, juntamente com o efeito potencial no crescimento e produtividade de culturas agrícolas (HONG *et al.*, 2015; LI *et al.*, 2012; LI *et al.*, 2020; WANG *et al.*, 2009). As atenções voltadas às nanoformulações carbonáceas como potenciais estimulantes de crescimento de plantas somente iniciaram no ano de 2015, em um estudo piloto de Tripathi e Sarkar (2015), em plântulas de trigo, desde então, vários estudos buscam demonstrar como essas nanopartículas são absorvidas, transportadas pela planta e como podem afetar o crescimento, nutrição e fisiologia.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido em telado, revestido com sombrite e coberto com plástico de 200 micras UV, na Embrapa Agroindústria Tropical, situada em Fortaleza, no estado do Ceará, com latitude de 3° 44' S, longitude de 38° 33' W e altitude de 19,5 m do nível do mar (Figura 1).

Figura 1 – Telado usado para a condução do experimento.



Fonte: Elaborada pela autora.

4.2 Material vegetal utilizado e condução das plantas

Foi utilizada uma linhagem de melão do tipo amarelo, genitora do híbrido BRS Araguaia. As sementes foram semeadas em bandejas de polietileno (200 células), preenchidas com substrato composto de pó de fibra de coco e, após nove dias, as plântulas (Figura 2) foram transferidas para vasos de polietileno com cinco litros de capacidade, preenchido com substrato composto de solo arenoso, coletado no Campo Experimental de Pacajus, pertencente à Embrapa.

Figura 2 – Plântula pronta para o transplântio



Fonte: Elaborada pela autora.

4.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em um arranjo fatorial 5 x 2, sendo cinco concentrações de nanoformulação (0, 60, 120, 180 e 240 mg L⁻¹) e duas formas de aplicação (via foliar e via substrato), com três repetições e 4 plantas por parcela, totalizando 30 unidades experimentais e 120 plantas (Figura 3).

Figura 3 – Disposição das plantas no telado.



Fonte: Elaborada pela autora.

4.4 Aplicações de Arbolina®

A nanoformulação utilizada no experimento, conhecida pelo nome comercial Arbolina®, foi cedida pela empresa Krilltech na forma de pó, sendo composta por carbono orgânico e nitrogênio, classificada como um biofertilizante nanotecnológico. O bioestimulante foi diluído em água nas seguintes concentrações: 0, 60, 120, 180 e 240 mg L⁻¹ (Figura 4). A aplicação se deu via pulverização foliar ou via substrato e ocorreu em todas as fases do desenvolvimento do meloeiro, aos 15, 30, 45 e 60 dias após o transplântio (DAT), abrangendo a fase vegetativa, floração, desenvolvimento e maturação dos frutos, respectivamente, a fim de que fosse ajustada a dosagem e forma de aplicação que promovesse o melhor desempenho da cultura. As aplicações ocorreram sempre no fim da tarde pois era quando a temperatura no interior do telado estava mais amena fazendo com que o produto não evaporasse com tanta rapidez.

Figura 4 – Concentrações de Arbolina® utilizadas na condução do experimento.



Fonte: Elaborada pela autora.

Antes de realizar as aplicações de Arbolina® foi feito o teste em branco que consistiu em verificar qual volume de produto era necessário para que fosse aplicado em todas as folhas da planta de maneira uniforme, pois as plantas tinham tamanhos diferentes nas diferentes aplicações. Para isso, utilizou-se um pulverizador manual com água onde as plantas foram regadas até o momento em que as folhas ficassem com gotículas suficientes para que não escorressem e o produto se perdesse. Desse modo, a partir desse teste foi determinado o volume de 5, 25, 50 e 100 ml por planta da primeira até a última aplicação, respectivamente. Assim, para cada concentração (60, 120, 180 e 240 mg L⁻¹) foi aplicado a quantidade de Arbolina® por

planta (TABELA 1). A mesma quantidade aplicada via pulverização foliar para cada fase foi aplicada via substrato.

Tabela 1 – Quantidade de Arbolina[®] aplicada por planta aos 15, 30, 45 e 60 dias após o transplântio.

Concentração (mg L ⁻¹)	Volume (ml) aplicado por planta, nas sucessivas aplicações				Arbolina [®] total aplicada por planta (mg)
	5	25	50	100	
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60	0,3	1,5	3,0	6,0	10,8
120	0,6	3,0	6,0	12,0	21,6
180	0,9	4,5	9,0	18,0	32,4
240	1,2	6,0	12,0	24,0	43,2

Fonte: Elaborada pela autora.

O experimento foi realizado em telado medindo 12 m de comprimento e 6,4 m de largura, perfazendo uma área de 76,8 m². O telado contava com 14 linhas e 12 plantas/linha, totalizando 168 plantas. Dessa forma, 168 plantas em 76,8 m² contemplam 2,2 plantas/m², o que totaliza 21.875 plantas/ha. A partir dos dados apresentados anteriormente, é possível estimar a dose de Arbolina[®] aplicada por área em cada aplicação (TABELA 2).

Tabela 2 – Estimativa de dosagem de Arbolina[®] calculada com base no espaçamento adotado no experimento*

Concentração (mg L ⁻¹)	Aplicações (g)			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
0	0,00	0,00	0,00	0,00
60	6,56	39,38	105,00	236,25
120	13,13	78,75	210,00	472,50
180	19,69	118,13	315,00	708,75
240	26,25	157,50	420,00	945,00

*Em ambiente protegido, com 21.875 plantas/ha

Fonte: Elaborada pela autora.

Para as variáveis de hastes, folha, flor e fruto foi utilizada a dose estimada acumulada durante todo o experimento, ou seja, a soma das três primeiras aplicações mais os valores referentes a 4^a aplicação da nanoformulação. E para as variáveis fisiológicas, as doses utilizadas foram as acumuladas até o momento de cada aplicação, apresentadas anteriormente na Tabela 2.

4.5 Irrigação e tratos culturais

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento com períodos de rega adaptados para cada fase da cultura, com o intuito de suprir a necessidade hídrica e não ocorrer déficit no crescimento e desenvolvimento das plantas, as quais foram adubadas via fertirrigação automatizada por meio de solução nutritiva com macro e micronutrientes, de acordo com a necessidade nutricional da cultura.

No decorrer do ciclo de cultivo, alguns tratos culturais foram realizados para que as plantas pudessem desenvolver seu máximo potencial produtivo. As plantas foram tutoradas verticalmente para evitar que as plantas quebrassem e os frutos excedentes e/ou que apresentaram alguma deformidade foram desbastados e o que apresentou melhor desenvolvimento foi mantido. Algumas plantas daninhas surgiram durante a condução do experimento sendo retiradas manualmente para não servirem de hospedeiras para pragas e nem prejudicarem o desenvolvimento das plantas. Os frutos foram tutorados com uma rede plástica para frutas, com o intuito de amenizar o peso que fizeram nas plantas, evitando a quebra das mesmas (Figura 5).

Figura 5 – Frutos tutorados por rede plástica



Fonte: Elaborada pela autora.

4.6 Variáveis avaliadas

4.6.1 Flor, folha e hastes

As variáveis avaliadas foram contagem diária de flores masculinas e hermafroditas, número de folhas, área foliar (cm^2), massa fresca e massa seca (g) das folhas, comprimento (cm)

do ramo primário e ramos secundários, número de ramos secundários e massa fresca e massa seca (g) das hastes.

A contagem diária de flores masculinas e femininas (Figura 6) iniciou a partir da antese da primeira flor e era sempre feita no início da manhã para que as flores que já haviam sido contadas, não acabassem sendo contadas novamente pois as flores do melão se abrem no início do dia e se fecham no final do mesmo.

Figura 6 – Plantas no período de floração



Fonte: Elaborada pela autora.

O número de folhas, área foliar, massa fresca e massa seca das folhas foram avaliados após o fim do experimento, quando se procedeu a colheita dos frutos. A área foliar foi determinada por meio de um medidor de superfície (LI – 3100, Área Meter, Li-Cor., Inc., Lincoln, 87 Nebraska, USA). A obtenção da massa seca das folhas foi realizada a partir da secagem em estufa com circulação forçada de ar (65°C), até massa constante.

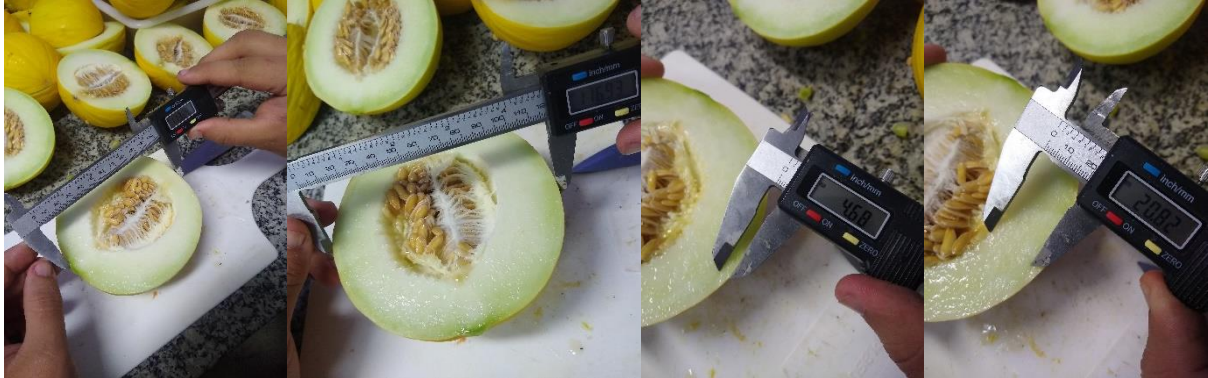
O comprimento do ramo primário e ramos secundários, número de ramos secundários, massa fresca e massa seca das hastes foram coletados após a colheita dos frutos, no fim do experimento. O comprimento do ramo primário e dos ramos secundários foram mensurados com o auxílio de uma fita métrica e a massa seca das hastes foi obtida a partir da secagem em estufa com circulação forçada de ar (65°C), até massa constante.

4.6.2 Fruto

Na avaliação de frutos foram coletadas as variáveis peso do fruto (kg), comprimento do fruto (mm), largura do fruto (mm), espessura da casca do fruto (mm), espessura da polpa do fruto (mm), cavidade interna do fruto (mm), teor de sólidos solúveis da polpa do fruto (°brix) e firmeza da polpa do fruto (N).

A variável peso do fruto foi obtida com o auxílio de uma balança digital industrial, as variáveis comprimento, largura e cavidade interna do fruto, espessura da casca e da polpa foram mensuradas com o auxílio de um paquímetro digital (Figura 7), a variável teor de sólidos solúveis foi mensurada com o auxílio de um refratômetro digital e a firmeza obtida por meio de um penetrômetro.

Figura 7 – Medição de comprimento e largura do fruto, espessura da casca e espessura da polpa.



Fonte: Elaborada pela autora.

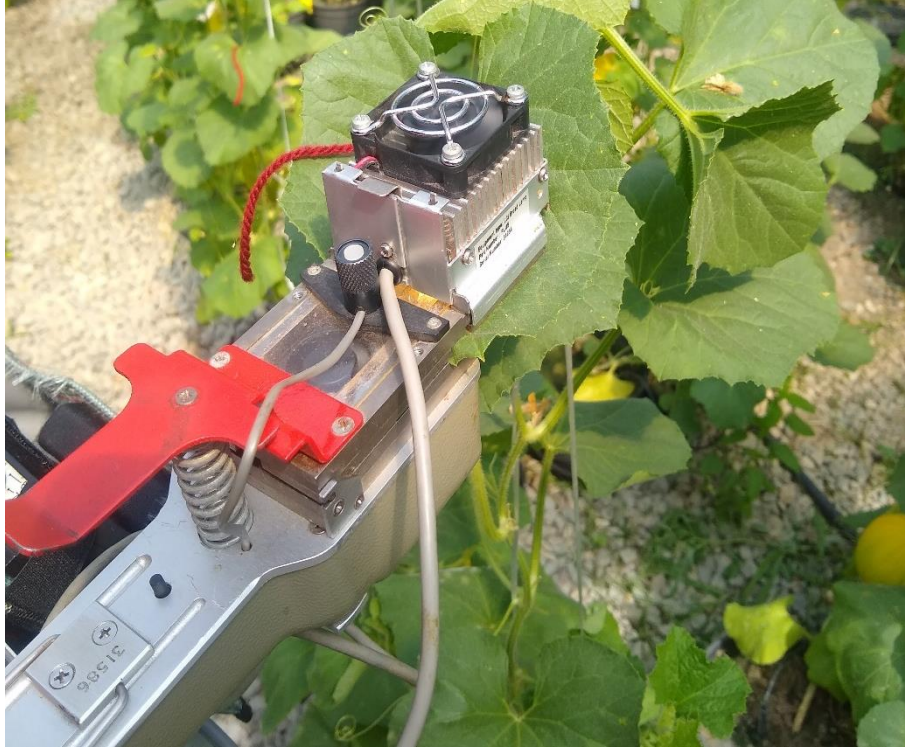
4.6.3 Trocas gasosas e fotossíntese

A coleta das variáveis fisiológicas ocorreu durante o ciclo de desenvolvimento do meloeiro e eram realizadas 48 horas após a aplicação do Biofertilizante. Foram realizadas quatro avaliações distribuídas durante o ciclo da cultura, aos 15, 30, 45 e 60 DAT (dias após o transplântio), correspondendo as fases vegetativa, floração, desenvolvimento do fruto e maturação do fruto.

Foram realizadas medições da taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (g_s), taxa de transpiração (E), concentração interna de CO_2 (C_i), eficiência instantânea do uso da água (A/E), eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) e índice relativo de clorofila (unidades SPAD). As medições foram realizadas em folhas completamente desenvolvidas, onde o processo de escolha da folha foi definido a partir do ápice da planta. As determinações ocorreram entre 8:00 e 12:00 h, utilizando radiação fotossinteticamente ativa (PAR) constante ($1200 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração constante de CO_2 (400ppm),

temperatura e umidade ambiente (Figura 8), por meio de um analisador de gás no infravermelho (IRGA; modelo portátil LI-6400XT, LI-COR Biosciences Inc., Lincon, Nebraska, USA).

Figura 8 - Obtenção das medições das variáveis fisiológicas com IRGA



Fonte: Elaborada pela autora.

As variáveis eficiência instantânea do uso da água (A/E) e eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) foram calculadas a partir das medições de taxa fotossintética líquida, taxa de transpiração e concentração interna de CO₂. A variável índice relativo de clorofila foi obtida por meio de um medidor de clorofila SPAD e sua medida foi feita em três pontos da mesma folha e obtida a média.

4.7 Análises estatísticas

Para a análise estatística, os dados morfológicos e fisiológicos foram analisados seguindo o delineamento experimental inteiramente casualizado, utilizando modelo linear fixo:

$$y_{ij} = A_i + e_{ij}$$

no qual, Y é o dado fenotípico, A_i é o efeito das doses e e_{ij} é o efeito aleatório dos fatores não controláveis, isto é, dos resíduos.

Para verificação das pressuposições da ANOVA, os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos pelo método Shapiro-Wilk e, quando alguma variável não

indicou normalidade foram realizadas as transformações necessárias. Além disso, os dados foram submetidos ao teste de homocedasticidade para checar a homogeneidade das variâncias.

Após a ANOVA, as variáveis em que o efeito das doses foi significativo foram submetidas à análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico R v. 4.1.2 (R Core Team, 2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Flor, folha e hastes

Para as variáveis de flor, folha e hastes, não houve diferença para nenhuma variável avaliada, exceto para a variável número de folhas que apresentou diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F em função das doses de Arbolina® aplicadas via pulverização foliar (TABELA 3). Para a aplicação via substrato, não houve diferença significativa pelo teste F em função das doses de Arbolina® para nenhuma das variáveis avaliadas (TABELA 4).

Tabela 3 – Médias das variáveis de flor, folha e hastes em plantas de melão amarelo, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via pulverização foliar, Fortaleza – CE, 2022.

Variável‡	Média por dose (mg/ha)					Média geral	F§	Pr>F	CV (%)
	0,00	236,25	472,50	708,75	945,00				
FH	4,67	5,17	5,00	4,42	4,50	4,75	0,50 ^{ns}	0,74	16,64
FM	134,92	145,83	129,00	125,67	116,50	130,38	3,42 ^{ns}	0,05	7,84
NF	68,90	75,80	74,80	53,90	61,50	66,98	4,35 [*]	0,03	11,51
AF	5514,47	5714,96	5164,29	4307,99	4652,19	5070,78	1,81 ^{ns}	0,20	14,90
MFF	138,83	141,67	129,75	107,50	117,67	127,08	2,13 ^{ns}	0,15	13,44
MSF	17,83	19,33	17,50	15,28	16,00	17,19	1,59 ^{ns}	0,25	12,76
CRP	146,92	159,33	134,83	150,75	141,50	146,67	0,72 ^{ns}	0,60	12,88
NRS	4,58	5,50	4,42	4,11	4,50	4,62	1,87 ^{ns}	0,19	14,30
CRS	253,75	286,67	252,75	191,19	202,67	237,41	2,25 ^{ns}	0,14	19,28
MFH	155,67	166,25	148,17	129,25	128,50	145,57	2,08 ^{ns}	0,16	13,65
MSH	9,75	10,75	9,08	8,61	8,92	9,42	1,13 ^{ns}	0,40	14,75

‡FH - flores hermafroditas; FM - flores masculinas; NF - número de frutos; AF - área foliar; MFF - massa fresca da folha; MSF - massa seca da folha; CRP - comprimento do ramo primário; NRS - número de ramos secundários; CRS - comprimento dos ramos secundários; MFH - massa fresca das hastes; e, MSH - massa seca das hastes.

§Teste F: * - significativo a 5%; ** - significativo a 1 % e ns - não significativo.

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 4 - Médias das variáveis de flor, folha e hastes em plantas de melão amarelo, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via substrato, Fortaleza - CE, 2022.

Variável‡	Média por dose (mg/ha)					Média geral	F§	Pr>F	CV (%)
	0,00	236,25	472,50	708,75	945,00				
FH	3,92	4,50	4,08	4,08	4,25	4,17	0,28 ^{ns}	0,89	17,39
FM	130,75	128,08	129,25	123,25	127,58	127,78	0,23 ^{ns}	0,92	7,99
NF	63,67	70,92	68,92	57,00	54,81	63,06	1,72 ^{ns}	0,22	14,83
AF	4224,95	5098,95	4981,18	4305,09	4008,08	4523,65	1,31 ^{ns}	0,33	16,24
MFF	112,08	129,17	126,25	109,58	101,39	115,69	0,91 ^{ns}	0,49	18,38
MSF	15,00	17,67	16,83	14,42	14,33	15,65	1,49 ^{ns}	0,28	13,69
CRP	137,75	143,50	145,50	137,92	119,36	136,81	0,64 ^{ns}	0,64	16,31
NRS	4,67	4,33	5,08	4,17	4,31	4,51	0,52 ^{ns}	0,72	19,65

CRS	203,42	218,17	243,58	195,17	188,53	209,77	0,69 ^{ns}	0,62	21,77
MFH	125,92	145,17	142,08	125,67	123,25	132,42	0,82 ^{ns}	0,54	14,91
MSH	9,33	9,42	9,25	8,58	7,47	8,81	1,09 ^{ns}	0,41	15,41

‡FH - flores hermafroditas; FM - flores masculinas; NF - número de frutos; AF - área foliar; MFF - massa fresca da folha; MSF - massa seca da folha; CRP - comprimento do ramo primário; NRS - número de ramos secundários; CRS - comprimento dos ramos secundários; MFH - massa fresca das hastes; e, MSH - massa seca das hastes.

§Teste F: * - significativo a 5%; ** - significativo a 1 % e ns - não significativo.

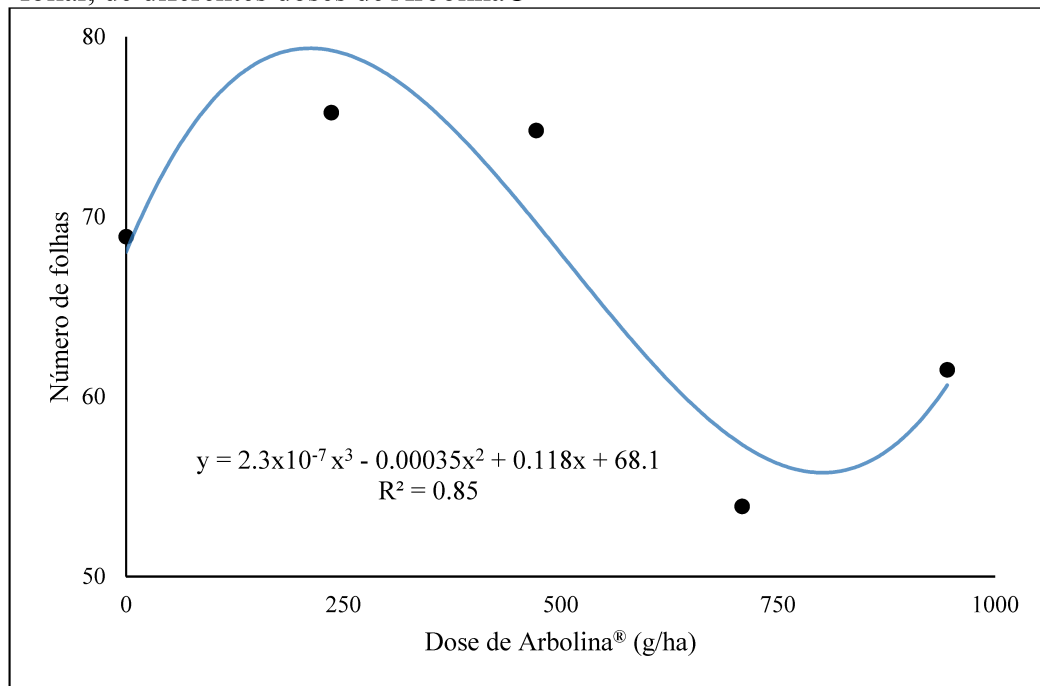
Fonte: Elaborada pela autora.

Gorgonio (2019) estudando o efeito do biofertilizante COMMAX Nitro em plantas de melão amarelo, verificou que o mesmo não influenciou no número de flores das plantas, corroborando os resultados do presente trabalho. Em contrapartida, Silva (2017) estudando os efeitos do bioestimulante Crop Set® em plantas de melão cantaloupe, observaram que plantas tratadas apresentaram maior número de flores hermafroditas (64,9%) e flores masculinas (29%), em relação ao controle.

Silva (2020) obteve resultados semelhantes avaliando diferentes modos de aplicação do bioestimulante Viusid-Agro em melão amarelo, em que a massa fresca e seca das folhas e das hastes, não demonstrou diferença significativa para nenhum dos modos de aplicação do bioestimulante. Em outro estudo, Monteiro *et al.* (2019) avaliando a aplicação do bioestimulante Stimulate® no cultivo da beterraba, observaram que a área foliar das plantas tratadas com o produto não apresentaram diferença estatisticamente significativa para nenhuma das doses testadas.

Para a variável número de folhas foram ajustados modelos polinomiais e o de terceiro grau foi o de melhor ajuste (Figura 9), com o máximo de número de folhas (75,8) alcançada na dose de 236 mg/ha, representando um aumento de 10,01% em relação ao controle e, a partir dessa dose, verifica-se uma tendência de queda no rendimento da planta.

Figura 9 – Número de folhas de melão em função da aplicação, via pulverização foliar, de diferentes doses de Arbolina®



Fonte: Elaborada pela autora.

Em estudo desenvolvido por Oliveira *et al.* (2017c) avaliando o efeito do bioestimulante Stimulate® em plantas de maxixeiro, observaram que o tratamento das sementes com o produto favoreceu o aumento do número de folhas das mudas produzidas, em relação ao controle. Resultados semelhantes foram observados por Izidório *et al.* (2015) em estudo avaliando o efeito do bioestimulante Stimulate® na cultura da alface. Os autores observaram que a aplicação de 7 ml L^{-1} do produto em mudas de alface após transplântio, resultou em maior número de folhas por planta, representando um aumento de 8,2%, em relação a testemunha. O aumento do número de folhas pode estar relacionado ao contato direto de gemas axilares com o produto aplicado (TAIZ *et al.*, 2017).

5.2 Fruto

Para as variáveis do fruto, não houve diferença estatística significativa pelo teste F para nenhuma das variáveis avaliadas, tanto para pulverização foliar (TABELA 5) quanto para aplicação via substrato (TABELA 6). Os resultados demonstram que as diferentes formas de aplicação e doses do biofertilizante não influenciaram nos parâmetros do fruto do meloeiro.

Tabela 5 – Médias das variáveis de fruto em plantas de melão amarelo, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via pulverização foliar, Fortaleza - CE, 2022.

Variável [‡]	Média por dose (mg/ha)					Média geral	F [§]	Pr>F	CV (%)
	0,00	236,25	472,50	708,75	945,00				
PF	708,08	700,42	655,92	591,78	609,58	653,16	0,66 ^{ns}	0,64	17,10
CF	113,21	114,40	109,26	109,06	110,02	111,19	0,53 ^{ns}	0,71	5,23
LF	114,41	113,53	113,19	107,14	106,79	111,01	0,58 ^{ns}	0,68	7,61
ECF	4,95	4,73	4,58	5,03	4,85	4,83	0,34 ^{ns}	0,84	10,86
EPF	23,00	21,31	22,05	19,26	21,14	21,35	1,79 ^{ns}	0,21	8,37
CIF	58,52	61,15	58,60	58,28	55,47	58,41	0,41 ^{ns}	0,80	9,32
SSPF	10,46	10,13	10,71	10,12	10,19	10,32	0,32 ^{ns}	0,86	7,64
FPF	24,80	25,50	25,70	28,18	26,73	26,18	1,21 ^{ns}	0,37	7,90

[‡]PF – peso do fruto; CF – comprimento do fruto; LF – largura do fruto; ECF – espessura da casca do fruto; EPF – espessura da polpa do fruto; CIF – cavidade interna do fruto; SSPF – sólidos solúveis da polpa do fruto; e, FPF – firmeza da polpa do fruto. [§]Teste F: * - significativo a 5%; ** - significativo a 1 % e ns - não significativo.

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 6 – Médias das variáveis de fruto em plantas de melão amarelo, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via substrato, Fortaleza - CE, 2022.

Variável [‡]	Média por dose (mg/ha)					Média geral	F [§]	Pr>F	CV (%)
	0,00	236,25	472,50	708,75	945,00				
PF	578,58	705,83	601,33	601,00	623,17	621,98	1,39 ^{ns}	0,30	11,66
CF	106,56	114,15	107,42	109,63	107,04	108,96	2,19 ^{ns}	0,14	3,36
LF	105,16	114,97	108,92	107,13	109,10	109,06	1,47 ^{ns}	0,28	4,82
ECF	4,44	4,73	4,47	5,18	4,56	4,68	0,62 ^{ns}	0,66	14,12
EPF	21,59	21,99	21,60	20,85	22,08	21,62	0,24 ^{ns}	0,91	7,93
CIF	55,30	60,51	56,74	57,26	59,04	57,77	0,68 ^{ns}	0,62	7,38
SSPF	10,01	10,61	11,05	9,91	10,57	10,43	1,49 ^{ns}	0,28	6,36
FPF	27,66	24,35	26,52	25,25	24,87	25,73	1,42 ^{ns}	0,30	7,59

[‡]PF – peso do fruto; CF – comprimento do fruto; LF – largura do fruto; ECF – espessura da casca do fruto; EPF – espessura da polpa do fruto; CIF – cavidade interna do fruto; SSPF – sólidos solúveis da polpa do fruto; e, FPF – firmeza da polpa do fruto. [§]Teste F: * - significativo a 5%; ** - significativo a 1 % e ns - não significativo.

Fonte: Elaborada pela autora.

Resultados divergentes foram encontrados por Butruille (2021) em estudo sobre os efeitos da Arbolina® em plantas de morangueiro, onde a autora observou o aumento de 16,4% na produtividade da cultura e 13,8% no número de frutos por planta com a aplicação de 168 mg L⁻¹ e 161 mg L⁻¹ respectivamente do biofertilizante, em relação ao controle. Ainda nesse estudo, Butruille (2021) observou que o comprimento, a largura e os sólidos solúveis dos frutos de morangueiro não foram alterados com a aplicação de Arbolina®, corroborando com os resultados obtidos. Em outro estudo, Mcgehee *et al.* (2017) avaliaram a aplicação de CNTs via hidroponia, em tomateiro e observaram aumento de 65% no número de frutos com a aplicação de 50 mg L⁻¹ de CNTs, em relação ao controle.

Em estudo realizado por Vendruscolo *et al.* (2017), avaliando o efeito de doses do

bioestimulante Stimulate® em plantas de melão rendilhado, os autores observaram que frutos tratados com o bioestimulante até a concentração de 20 ml L⁻¹, apresentaram teor de sólidos solúveis em frutos elevado em relação à testemunha. No mesmo estudo, a aplicação do bioestimulante nos frutos não afetou a cavidade interna dos frutos, resultado semelhante ao encontrado no presente estudo. Silva (2020) avaliando diferentes modos de aplicação do bioestimulante Viusid-Agro em plantas de melão amarelo, observou que a espessura da casca e a firmeza dos frutos, não demonstrou diferença significativa para nenhum dos modos de aplicação do bioestimulante, entretanto, a espessura da polpa dos frutos apresentou diferença, apresentando maior espessura com as aplicações via fertirrigação na frequência de 8 vezes por semana.

5.3 Trocas gasosas e fotossíntese

Não houve diferença estatística pelo teste F para nenhum parâmetro fisiológico avaliado, tanto por pulverização foliar (TABELA 7) quanto por aplicação via substrato (TABELA 8), aos 15 DAT.

Tabela 7 - Médias das variáveis de trocas gasosas e fotossíntese em plantas de melão amarelo, aos 15 DAT, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via pulverização foliar, Fortaleza - CE, 2022.

Variável‡	Média por dose (mg/ha)					Média geral	F§	Pr>F	CV (%)
	0,00	6,56	13,13	19,69	26,25				
<i>A</i>	20,08	21,94	20,89	21,05	22,52	21,30	1,04 ^{ns}	0,43	7,61
<i>g_s</i>	1,46	1,29	0,97	0,93	1,13	1,15	1,01 ^{ns}	0,45	32,94
<i>E</i>	5,24	4,81	4,91	4,67	5,21	4,97	0,88 ^{ns}	0,51	9,17
<i>Ci</i>	295,33	286,83	280,67	286,67	274,83	284,87	0,50 ^{ns}	0,74	6,62
<i>A/E</i>	3,88	4,58	4,24	4,56	4,36	4,33	1,37 ^{ns}	0,31	9,86
<i>A/Ci</i>	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,33 ^{ns}	0,85	14,41
SPAD	33,22	32,64	33,42	33,17	33,15	33,12	0,35 ^{ns}	0,84	2,56

‡*A* – taxa fotossintética líquida; *g_s* – condutância estomática; *E* – taxa de transpiração; *Ci* – Concentração interna de CO₂; *A/E* – eficiência instantânea do uso da água; *A/Ci* – eficiência instantânea de carboxilação; e, SPAD – índice relativo de clorofila. §Teste F: * - significativo a 5%; ** - significativo a 1 % e ns - não significativo.

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 8 - Médias das variáveis de trocas gasosas e fotossíntese em plantas de melão amarelo, aos 15 DAT, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via substrato, Fortaleza - CE, 2022.

Variável‡	Média por dose (mg/ha)					Média geral	F§	Pr>F	CV (%)
	0,00	6,56	13,13	19,69	26,25				
<i>A</i>	20,64	21,18	20,35	22,52	21,29	21,19	0,60 ^{ns}	0,67	8,84
<i>g_s</i>	1,24	0,97	1,08	0,99	2,13	1,28	0,75 ^{ns}	0,58	75,82
<i>E</i>	5,23	5,07	4,88	5,12	5,16	5,09	0,33 ^{ns}	0,85	7,81

Ci	287,17	274,17	283,83	271,83	292,17	281,83	0,59 ^{ns}	0,68	6,93
A/E	3,97	4,20	4,17	4,42	4,17	4,18	0,40 ^{ns}	0,81	10,54
A/Ci	0,07	0,08	0,07	0,08	0,07	0,08	0,57 ^{ns}	0,69	14,17
SPAD	33,12	34,03	32,88	33,28	33,01	33,26	1,16 ^{ns}	0,39	2,19

‡A – taxa fotossintética líquida; g_s – condutância estomática; E – taxa de transpiração; Ci – Concentração interna de CO₂; A/E – eficiência instantânea do uso da água; A/Ci – eficiência instantânea de carboxilação; e, SPAD – índice relativo de clorofila. §Teste F: * - significativo a 5%; ** - significativo a 1 % e ns - não significativo.
Fonte: Elaborada pela autora.

Aos 30 DAT, as plantas de melão não tiveram seus parâmetros fisiológicos alterados com a aplicação de Arbolina, via foliar (TABELA 9) ou via substrato (TABELA 10), não apresentando diferença significativa pelo teste F em função das doses e formas de aplicação do produto.

Tabela 9 - Médias das variáveis de trocas gasosas e fotossíntese em plantas de melão amarelo, aos 30 DAT, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via pulverização foliar, Fortaleza - CE, 2022.

Variável‡	Média por dose (mg/ha)					Média geral	F§	Pr>F	CV (%)
	0,00	39,38	78,75	118,13	157,50				
A	15,20	12,67	14,50	15,43	14,55	14,47	0,61 ^{ns}	0,66	16,55
g _s	0,22	0,18	0,20	0,20	0,17	0,19	0,39 ^{ns}	0,81	28,26
E	3,62	2,90	3,57	3,29	3,22	3,32	0,66 ^{ns}	0,64	18,76
Ci	219,00	223,00	207,50	205,17	188,83	208,70	1,48 ^{ns}	0,28	9,16
A/E	4,22	4,43	4,07	4,78	4,53	4,41	0,64 ^{ns}	0,65	13,65
A/Ci	0,07	0,06	0,07	0,08	0,07	0,07	0,89 ^{ns}	0,51	20,54
SPAD	31,78	32,72	32,29	32,85	31,72	32,27	0,53 ^{ns}	0,72	3,85

‡A – taxa fotossintética líquida; g_s – condutância estomática; E – taxa de transpiração; Ci – Concentração interna de CO₂; A/E – eficiência instantânea do uso da água; A/Ci – eficiência instantânea de carboxilação; e, SPAD – índice relativo de clorofila. §Teste F: * - significativo a 5%; ** - significativo a 1 % e ns - não significativo.
Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 10 - Médias das variáveis de trocas gasosas e fotossíntese em plantas de melão amarelo, aos 30 DAT, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via substrato, Fortaleza - CE, 2022.

Variável‡	Média por dose (mg/ha)					Média geral	F§	Pr>F	CV (%)
	0,00	39,38	78,75	118,13	157,50				
A	15,78	14,57	15,94	15,55	14,96	15,36	0,24 ^{ns}	0,91	13,24
g _s	0,22	0,22	0,27	0,23	0,21	0,23	0,55 ^{ns}	0,70	22,91
E	4,02	3,79	3,97	4,10	3,29	3,84	1,50 ^{ns}	0,27	11,94
Ci	208,50	211,17	227,67	222,50	212,67	216,50	0,97 ^{ns}	0,46	6,64
A/E	3,96	3,91	4,09	3,79	4,64	4,08	0,63 ^{ns}	0,65	17,67
A/Ci	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,49 ^{ns}	0,74	11,72
SPAD	32,14	32,09	31,78	31,34	32,14	31,90	0,29 ^{ns}	0,88	3,52

‡A – taxa fotossintética líquida; g_s – condutância estomática; E – taxa de transpiração; Ci – Concentração interna de CO₂; A/E – eficiência instantânea do uso da água; A/Ci – eficiência instantânea de carboxilação; e, SPAD – índice relativo de clorofila. §Teste F: * - significativo a 5%; ** - significativo a 1 % e ns - não significativo.
Fonte: Elaborada pela autora.

Na 3ª aplicação de Arbolina®, aos 45 DAT, não houve diferença estatística entre os tratamentos pelo teste F para os parâmetros fisiológicos avaliados, tanto por aplicação via pulverização foliar (TABELA 11) quanto por aplicação via substrato (TABELA 12).

Tabela 11 - Médias das variáveis de trocas gasosas e fotossíntese em plantas de melão amarelo, aos 45 DAT, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via pulverização foliar, Fortaleza - CE, 2022.

Variável [‡]	Média por dose (mg/ha)					Média geral	F [§]	Pr>F	CV (%)
	0,00	105,00	210,00	315,00	420,00				
<i>A</i>	18,20	16,68	18,02	18,57	18,41	17,98	0,39 ^{ns}	0,81	11,68
<i>g_s</i>	0,31	0,28	0,25	0,30	0,29	0,28	0,58 ^{ns}	0,68	19,90
<i>E</i>	4,75	3,98	4,73	4,79	5,17	4,68	0,42 ^{ns}	0,79	24,77
<i>Ci</i>	228,33	222,83	197,83	218,33	216,83	216,83	3,15 ^{ns}	0,06	5,19
<i>A/E</i>	3,91	4,31	3,87	4,65	3,59	4,07	0,31 ^{ns}	0,87	31,84
<i>A/Ci</i>	0,08	0,07	0,09	0,08	0,08	0,08	0,79 ^{ns}	0,56	14,43
SPAD	35,43	35,76	35,57	35,45	34,04	35,25	0,18 ^{ns}	0,94	7,99

[‡]*A* – taxa fotossintética líquida; *g_s* – condutância estomática; *E* – taxa de transpiração; *Ci* – Concentração interna de CO₂; *A/E* – eficiência instantânea do uso da água; *A/Ci* – eficiência instantânea de carboxilação; e, SPAD – índice relativo de clorofila. [§]Teste F: * - significativo a 5%; ** - significativo a 1 % e ns - não significativo.

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 12 - Médias das variáveis de trocas gasosas e fotossíntese em plantas de melão amarelo, aos 45 DAT, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via substrato, Fortaleza - CE, 2022.

Variável [‡]	Média por dose (mg/ha)					Média geral	F [§]	Pr>F	CV (%)
	0,00	105,00	210,00	315,00	420,00				
<i>A</i>	19,08	19,74	15,00	17,48	18,24	17,91	1,00 ^{ns}	0,45	17,75
<i>g_s</i>	0,31	0,26	0,23	0,25	0,26	0,26	0,47 ^{ns}	0,76	29,39
<i>E</i>	5,43	4,82	4,09	5,04	4,21	4,72	1,55 ^{ns}	0,26	16,63
<i>Ci</i>	217,67	197,67	213,67	204,33	205,83	207,83	0,37 ^{ns}	0,83	10,90
<i>A/E</i>	3,53	4,07	3,78	3,46	4,62	3,89	0,80 ^{ns}	0,55	23,40
<i>A/Ci</i>	0,09	0,10	0,07	0,09	0,09	0,09	1,31 ^{ns}	0,33	20,31
SPAD	34,56	36,47	33,83	34,72	34,12	34,74	0,57 ^{ns}	0,69	6,80

[‡]*A* – taxa fotossintética líquida; *g_s* – condutância estomática; *E* – taxa de transpiração; *Ci* – Concentração interna de CO₂; *A/E* – eficiência instantânea do uso da água; *A/Ci* – eficiência instantânea de carboxilação; e, SPAD – índice relativo de clorofila. [§]Teste F: * - significativo a 5%; ** - significativo a 1 % e ns - não significativo.

Fonte: Elaborada pela autora.

Na última aplicação do bioestimulante, aos 60 DAT, os parâmetros fisiológicos avaliados não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos pelo teste F tanto para as aplicações foliares (TABELA 13) quanto para as via substrato (TABELA 14).

Tabela 13 - Médias das variáveis de trocas gasosas e fotossíntese em plantas de melão amarelo, aos 60 DAT, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via pulverização foliar, Fortaleza - CE, 2022.

Variável [‡]	Média por dose (mg/ha)					Média geral	F [§]	Pr>F	CV (%)
	0,00	236,25	472,50	708,75	945,00				
A	16,63	14,92	14,92	14,89	16,37	15,55	0,31 ^{ns}	0,86	17,37
g _s	0,23	0,24	0,21	0,25	0,23	0,23	0,10 ^{ns}	0,98	35,86
E	3,51	3,09	3,47	3,52	3,69	3,46	0,36 ^{ns}	0,83	18,45
Ci	207,83	215,33	205,50	225,67	210,33	212,93	0,21 ^{ns}	0,93	14,20
A/E	4,82	4,79	4,23	4,32	4,42	4,52	0,57 ^{ns}	0,69	13,86
A/Ci	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07	0,47 ^{ns}	0,76	18,94
SPAD	37,91	41,28	40,71	40,19	38,04	39,63	1,21 ^{ns}	0,37	6,18

[‡]A – taxa fotossintética líquida; g_s – condutância estomática; E – taxa de transpiração; Ci – Concentração interna de CO₂; A/E – eficiência instantânea do uso da água; A/Ci – eficiência instantânea de carboxilação; e, SPAD – índice relativo de clorofila. [§]Teste F: * - significativo a 5%; ** - significativo a 1 % e ns - não significativo.

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 14 - Médias das variáveis de trocas gasosas e fotossíntese em plantas de melão amarelo, aos 60 DAT, cultivadas sob diferentes doses de Arbolina® via substrato, Fortaleza - CE, 2022.

Variável [‡]	Média por dose (mg/ha)					Média geral	F [§]	Pr>F	CV (%)
	0,00	236,25	472,50	708,75	945,00				
A	14,88	17,03	15,18	14,01	16,40	15,50	1,71 ^{ns}	0,22	10,34
g _s	0,19	0,24	0,23	0,19	0,24	0,22	0,53 ^{ns}	0,71	26,14
E	3,01	3,87	3,31	3,55	3,31	3,41	2,73 ^{ns}	0,09	9,87
Ci	199,83	207,67	219,33	209,83	204,83	208,30	0,25 ^{ns}	0,90	11,96
A/E	4,81	4,42	4,65	3,98	5,00	4,57	1,43 ^{ns}	0,29	12,47
A/Ci	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08	1,24 ^{ns}	0,36	13,24
SPAD	40,33	37,44	40,18	40,01	39,73	39,54	1,17 ^{ns}	0,38	4,85

[‡]A – taxa fotossintética líquida; g_s – condutância estomática; E – taxa de transpiração; Ci – Concentração interna de CO₂; A/E – eficiência instantânea do uso da água; A/Ci – eficiência instantânea de carboxilação; e, SPAD – índice relativo de clorofila. [§]Teste F: * - significativo a 5%; ** - significativo a 1 % e ns - não significativo.

Fonte: Elaborada pela autora.

Esses resultados corroboram os encontrados por Butruille (2021), que avaliou o efeito de doses e formas de aplicação de Arbolina® em plantas de morangueiro. A autora observou que diferentes doses e formas de aplicação do produto não alteraram os parâmetros fisiológicos da planta. Gomes (2019), avaliando os efeitos da aplicação de 4 bioestimulantes na cultura do tomateiro em função de duas faixas de umidade do solo, observou que a aplicação dos produtos não afetou a taxa fotossintética líquida, a condutância estomática, a taxa de transpiração e a eficiência instantânea de carboxilação das plantas. Melo *et al.* (2021), avaliando os efeitos da aplicação do bioestimulante Radifarm® em plantas de soja, observaram que diferentes doses do produto não alteraram a taxa fotossintética líquida, a taxa de transpiração, a eficiência instantânea do uso da água e a condutância estomática da cultura.

Em contrapartida, os resultados diferem dos encontrados para outras culturas como

milho, arroz e alface, onde a aplicação de *Carbon Dots* foi capaz de estimular a transpiração, a condutância estomática e/ou fotossíntese das plantas (TAN *et al.*, 2021; ZHENG, Y. *et al.*, 2017b).

A absorção de nanoformulações carbonáceas pelas plantas pode ocorrer tanto pelas raízes quanto pelas folhas, entretanto, características como tamanho e cargas superficiais, bem como formulação da solução, concentração e forma de aplicação podem influenciar nas respostas vegetais (BUTRUILLE, 2021). Nessa perspectiva, Kou *et al.* (2021) observaram os efeitos benéficos da utilização de nanoformulações carbonáceas em tomateiro, os quais aumentaram o conteúdo de água, aceleraram a germinação e promoveram a alongação do hipocótilo e da radícula da cultura. Adicionalmente, Yinjian Zheng *et al.* (2017a) relataram aumentos na condutância estomática (100%) e taxa transpiratória de alface (40%) em tratamentos com nanoformulações carbonáceas via hidroponia.

6 CONCLUSÃO

De acordo com as condições testadas neste trabalho, conclui-se que a Arbolina® não afetou o desenvolvimento, a produção e a fisiologia do meloeiro em nenhuma das formas de aplicação, exceto para o número de folhas. Portanto, a Arbolina® não exerceu efeito bioestimulante na cultura do meloeiro, considerando as doses e as formas de aplicação.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Havia uma expectativa de que o uso de nanoformulações carbonáceas pudessem melhorar o desenvolvimento, produção e processos fotossintéticos de plantas de meloeiro. E dessa forma, o melão nacional que já detém a classificação de “mais verde” devido às estratégias adotadas no cultivo para a diminuição de impactos ambientais, conseguisse através dessa abordagem tornar-se ainda mais sustentável e competitivo no cenário mundial.

Devido ao trabalho ser pioneiro na aplicação de Arbolina® na cultura do melão, alguns fatores durante a condução e planejamento do experimento, como o espaço de condução, a quantidade de repetições e doses escolhidas, podem ter afetado os resultados obtidos fazendo com que o bioestimulante não tenha demonstrado todo o potencial na cultura, por isso, em trabalhos futuros, recomenda-se redimensionar o número de repetições e as dosagens usadas.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR NETO, P. **Growth and nutrient accumulation in onion, melon and watermelon in the states of Rio Grande do Norte and Pernambuco.** 2013. 205p. Thesis (Ph.D. in Agronomy: Crop Science) - Federal Rural University of Semiarid (UFERSA), Mossoró-RN, 2013.
- ANGELOTTI, F.; COSTA, N. D. **Sistema de Produção de Melão: Clima.** Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2010. Disponível em: http://www.cpatia.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmelao/clima.html. Acesso em: 12 fev. 2022.
- ARAGÃO, F. A. S.; NUNES, E. W. L. P.; BOMFIM, I. G. A.; NUNES, G. H. S.; QUEIROZ, M. A. Descrição e classificação botânica do meloeiro. In.: GUIMARÃES, M. A.; ARAGÃO, F. A. S. **Produção de melão.** Viçosa-MG: Editora UFV, 2019. p. 51-62.
- BARROS, V. da S. **Pegada de carbono do melão produzido em sistemas convencional ou conservacionista.** 2015. 120p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.
- BAR-YOSEF, B. Advances in fertigation. **Advances in Agronomy**, n. 65, p. 1-77, 1999.
- BELFORT, C. C. **Acumulação de matéria seca e recrutamento de nutrientes em melão (Cucumis melo L. cv Valenciano Amarelo CAC) cultivado em latossolo vermelho amarelo em Presidente Wenceslau-SP.** 1985.72 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Oueiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas.** 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.
- BRAGA, M. B. **Sistema de Produção de Melão: Irrigação.** Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2010. Disponível em: http://www.cpatia.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmelao/irrigacao.html. Acesso em: 29 jan. 2022.
- BRANDÃO FILHO, J. V. T.; VASCONCELLOS, M. A. S. A. Cultura do meloeiro. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. (Ed.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais.** São Paulo: Fundação Editora da UESP, 1998. Cap. 6, p. 161-193.
- BUCHER, J. **Fotossíntese: considerações fisiológicas e ecológicas antioxidante de frutas tropicais.** Disciplina: Fisiologia Vegetal, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- BUTRUILLE, N. S. **Influência do método de aplicação e concentrações de Arbolina na produtividade, fisiologia e qualidade de frutos de morangueiro.** Brasília, DF: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2021, 76 p. Dissertação de Mestrado.
- CALABRO, R. L.; YANG, D. S.; KIM, D. Y. Liquid-phase laser ablation synthesis of graphene quantum dots from carbon nano-onions: Comparison with chemical oxidation. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 527, p. 132–140, 2018.

CHHIPA, H. Nanofertilizers and nanopesticides for agriculture. **Environmental Chemistry Letters**, vol. 15, no. 1, p. 15–22, 2017.

COSTA, N. D.; DIAS, R. de C. S.; FARIA, C. M. B. de; TAVARES, S. C. C. de H.; TERAÓ, D. **Cultivo do melão**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2000. 67p.

COSTA, N. D. et al. **A cultura do melão**. Brasília, DF: Embrapa, 2017 (Coleção Plantar, 76). 202 p.

CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, A. A. dos; HAJI, B. V.; FARIA, C. M. B. de; SILVA, D. J. da; FERNANDES, F. A. M.; SANTOS, F. J. de S.; CRISÓSTOMO, J. R.; FREITAS, J. de A. D. de; HOLANDA, J. S. de; CARDOSO, J. W.; COSTA, N. D. **Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro no Nordeste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 2002. 21 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular técnica, 14).

CRISÓSTOMO, J. R.; FALCÃO, L. F.; ARAGÃO, F. A. S.; FREITAS, J. G.; SILVA, J. F.; SANTOS, F. H. C. Biologia floral do meloeiro no Ceará: emissão, duração e relação flores masculinas/hermafroditas. In: Congresso brasileiro de olericultura, 44, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Horticultura Brasileira, v.22, n.2, 2004.

CROPLIFE BRASIL. Agricultura moderna: conheça as tecnologias que fazem parte do campo. **Croplife Brasil**, 16 jun. 2020. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/noticias/agricultura-moderna-conheca-as-tecnologias-que-fazem-parte-do-campo/>. Acesso em: 22 jan. 2022.

DEUS, J. A. L. de; NEVES, J. C. L.; SOARES, I. Partição da adubação NPK em fundação e cobertura para o meloeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis, SC. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 4p.

DIAS, R. de C. S.; COSTA, N. D. **Sistema de Produção de Melão: Propagação**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2010. Disponível em: http://www.cpatia.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmelao/producao_de_mudas.html. Acesso em: 26 jan. 2022.

DONATO, L. M. S.; RABELO, M. M.; DAVID, A. M. S. de S.; ROCHA, A. F.; ROCHA, A. S.; BORGES, G. A. Qualidade fisiológica de sementes de melão em função do estágio de maturação dos frutos. **Com. Sci.**, Bom Jesus, v.6, n.1, p.49-56, 2015.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, vol. 196, p. 3–14, 2015.

DUHAN, J. S.; KUMAR, R.; KUMAR, N.; KAUR, P.; NEHRA, K.; DUHAN, S. Nanotechnology: The new perspective in precision agriculture. **Biotechnology Reports**, vol. 15, p. 11–23, 2017.

FAO - **Food and Agriculture Organization**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 10 fev. 2022.

FEITOSA, F. R. C.; GUIMARÃES, M. A. Condições Climáticas e Época de Plantio. In.:

GUIMARÃES, M. A.; ARAGÃO, F. A. S. **Produção de melão**. Viçosa, MG. Ed. UFV, 2019.

FRANCHI, L. Como os bioestimulantes contribuem para o ganho de produtividade? **Agroinovadores**, 24 ago. 2020. Disponível em: <https://agro.genica.com.br/2020/08/24/bioestimulantes/>. Acesso em: 31 jan. 2022.

FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; DIAS, T. J.; DANTAS, M. M. M.; MACEDO, L. P. M.; AZEVEDO, T. A. O. Teores de micronutrientes no solo e no tecido foliar do maracujazeiro amarelo sob uso de atenuantes do estresse salino. **Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p. 65-81, 2015.

GIEHL, R. F. H.; FAGAN, E. B.; EISERMANN, A. C.; BRACKMANN, A.; MEDEIROS, S. P.; MANFRON, P. A. Crescimento e mudanças físico-químicas durante a maturação de frutos de meloeiro (*Cucumis melo* var. *cantalupensis* Naud) híbrido torreon. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.371-377, 2008.

GOMES, L. P. **Bioestimulantes e seus efeitos nos componentes da produção, nas trocas gasosas e na eficiência de uso da água no tomateiro sob restrição hídrica**. 2019. 50p. Dissertação (Mestrado Profissional em Olericultura) – Instituto Federal Goiano, campus Morrinhos, Goiás, 2019.

GORGONIO, B. de C. da R. **Avaliação da bioatividade das diferentes fases do commax algas nitro no melão (*Cucumis melo* L.)**. 2019. 27p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina, 2019.

GRANZIERA, L. da S.; ASSIS, O. B. G.; BRUMATTI, C. R.; JESUS, K. R. E. Nanotecnologia na agricultura: prospecção dos indicadores de impactos ambientais e sociais. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2012, Jaguariúna. **Anais...** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012. 9p.

HONG, G.; DIAO, S.; ANTARIS, A. L.; DAI, H. Carbon Nanomaterials for Biological Imaging and Nanomedicinal Therapy. **Chemical Reviews**, vol. 115, n. 19, p. 10816–10906, 2015.

HORA, R. C. da; CAMARGO JÚNIOR, O. A.; BUZANINI, A. C. Cucurbitáceas e outras. In: BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L. de; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R. **Hortaliças-fruto**. Maringá, PR: Eduem, 2018. 535 p.

HOU, Y.; LU, Q.; DENG, J.; LI, H.; ZHANG, Y. One-pot electrochemical synthesis of functionalized fluorescent carbon dots and their selective sensing for mercury ion. **Analytica Chimica Acta**, v. 866, p. 69–74, 2015.

IBGE, **Produção Agrícola Municipal 2020**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 29 jan. 2022.

INTERNATIONAL ORGANIZATION OF STANDARDS. Nanotechnologies — Plain 57 language explanation of selected terms from the ISO/IEC 80004 series" ISO/TR 18401:2017. 2017. **Journal of Chromatography A**. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/62384.html> <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:tr:1840>.

1:ed-1:v1:en. Acesso em: 22 jan. 2022.

IZIDÓRIO, T. H. C.; LIMA, S. F.; VENDRUSCULO, E. P.; ÁVILA, J.; ALVAREZ, R. C. F. Bioestimulante via foliar em alface após o transplântio das mudas. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 2, p. 49-56, 2015.

JUÁREZ-MALDONADO, A.; ORTEGA-ORTÍZ, H.; MORALES-DÍAZ, A. B.; GONZÁLEZ-MORALES, S.; MORELOS-MORENO, Á.; CABRERA-DE LA FUENTE, M.; SANDOVAL-RANGEL, A.; CADENAS-PLIEGO, G.; BENAVIDES-MENDOZA, A. Nanoparticles and nanomaterials as plant biostimulants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 1, p. 162, 2019.

KANEKO, F. H.; HERNANDEZ, F. B. T.; SHIMADA, M. M.; FERREIRA, J. P. Estudo de caso - Análise econômica da fertirrigação e adubação tratorizada em pivôs centrais considerando a cultura do milho. **Revista Agrarian Dourados**, v. 5, n. 161, p. 161-165, 2012.

KANO, C.; CARMELLO, Q. A. C.; CARDOSO, S. S.; FRIZZONE, J. A. Acúmulo de nutrientes pelo meloeiro rendilhado cultivado em ambiente protegido. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, suplemento 1, p. 1155-1164, 2010.

KANWAR, M. K.; SUN, S.; CHU, X.; ZHOU, J. Impacts of Metal and Metal Oxide Nanoparticles on Plant Growth and Productivity. **Nanomaterials and Plant Potential**. [S. l.: s. n.], 2019. p. 379–392.

KHAN, I.; SAEED, K.; KHAN, I. Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 12, n. 7, p. 908–931, 2019.

KILL, L. H. P.; SIQUEIRA, K. M. M.; RIBEIRO, M. F.; SILVA, E. M. S. **Avaliação da eficiência dos serviços de polinização no incremento da produtividade do melão (Cucumis melo L. – Cucurbitaceae) no semiárido brasileiro**. Relatório Técnico de Projeto de Pesquisa, 2013. 300p.

KILL, L. H. P.; RIBEIRO, M. de F.; SIQUEIRA, K. M. M.; SILVA, E. M. S. **Polinização do meloeiro: biologia reprodutiva e manejo de polinizadores**. Rio de Janeiro, RJ: Funbio, 2015. 32p.

KOU, E.; YAO, Y.; YANG, X.; SONG, S.; LI, W.; KANG, Y.; QU, S.; DONG, R.; PAN, X.; LI, D.; ZHANG, H.; LEI, B. Regulation Mechanisms of Carbon Dots in the Development of Lettuce and Tomato. **ACS Sustainable Chemistry and Engineering**, vol. 9, no. 2, p. 944–953, 2021.

KOUONON, L. C.; JACQUEMART, A. F.; ZORO BI, A. I.; BERTIN, P.; BAUDOIN, J. P.; DJE, Y. Reproductive biology of the andromonoecious *Cucumis melo* subsp. *agrestis* (Cucurbitaceae). **Annals of Botany**, Oxford, v. 104, n. 6, p.1129-1129, 2009.

LACERDA, C. F.; COSTA, R. N. T.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. p. 303-318.

LI, H.; KANG, Z.; LIU, Y.; LEE, S. T. Carbon nanodots: Synthesis, properties and applications. **Journal of Materials Chemistry**, v. 22, n. 46, p. 24230–24253, 2012.

LI, H. et al. Impacts of carbon dots on rice plants: boosting the growth and improving the disease resistance. **ACS Applied Bio Materials**, v. 1, n. 3, p. 663-672, 2018.

LI, Y.; XU, X.; WU, Y.; ZHUANG, J.; ZHANG, X.; ZHANG, H.; LEI, B.; HU, C.; LIU, Y. A review on the effects of carbon dots in plant systems. **Materials Chemistry Frontiers**, v. 4, n. 2, p. 437–448, 2020.

LIU, C.; ZHANG, P.; TIAN, F.; LI, W.; LI, F.; LIU, W. One-step synthesis of surface passivated carbon nanodots by microwave assisted pyrolysis for enhanced multicolor photoluminescence and bioimaging. **Journal of Materials Chemistry**, v. 21, n. 35, p. 13163–13167, 2011.

LOWRY, G. V.; AVELLAN, A.; GILBERTSON, L. M. Opportunities and challenges for nanotechnology in the agri-tech revolution. **Nature Nanotechnology**, v. 14, n. 6, p. 517–522, 2019.

LV, Z.; JIANG, R.; CHEN, J.; CHEN, W. Nanoparticle-mediated gene transformation strategies for plant genetic engineering. **Plant Journal**, v. 104, n. 4, p. 880–891, 2020.

MARCELIS, L. F. M. A. Simulation model for dry matter partitioning in cucumber. **Annals of Botany**, v.70, p.429-435, 1992.

MCCREIGHT, J. D.; NERSON, H.; GRUMET, R. Melon (*Cucumis melo* L.) In: KALOO, G.; BERGH, B. (Ed.). **Genetic improvement of vegetable crops**. Oxford: Pergamon Press, 1993. p.167-294.

MCGEHEE, D. L.; LAHIANI, M. H.; IRIN, F.; GREEN, M. J.; KHODAKOVSKAYA, M. V. Multiwalled Carbon Nanotubes Dramatically Affect the Fruit Metabolome of Exposed Tomato Plants. **ACS Applied Materials and Interfaces**, vol. 9, no. 38, p. 32430–32435, 2017.

MCGREGOR, S. E.; LEVIN, M. D.; FOSTER, R. E.; Honey bee visitors and fruit set of cantaloups. **Journal of Economic Entomology**, v. 58, p. 5, 1965.

MELO, G. B.; SILVA, A. G. da; PERIN, A.; BRAZ, G. B. P.; ANDRADE, C. L. B. Tratamento de sementes com doses do bioestimulante à base de algas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 1418-1431, 2021.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Brasil exporta primeira carga de melão para China após acordo bilateral. **MAPA**, 18 nov. 2020a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/brasil-exporta-primeira-carga-de-melao-para-china>. Acesso em: 22 jan. 2022.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Conceitos: conheça a base conceitual do Programa Nacional de Bioinsumos. **MAPA**, 27 mai. 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/conceitos>. Acesso em: 31 jan. 2022.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa N° 61, de 8 de julho de 2020. **MAPA**, 15 jul. 2020c. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-61-de-8-de-julho-de-2020-266802148>. Acesso em: 31 jan. 2022.

MONTEIRO, G. C.; SILVA, M. B.; RODRIGUES, L. F. O. S.; BALDINI, L. F.; SILVA, E. G.; TAKATA, W. H. S.; GOTO, R. Aplicação de bioestimulante proporciona melhoria no cultivo da beterraba (*Beta vulgaris* L.). **Revista de Ciências Agrárias**, vol. 42, n.4, p.1024-1031, 2019.

MORAES, J. G. V. **Biofertilizantes: Identificação das barreiras regulatórias e propostas para viabilizar esse insumo agrícola**. São Paulo. EESP/FGV, 2015. 91 p. Dissertação. (Mestre em Agronegócio) – Programa de Pós-graduação da Escola de Economia de São Paulo. São Paulo, 2015.

MOREIRA, S. R.; MELO, A. M. T. de; PURQUERIO, L. F. V.; TRANI, P. E.; NARITA, N. Melão (*Cucumis melo* L.). **INFOBIBOS**, 07 set. 2009. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2009_3/melao/index.htm. Acesso em: 24 jan. 2022.

MULLER, N. G.; FASOLO, D.; PINTO, F. P.; BERTÊ, R.; MULLER, F. C. Potencialidades fitoquímicas do melão (*Cucumis melo* L.) na região Noroeste do Rio Grande do Sul – Brasil. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v.15, n.2, p.194-198, 2013.

MUSSEN, E. C.; THORP, R. W. **Honey bee pollination of cantaloupe, cucumber and watermelon** (Publication, 7224). Oakland: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, 2003.

NASSER, M. D.; GONÇALVES, F. C. de M.; GOUVEIA, A. M. de S.; VILLAS BOAS, R. L. Estudos da marcha de absorção de nutrientes para recomendação de adubação no cultivo do meloeiro. **Revista Mirante**, Anápolis, v. 9, n. 2, p. 61-74, 2016.

NEGREIROS, A. N. P. **Crescimento, Produção, Qualidade do Melão produzido sob Lithothamnium**. Tese (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós - Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semiárido, 2015. 85 f.

OHARA, T.; KJIMA, A.; WACO, T.; ISHIUCHI, D. Vegetables, ornamental and tea. **Bulletin of the National Research Institute of Tokyo**, Tokyo, n. 15, p. 63-69, 2000.

OLIVEIRA, N. T.; SOUSA, S. Bioestimulantes à base de substâncias húmicas e aminoácidos promovem o aumento do crescimento de plântulas de milho. **Saberes**, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p.78-83, 2016.

OLIVEIRA, F. I. C. de; NUNES, A. C.; SILVA, F. D. da; SILVA, G. T. M. de A.; ARAGÃO, F. A. S. A cultura do melão. In: FIGUEIRÊDO, M. C. B. de; GONDIM, R. S.; ARAGÃO, F. A. S. de (Ed.). **Produção de melão e mudanças climáticas: sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica**. Brasília, DF: Embrapa, 2017a. p. 17-32.

OLIVEIRA, F. I. C. de; GRANGEIRO, L. C.; NEGREIROS, M. Z. de; NUNES, G. H. de S.;

ARAGÃO, F. A. S. Sistema de produção de melão no polo agrícola Jaguaribe-Açu. In: FIGUEIRÊDO, M. C. B. de; GONDIM, R. S.; ARAGÃO, F. A. S. de (Ed.). **Produção de melão e mudanças climáticas: sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica**. Brasília, DF: Embrapa, 2017b. p. 45-76.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, J. M.; SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALVES, R. C. Substrato e bioestimulante na produção de mudas de maxixeiro. **Hortic. bras.**, v. 35, n.1, p. 141-146, 2017c.

PAULA, J. A.; MEDEIROS, J. F.; MIRANDA, N. O.; OLIVEIRA, F. A.; LIMA, C. J. S. Metodologia para determinação das necessidades nutricionais de melão e melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.9, p. 911–916, 2011.

PEDROSA, J. F. **Cultura do melão**. Mossoró, RN: ESAM, 1997. 50 p.

QIAO, Z. A.; WANG, Y.; GAO, Y.; LI, H.; DAI, T.; LIU, Y.; HUO, Q. Commercially activated carbon as the source for producing multicolor photoluminescent carbon dots by Chemical oxidation. **Chemical Communications**, v. 46, n. 46, p. 8812–8814, 2010.

RAFFI, M. M.; HUSEN, A. Impact of Fabricated Nanoparticles on the Rhizospheric Microorganisms and Soil Environment. **Nanomaterials and Plant Potential**. [S. l.: s. n.], 2019. p. 529–552.

R Core Team (2021). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 28 jan. 22.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. **Melão: manejo, colheita, pós-colheita e comercialização**. Brasília, DF: SENAR, 2010. 120p.

SEYMOUR, G. B.; MCGLASSON, W. B. Melons. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (ed.) **Biochemistry of fruit ripening**. Londres: Chapman & Hall, 1993. p273-290.

SHARMA, R.; DEWANJEE, S.; KOLE, C. Utilization of nanoparticles for plant protection. **Plant Nanotechnology: Principles and Practices**. [S. l.: s. n.], 2016. p. 305–327.

SILVA, H. R. da; COSTA, N. D.; CARRIJO, O. A. Exigências de clima e solo e época de plantio. In: SILVA, H. R. da; COSTA, N. D. (Ed.). **Melão: produção aspectos técnicos**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2003. cap. 5, p. 23-28.

SILVA, L. C. F.; MANIERO, M. A.; CASAGRANDE, J. C.; STOLF, R.; PIEDADE, S. M. S. Agricultura bioestimulada. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, v. 14, p. 34-35, 2012.

SILVA, M. C.; SILVA, T. J. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; FARIAS, L. N. Características produtivas e qualitativas de melão rendilhado adubado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.6, p.581–587, 2014.

- SILVA, F. de A. C.; FELIX, A. C. A.; SILVA, J. da; MOREIRA, F. F.; SILVA, M. M. da; BRAGA, M. B. Avaliação nutricional de híbridos de meloeiro cultivados em ambiente protegido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal, RN. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 4p.
- SILVA, Z. L. **Produção e qualidade do melão Hy-Mark sob doses e épocas de aplicação de bioestimulante à base de citocininas**. 2017. 40 f. Trabalho de conclusão de curso (Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal - PB, 2017.
- SILVA, E. A. **Crescimento, produção e qualidade do meloeiro em função da aplicação de bioestimulante e controle de frutos**. 2020. 41p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2020.
- SIMMONDS, N. W. (ed). **Evolution of crop plants**. Logman: London e New york. 1976. 339 p.
- SIQUEIRA, K. M. M.; KIILL, L. H. P.; GAMA, D. R. S.; ARAÚJO, D. C. S.; COELHO, M. S. Comparação do padrão de floração e de visitação do meloeiro do tipo amarelo em Juazeiro-BA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, 33(1): p.473-478, 2011.
- SOUSA, V. F.de. **Frequência de aplicação de N e Kvia água de irrigação pôr gotejamento no meloeiro (Cucumis melo L. cv. Eldorado 300) em solo de textura arenosa**. 1993. 131 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de mesquita Filho"; Botucatu.
- SOUSA, V. F.; PINTO, J. M.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; MEDEIROS, J. F.; SANTOS, F. J. S. Irrigação e fertirrigação na cultura do melão. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011, p. 657-687.
- SOUZA, V. F.; COELHO, E. F. Manejo da Fertirrigação em fruteiras. In: FOLEGATTI, M. V.; CASARINI, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R. P. C.; RESENDE, R. S. (Coord.). **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 2001. v.2, p.289-318.
- STEINER, F.; PAVAN, F. O. B. Benefícios dos bioestimulantes na produção de mudas de alface. **CAMPO E NEGÓCIOS**, 23 fev. 2015. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/beneficios-dos-bioestimulantes-na-producao-de-mudas-de-alface/>. Acesso em: 31 jan. 2022.
- STREK, N. A; TIBOLA, T; LAGO, I; BURIOL, G. A; HELDWEIN, A. B; SCHENEIDER, M. ZAGO, V; Estimativa do plastocrono em meloeiro (Cucumis melo L.) cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1275-1280, nov-dez, 2005.
- SU, L.-X., MA, X.-L., ZHAO, K.-K., SHEN, C.-L., LOU, Q., YIN, D.-M., & SHAN, C.-X. Carbon Nanodots for Enhancing the Stress Resistance of Peanut Plants. **ACS Omega**, v. 3, n. 12, p. 17770– 17777, 2018.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TAN, T. L.; ZULKIFLI, N. A.; ZAMAN, A. S. K.; JUSOH, M. B.; YAAPAR, M. N.; RASHID, S. A. Impact of photoluminescent carbon quantum dots on photosynthesis efficiency of rice and corn crops. **Plant Physiology and Biochemistry**, vol. 162, p. 737–751, 2021.

TRIPATHI, S.; SARKAR, S. Influence of water soluble carbon dots on the growth of wheat plant. **Applied Nanoscience (Switzerland)**, v. 5, n. 5, p. 609–616, 2015.

VENDRUSCOLO, E. P.; RABELO, R. S.; CAMPOS, L. F. C.; MARTINS, A. P. B.; SEMENSATO, L. R.; SELEGUINI, A. Alterações físico-químicas em frutos de melão rendilhado sob aplicação de bioestimulante. **Rev. Colomb. Cienc. Hortic.**, vol. 11, n. 2, p. 459-463, 2017.

VERMA, S. K.; DAS, A. K.; GANTAIT, S.; KUMAR, V.; GUREL, E. Applications of carbono nanomaterials in the plant system: A perspective view on the pros and cons. **Science of the Total Environment**, vol. 667, p. 485–499, 2019.

VIDAL, M. de F. Produção comercial de frutas na área de atuação do BNB. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 6, n.168, 2021. (Caderno Setorial ETENE).

VIEIRA, E. L. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine Max. (L) Merrill*), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) e arroz (*Oryza sativa L.*)**. 2001. 122p. Tese (Doutorado em Agronomia, na área de Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

VIEIRA, R. de F. F. A.; CARVALHO, C. L. da S.; CARVALHO, I. R. A. de; CANDIDO, C. J.; SANTOS, E. F. dos; NOVELLO, D. Adição de farinha da casca de melão em cupcakes altera a composição físico-química e a aceitabilidade entre crianças. **Conexão Ci**, v. 12, n. 12, p. 22-30, 2017.

WANG, X.; CAO, L.; LU, F.; MEZIANI, M. J.; LI, H.; QI, G.; ZHOU, B.; HARRUFF, B. A.; KERMARREC, F.; SUN, Y. P. Photoinduced electron transfers with carbon dots. **Chemical Communications**, n. 25, p. 3774–3776, 2009.

WANG, J.; WANG, C. F.; CHEN, S. Amphiphilic egg-derived carbon dots: Rapid plasma fabrication, pyrolysis process, and multicolor printing patterns. **Angewandte Chemie - International Edition**, v. 51, n. 37, p. 9297–9301, 2012.

XU, X.; RAY, R.; GU, Y.; PLOEHN, H. J.; GEARHEART, L.; RAKER, K.; SCRIVENS, W. A. Electrophoretic analysis and purification of fluorescent single-walled carbon nanotube fragments. **Journal of the American Chemical Society**, vol. 126, n. 40, p. 12736–12737, 2004.

YANG, Z. C.; WANG, M.; YONG, A. M.; WONG, S. Y.; ZHANG, X. H.; TAN, H.; CHANG, A. Y.; LI, X.; WANG, J. Intrinsically fluorescent carbon dots with tunable emission derived from hydrothermal treatment of glucose in the presence of monopotassium phosphate. **Chemical Communications**, v. 47, n. 42, p. 11615–11617, 2011.

ZAHEDI, S. M.; KARIMI, M.; TEIXEIRA DA SILVA, J. A. The use of nanotechnology to increase quality and yield of fruit crops. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, vol. 100, no. 1, p. 25–31, 2020.

ZHANG, M.; HU, L.; WANG, H.; SONG, Y.; LIU, Y.; LI, H.; SHAO, M.; HUANG, H.; KANG, Z. One-step hydrothermal synthesis of chiral carbon dots and their effects on mung bean plant growth. **Nanoscale**, v. 10, n. 26, p. 12734–12742, 2018.

ZHAO, L.; LU, L.; WANG, A.; ZHANG, H.; HUANG, M.; WU, H.; XING, B.; WANG, Z.; JI, R. Nano-Biotechnology in Agriculture: Use of Nanomaterials to Promote Plant Growth and Stress Tolerance. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, vol. 68, no. 7, p. 1935–1947, 2020.

ZHENG, X. T.; ANANTHANARAYANAN, A.; LUO, K. Q.; CHEN, P. Glowing graphene quantum dots and carbon dots: Properties, syntheses, and biological applications. **Small**, vol.11, n. 14, p. 1620–1636, 2015.

ZHENG, Y.; XIE, G.; ZHANG, X.; CHEN, Z.; CAI, Y.; YU, W.; LIU, H.; SHAN, J.; LI, R.; LIU, Y.; LEI, B. Bioimaging Application and Growth-Promoting Behavior of Carbon Dots from Pollen on Hydroponically Cultivated Rome Lettuce. **ACS Omega**, v. 2, n. 7, p. 3958–3965, 2017a.

ZHENG, Y.; ZHANG, H.; LI, W.; LIU, Y.; ZHANG, X.; LIU, H.; LEI, B. Pollen derived blue fluorescent carbon dots for bioimaging and monitoring of nitrogen, phosphorus and potassium uptake in: *Brassica parachinensis* L. **RSC Advances**, vol. 7, no. 53, p. 33459–33465, 2017b.