



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL**

Maria Eugenia Barbosa Rodrigues

**Bioestimulante em cultivo de meloeiro: efeitos sobre  
parâmetros biométricos de plantas e na biomassa  
microbiana do solo**

Petrolina

2018

**Maria Eugenia Barbosa Rodrigues**

**Bioestimulante em cultivo de meloeiro: efeitos sobre  
parâmetros biométricos de plantas e na biomassa  
microbiana do solo**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal do Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr<sup>a</sup>. Adriana Mayumi Yano-Melo  
Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Danielle Karla Alves da Silva

Petrolina

2018

R696b Rodrigues, Maria Eugenia Barbosa.  
Bioestimulante em cultivo de meloeiro: efeitos sobre parâmetros biométricos de plantas e na biomassa microbiana do solo / Maria Eugenia Barbosa Rodrigues. – Petrolina, 2018.  
80 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina - PE, 2018.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriana Mayumi Yano-Melo.

Referências.

1. Melão - Cultivo. 2. Bioestimulantes. 3. Adubação inorgânica.  
I. Título. II. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 635.61

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

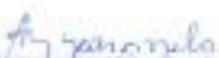
Maria Eugenia Barbosa Rodrigues

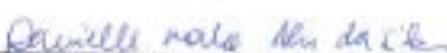
Bioestimulante em cultivo de meloeiro: efeitos sobre parâmetros biométricos de plantas e na biomassa microbiana do solo

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovada em: 27 de julho de 2018.

**Banca Examinadora**

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dra Adriana Mayumi Yano-Melo – Orientadora  
Universidade Federal do Vale do São Francisco

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dra Danielle Karla Alves da Silva – Coorientadora  
Programa de Pós-graduação em Agronomia-Produção Vegetal

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Bruno Coutinho Moreira  
Universidade Federal do Vale do São Francisco

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dra Maria Valdirene Leite Pedone Bonfim  
Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco

Dedico ao meu bom Deus,  
minha âncora, por me guiar,  
proteger e abençoar com tanta  
força e sabedoria para continuar  
a minha jornada.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ser meu refugio, por estar sempre ao meu lado, me guiar, dar forças, coragem, saúde e sabedoria para vencer os obstáculos da vida e alcançar meus objetivos. À Nossa Senhora, mãe e advogada nossa, pela constante intercessão e me cobrir com seu manto em todos os meus momentos de desespero;

À minha mãe, meu irmão e o meu pai por todo amor e por estarem sempre ao meu lado, por todo o apoio durante esse período do mestrado, pela contribuição na minha educação, compreensão e ajuda nos momentos difíceis;

Ao meu noivo Júlio Francisco, por todo amor, carinho, incentivo, estar sempre ao meu lado, por participar e ajudar na retirada do meu experimento e também a família Torres, pelas boas palavras e momentos de distração;

À minha prima Kelly Rodrigues e seu noivo Radamés Escobar por todo apoio, incentivo e ajuda, por se disponibilizarem e me ajudarem a retirar meu experimento;

À toda a minha família por todo apoio recebido, são muitas pessoas para citar e agradecer por todo carinho, mas em especial meu tio Valdemir, minha tia Valdete pela preocupação e orações para que eu conseguisse cumprir meus objetivos;

À minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Adriana Mayumi, a pessoa mais inteligente que já conheci, de grande caráter e profissionalismo, pela amizade, confiança, paciência, compreensão, oportunidade de conhecer a vida científica, de realizar atividades de pesquisa e pelos ensinamentos;

À Daniele Karla pela confiança, amizade, ajuda, ensinamentos, sempre me incentivando, por acreditar que eu poderia ir além do que eu imaginava, pelos conselhos para que eu não desanimasse e tivesse perseverança, pela companhia e disponibilidade em me apoiar, principalmente no momento da escrita, o meu muito obrigado por contribuir tanto e tornar possível a finalização de mais uma etapa da minha vida;

À Vilma Santos, pela amizade, conselhos, paciência, correções e ensinamentos dos conceitos e de todas as técnicas para a realização das avaliações da biomassa microbiana;

Aos amigos do laboratório de microbiologia da UNIVASF que foram fundamentais durante todo o tempo que trabalhei no laboratório e na vida pessoal Alcília Melo, Alan Honorato, Allan Marques, Aline Passos, Angélica Ricarte, Artenia Almeida, Damião Coelho, Daniela Nascimento, Edimário Neres, Esther Novic, Inácio

Pascoal, Jarbas Morais, Jorge Nascimento, Karen Menezes, Khatianne Correia, Laissa, Lilian Araújo, Marcionila Malheiro, Micheline Silvério, Mateus Paz, Poliana Pereira, Valdirene Pedone-Bonfim, Raianne Araújo, Tamires Soares, Tamires Dália, Vanessa Souza, Vinicius, Wellerson Macêdo; obrigada a todos vocês pela amizade, troca de conhecimentos, companheirismo, ajuda na lavagem de vidraria e em muitas atividades.

Agradecimento especial a Damião pela ajuda na coleta do solo e algumas atividades de bancada, a Daniela, Edimário e Laissa pela ajuda na retirada do experimento do segundo ciclo. Aos alunos de iniciação científica Jarbas e Vanessa que estiveram comigo durante a condução do experimento, pela ajuda, amizade e disponibilidade;

À todos os amigos da minha turma de graduação pelo apoio, mas em especial Victória Galvão, Alana Juliete e Iandra Soares que estiveram mais presentes nesse momento vivenciado no mestrado por todo apoio, incentivo e amizade.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Produção Vegetal, Ana Paula, Cleildes, Emanuel, Iandra, Lorena, Pedro, Roberval, Rosi Lopes, pelo apoio, troca de experiências, momentos de estudo, pelas boas risadas e conhecimentos que compartilhamos;

Às minhas amigas do coração Alane Menezes, Alline Dias, Andressa Torres, Gerlane Souza, Indiajara Barros, Kathianne Rodrigues, Narla Galvão, Raissa Gomes, Suiany Sousa e muitas outras que tenho enorme carinho, por toda companhia, palavras de apoio, amizade e estarem presentes em minha vida;

Aos professores do Programa, pelos conhecimentos transmitidos;

À Universidade Federal do Vale do São Francisco pelo espaço cedido, toda infra-estrutura para realização do experimento e aos funcionários da universidade;

Ao laboratório de bioquímica, principalmente Deise, pela disponibilização de vidrarias para a execução das atividades de bancada;

Aos revisores Prof.Dr. Izaias da Silva Lima Neto e Dr<sup>a</sup> Indra Escobar pela disponibilidade, correções, contribuições para que melhor ficasse o meu trabalho;

À Facepe, pela concessão da bolsa de estudos;

À banca examinadora pela disponibilidade em participar desse momento especial para mim, corrigir e pelas sugestões enriquecedoras.

Meus sinceros agradecimentos à todos que contribuíram para a conclusão desta dissertação, que torceram por mim, me apoiaram e me incentivaram.

I refuse to sink!

“Porque Deus não é injusto para se esquecer da vossa obra (Hebreus 6:10). Entrega o teu caminho ao Senhor, confia Nele e Ele o ajudará (Salmo 37:5).

## RESUMO

Objetivou-se determinar os efeitos da aplicação do bioestimulante (Penergetic®) e da adubação convencional (NPK) sobre o crescimento inicial de meloeiro (*Cucumis melo* L.) e a biomassa microbiana e atividade enzimática do solo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação por dois ciclos de 60 dias/cada, utilizando solo não desinfestado provindo de área de Caatinga. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis tratamentos: controle (T1), 100% de adubação NPK (T2), 50% da adubação+Penergetic® P (Flanzem) e K (Kompost) (T3), Penergetic® P e K (T4), Penergetic® K (T5) e Penergetic P e K + 100% de adubação NPK (T6), em nove repetições, totalizando 54 unidades experimentais por ciclo. Foram avaliados os parâmetros de crescimento das plantas de meloeiro, carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo, quociente metabólico, quociente microbiano e atividades das enzimas  $\beta$ -glucosidase, urease e fosfatase, carbono orgânico do solo e parâmetros micorrízicos. Em geral, os parâmetros de crescimento do meloeiro e atividade da  $\beta$ -glucosidase foram significativamente superiores nos tratamentos adubados. Por outro lado, houve redução na colonização micorrízica com a aplicação de 100% de adubação NPK e redução na atividade da fosfatase em todos os tratamentos aplicados. Aplicação conjunta de bioestimulante e adubação promovem incremento na biomassa microbiana no solo, porém, para os parâmetros biométricos do meloeiro o efeito do bioestimulante ocorre somente quando associado à adubação NPK. Os resultados indicam que 50% da adubação NPK é suficiente para suprir a demanda nutricional das cultivares utilizadas e que, provavelmente, a microbiota ativada pelo bioestimulante não é efetiva em promover crescimento vegetal.

**Palavras-chave:** *Cucumis melo* L., adubação inorgânica, bioestimulante, atividade microbiana, enzimas, fungos micorrízicos arbusculares.

## ABSTRACT

The aim of this work was to determine the effects of the application of the biostimulant Penergetic®, and conventional fertilization (nitrogen, phosphorus and potassium) on the initial growth of melon (*Cucumis melo* L.) and the microbial biomass and soil enzymatic activity. The experiment was carried out in a greenhouse for two cycles of 60 days/each, using not disinfested soil from Caatinga area. The experimental design was completely randomized with six treatments: control (T1), 100% NPK fertilization (T2), 50% NPK fertilization + Penergetic® P (Flanzem) and K (Kompost) (T3), Penergetic® P and K (T4), Penergetic® K (T5) and Penergetic® P and K + 100% of NPK fertilization (T6), in nine replicates, totaling 54 experimental units per cycle. It was evaluated the growth parameters of melon plants, microbial biomass carbon, soil respiration, microbial and metabolic quotient, and activities of  $\beta$ -glucosidase, urease and phosphatase enzymes, total soil organic carbon and mycorrhizal parameters. In overall, the melon growth parameters and  $\beta$ -glucosidase activity were significantly higher in the fertilized treatments. On the other hand, there was a reduction in mycorrhizal colonization with the application of 100% NPK fertilization, and reduction in phosphatase activity in all treatments comparing to the control. Joint application of biostimulant and fertilization promotes increment in soil microbial biomass, however, for the growth parameters of the melon plants the effects of biostimulant occurs only when associated with NPK fertilization. The results indicate that 50% of NPK fertilization is sufficient to supply the nutritional demand of the cultivars used and that, probably, the microbiota activated by the biostimulant is not effective in promoting plant growth.

**Key words:** *Cucumis melo* L., conventional fertilization, biostimulant, microbial biomass, arbuscular mycorrhizal fungi

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> - Respresentação da produção mundial de melão dos principais países produtores no ano de 2016. ....	19
<b>Figura 2</b> - Dados do volume de exportação da cultura do melão dos principais países do mundo no ano de 2016. ....	20
<b>Figura 3</b> - Estruturas típicas de fungos micorrízicos arbusculares. (a) vesículas (b) arbúsculos. ....	38
<b>Figura 4</b> - Plantas de meloeiro com incidência de estresses bióticos durante o experimento. ....	44
<b>Figura 5</b> - Recomendação do produto Penergetic para a cultura do melão amarelo. ....	44
<b>Figura 6</b> - Atividade das enzimas $\beta$ -glucosidase (A e B), urease (C e D) e fosfatase ácida (E e F) no 1° e 2° ciclo de cultivo de meloeiro ( <i>Cucumis melo</i> L.). ....	53
<b>Figura 7</b> - Número mais provável de propágulos/cm <sup>3</sup> de solo (A e B) e número de glomerosporos/50 g solo (C e D) de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em dois ciclos de cultivo de meloeiro. ....	54
<b>Figura 8</b> - Colonização micorrízica em plantas de meloeiro ( <i>Cucumis melo</i> L.) em dois ciclos de cultivo. ....	55
<b>Figura 9</b> - Escalonamento multidimensional não métrico baseado na biomassa, atividade micorrízica e microbiana do solo nos dois ciclos de cultivo. Os pontos representam os centroides. ....	56

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1</b> - Conceitos dos termos bioestimulante e bioativador conforme a literatura. ....	23
<b>Tabela 2</b> - Categorias de bioestimulantes e seus efeitos na agricultura. ....	25
<b>Tabela 3</b> - Caracterização física do solo coletado em área de Caatinga no Campus Ciências Agrárias da Univasf em Petrolina-PE. ....	33
<b>Tabela 4</b> - Caracterização química do solo nativo coletado em área de Caatinga no <i>Campus</i> Ciências Agrárias e após cultivo do primeiro e segundo ciclos. ....	33
<b>Tabela 5</b> - Biomassa seca e fresca aérea, biomassa fresca radicular, área foliar, número de folhas e entrenós e comprimento do ramo principal de plantas de meloeiro ( <i>Cucumis melo</i> L.) no primeiro ciclo. ....	49
<b>Tabela 6</b> - Biomassa seca e fresca aérea, biomassa fresca radicular, área foliar, clorofila, número de folhas e entrenós e comprimento do ramo principal de plantas de meloeiro ( <i>Cucumis melo</i> L.) no segundo ciclo. ....	50
<b>Tabela 7</b> - Carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo, carbono orgânico, quociente microbiano e quociente metabólico do primeiro ciclo de cultivo de meloeiro ( <i>Cucumis melo</i> L.) ....	51
<b>Tabela 8</b> - Carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo, carbono orgânico, quociente microbiano e quociente metabólico do segundo ciclo de cultivo de meloeiro ( <i>Cucumis melo</i> L.) ....	52
<b>Tabela 9</b> - Análise de Permutação multivariada entre os tratamentos de adubação e aplicação do bioestimulante Penergetic. ....	57

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	17
2.1. Cultura do meloeiro .....	17
2.1.1. Aspectos gerais .....	17
2.1.2. Importância econômica.....	19
2.2. Bioestimulantes e Bioativadores: uma visão geral .....	21
2.2.1. Principais categorias de bioestimulantes.....	24
2.2.2. Benefícios da aplicação de bioestimulantes na agricultura .....	27
2.2.3. Produto comercial Penergetic®.....	29
2.3. Biomassa microbiana do solo .....	30
2.3.1. Efeitos da Adubação mineral e de bioestimulantes sobre a biomassa microbiana do solo.....	34
2.4. Fungos micorrízicos arbusculares.....	37
2.4.1. Fatores que afetam a ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares.....	40
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	42
3.1. Caracterização do experimento .....	42
3.1.1. Caracterização química e física do solo .....	45
3.2. Avaliação de parâmetros de crescimento de plantas de meloeiro .....	45
3.3. Avaliação da atividade microbiana do solo .....	47
3.4. Avaliação dos parâmetros micorrízicos.....	48
3.5. Análises estatísticas.....	48
<b>4. RESULTADOS</b> .....	49
4.1. Efeitos da adubação e do Penergetic em plantas de meloeiro ( <i>Cucumis melo</i> L.).....	49
4.2. Efeitos da adubação e do bioativador Penergetic na biomassa microbiana e atividade enzimática.....	51
4.3. Efeitos da adubação e do bioativador Penergetic sobre os parâmetros micorrízicos.....	54

4.4. Efeito da adubação sobre os parâmetros biométricos de plantas de meloeiro, biomassa e atividade microbiana do solo e parâmetros micorrízicos (análise multivariada) .....	55
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	<b>59</b>
<b>6. CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>67</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma olerícola da família das Cucurbitáceas, uma planta anual herbácea, com preferência por clima quente e seco (FONTES; PUIATTI, 2005), cultivada em diversas partes do mundo, sendo a China o maior produtor, gerando aproximadamente 16 milhões de toneladas no ano de 2016 (FAO, 2018). No Brasil, se destacam as regiões Nordeste e Sul do Brasil, em especial estados do Rio Grande do Norte e do Ceará (IBGE, 2017), que juntas respondem por 90% da produção brasileira.

A cultura do meloeiro também vem se configurando como um importante negócio para os produtores do Vale do São Francisco que alcançam com mais fluidez os grandes mercados consumidores (ARAÚJO; CORREIA, 2010). A cultura do melão é conhecida pela sua exigência quanto ao tipo de solo, preferindo solos bem drenados, com alta fertilidade e baixa acidez, como as demais culturas de interesse agrícola, necessita do emprego de abundantes adubações para elevar a produtividade (ZEBALOS et al., 2017).

A utilização de fertilizantes minerais é mais predominante forma de adubação na agricultura convencional, no entanto, o uso de forma excessiva pode acarretar elevação da salinidade do solo (ELOI et al., 2011) ou acidificação do solo (CABRAL et al., 2016), indisponibilizando os nutrientes e desequilibrando a sustentabilidade do solo e do meio ambiente.

Neste sentido, a busca por fertilizantes alternativos no Brasil vem se intensificando e os biofertilizantes e bioestimulantes podem constituir-se em potenciais produtos para suplementação de nutrientes. Du Jardin (2015) conceitua o bioestimulante como qualquer substância ou micro-organismo aplicado às plantas com o objetivo de melhorar a eficiência nutricional, a tolerância ao estresse abiótico e/ou características de qualidade da cultura, sendo esses benefícios não decorrentes do teor de nutrientes em sua constituição, também designam produtos comerciais que contêm misturas dessas substâncias e/ou micro-organismos.

A utilização de bioestimulantes na produção vegetal vem se expandindo, e essas substâncias podem conter: extrato de algas (MENDONÇA JÚNIOR, 2015), ácidos húmicos e fúlvicos (CANELLAS et al., 2015), elementos inorgânicos e quitosana (MALERBA; CERANA, 2016), proteínas hidrolisadas (COLLA et al.,

2017a) e micro-organismos (LÓPEZ-BUCIO; PELAGIO-FLORES; HERRERA-ESTRELLA, 2015; ROUPHAEL et al., 2015), visando melhoria na aquisição eficiente de nutrientes pelas raízes e aumento da produtividade.

Uma prática que vem sendo proposta é aplicação do Penegertic®, um produto de origem Suíça, que possui ação de bioativação natural, mediada pela indução eletromagnética contínua capaz de reproduzir qualquer comprimento de onda emitido na natureza e imprimir esta energia em um argilomineral que é capaz de reter e emitir tal energia na natureza e assim promover melhoria na atividade biológica do solo, absorção e utilização de nutrientes, diminuindo estresses bióticos e abióticos, e promovendo o crescimento vegetal (PENERGETIC, 2017).

No solo, os micro-organismos exercem diversas atividades importantes para manutenção do ecossistema como a decomposição e mineralização de resíduos orgânicos, disponibilização de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio (PÜSCHEL et al., 2017), produção de compostos que auxiliam na agregação do solo e controle biológico de pragas e doenças, contribuindo para a sustentabilidade do ecossistema (SINGH; GUPTA, 2018).

A biomassa microbiana do solo (BMS) pode ser compreendida como a parte viva da matéria orgânica do solo, sendo composta por grupos de micro-organismos (bactérias, fungos, protozoários), algas e microfauna (FONTENELLE et al. 2016). Por ser considerada um indicador sensível à alteração da matéria orgânica, permite investigar se as práticas de manejo de solo adotadas contribuem ou não para melhorar sua qualidade (KASCHUK; ALBERTON; HUNGRIA, 2010).

Outros indicadores que permitem avaliar a qualidade do solo são a respiração do solo que é a soma total de todas as funções metabólicas nas quais o CO<sub>2</sub> é produzido (VALENTINI; ABREU; FARIA, 2015); o quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>), cujos valores podem representar a eficiência do uso do carbono pela população microbiana no solo, indicando se a oxidação do carbono está ocorrendo para a sua manutenção e/ou adaptação as mudanças ocorridas no solo, refletidos por condições de equilíbrio, adversas ou estressantes (ALVES et al., 2011); o quociente microbiano (qMIC), o carbono orgânico e a atividade de enzimas, como β-glucosidase, fosfatase e urease.

Além desses bioindicadores da qualidade do solo, é relevante avaliar a propagação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) correlacionando à aplicação de bioestimulantes e da adubação convencional, conhecendo como esses fatores

influenciam na colonização, esporulação e número de propágulos no solo. Os FMA são considerados biofertilizantes e bioestimulantes naturais, uma vez que fornecem às plantas associadas maior absorção de água e nutrientes, e proteção contra patógenos em troca de fotoassimilados (BERRUTI et al., 2016; ROUPHAEL et al., 2015), sendo considerados componentes primários da biota do solo e importantes para uma agricultura sustentável.

A produção de propágulos de FMA pode ser pronunciada com a aplicação de outros bioestimulantes, como os ácidos húmicos (NOBRE et al., 2013), além de ser influenciada pela adubação (SILVA et al., 2015; ZHU et al., 2018). Conhecimento sobre os efeitos dos diversos bioestimulantes disponíveis no mercado sobre a biomassa e atividade microbiana do solo, os propágulos de FMA ainda são incipientes, sendo importante entender a dinâmica de ação do Penegertic®, da adubação e do seu sinergismo sobre os parâmetros biométricos de plantas de meloeiro, biomassa, atividade microbiana e fungos micorrízicos arbusculares (FMA) do solo.

## 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Cultura do meloeiro

#### 2.1.1. Aspectos gerais

O gênero *Cucumis* da família Curcubitaceae agrupa 34 espécies (ALMEIDA, 2006), dentre estas - *Cucumis melo* L.. Esta espécie é considerada por alguns autores como originada na África (BURGER et al., 2010) e depois introduzida no Oriente Médio ao longo das rotas de comércio terrestre e marítimo provindos da África (LUAN; DELANNAY; STAUB, 2008). No entanto, John et al. (2013) sugeriram que essa espécie originou-se na Índia por existir a prevalência do progenitor e maior diversidade em variedades cultivadas no continente asiático.

A provável introdução do meloeiro no Brasil ocorreu no século XVI, com a chegada dos escravos. Posteriormente, houve a expansão da cultura pelos europeus nas regiões Sul e Sudeste chegando por volta da década de 1960 ao nordeste (FONTES; PUIATTI, 2005). Por apresentar grande variabilidade genética, o melão tem se adaptado em diversas regiões, e o sequenciamento do seu genoma

vem fornecendo ferramenta adicional aos programas de melhoramento genético (GARCIA-MAS et al., 2012), permitindo a sua adaptação a diversas condições agronômicas (MACÊDO et al., 2017).

O melão é uma planta herbácea anual, com sistema radicular pivotante, que pode atingir até 1 m de profundidade, mas com maior densidade radicular nos 30-40 cm de profundidades iniciais do solo. O caule é do tipo trepador ou prostrado, com seção circular e o caule principal pode atingir até 5 m de comprimento (ALMEIDA, 2006). As folhas são de tamanho variado, alternadas, simples, ásperas, providas de pelos, limbo orbicular, reniforme, com as margens denteadas. As flores são amarelas e constituídas por cinco pétalas, podem possuir flores imperfeitas (apenas um órgão sexual em uma flor) e perfeitas (órgãos masculino e feminino na mesma flor) localizadas em pontos diferentes na planta (FILGUEIRA, 2003).

O fruto é uma baga carnuda (pepônio), de tamanho, aspecto, forma e cores variadas. Os frutos dos diversos grupos botânicos de melão variam quanto ao sabor (doce, picante, insípido), forma (redondo, oval, oblongo, comprimido), comprimento (10 a 90 cm), peso (0,6 a 2,5 kg), coloração da casca (creme, cinza, verde, amarelo, alaranjado e preto), textura da casca (lisa, verrugosa, rendilhada), coloração da polpa (FONTES; PUIATTI, 2005).

Durante o amadurecimento do fruto, o mesocarpo geralmente suaviza, devido à degradação progressiva das paredes celulares, e acumula açúcares solúveis, ácidos orgânicos, voláteis e metabolitos secundários adicionais (BURGER et al., 2010). Dessa forma, o fruto maduro é rico em vitaminas A, C, e B1, hidratos de carbono, fósforo, cálcio, ferro e fitoquímicos podendo ser consumido *in natura*, como ingrediente de saladas com frutas ou outras hortaliças, e na forma de suco (SALVIANO et al., 2017).

Além disso, também possui propriedades medicinais, sendo considerado calmante, refrescante, alcalinizante, mineralizante, oxidante, diurético, laxante e emoliente (RESENDE; COSTA, 2010) e de acordo com Madeira (2017), as cascas e sementes de melão possuem potencial antioxidante *in vitro* e efeitos antiproliferativos em células tumorais.

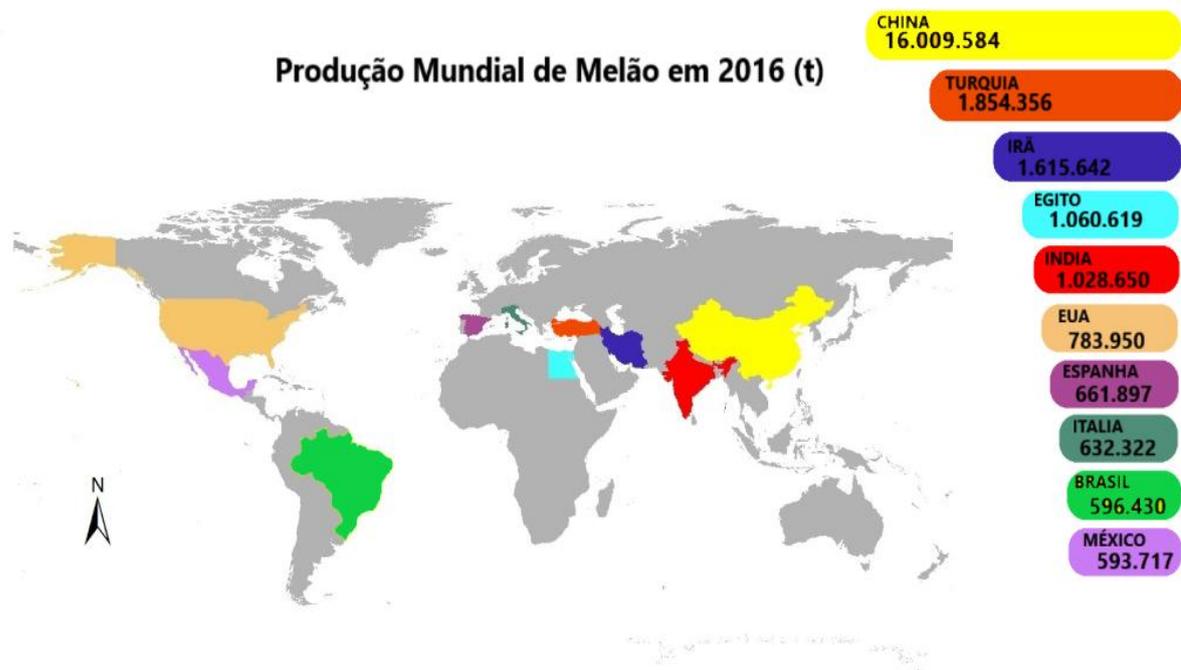
No Vale do São Francisco, o melão pode ser plantado durante todo o ano, se desenvolve melhor em solos de textura média (franco arenosa ou argissolo-arenosa), ricos em matéria orgânica, com boa exposição ao sol. Normalmente, a condução da cultura no campo se inicia com o transplântio ou semeadura direta de

uma semente por cova, em espaçamento de 2,0 m entre linhas e entre plantas que varia de 0,25 m a 0,40 m. Para o desenvolvimento da cultura, a faixa ótima é de 25 °C a 30 °C e a presença de abelhas durante a fase de florescimento é fundamental para aumentar o número de flores polinizadas e, conseqüentemente, a produtividade e a qualidade dos frutos. A colheita ocorre em torno de 60 a 75 dias após o plantio, variando em função das condições climáticas na época de plantio e da cultivar (PINTO et al., 2013).

### 2.1.2. Importância econômica

É uma importante olerícola cultivada em diversas partes do mundo, com área cultivada de 1.245.841 ha, com destaque para China, que possui uma área cultivada de 479.384 ha e produção entono de 16 milhões de toneladas no ano de 2016 (Figura 1) e que tem sua produção aumentada ao longo dos anos.

**Figura 1** - Respresentação da produção mundial de melão dos principais países produtores no ano de 2016.



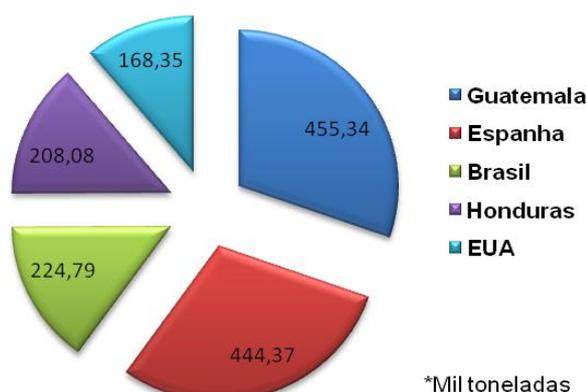
DADOS: FAO, 2017.

O Brasil é o 9º maior produtor de melão do mundo, e também o 3º maior exportador de melão (Figura 2). É um país favorecido para o cultivo de inúmeras frutíferas e olerícolas em virtude da sua localização geográfica que permite desfrutar de climas variados, e assim, é um dos países que se destacam no cultivo de melão,

com uma produção por volta de 596 mil toneladas no ano de 2016, ocupando uma área a cerca de 23 mil ha (FAO, 2017).

**Figura 2** - Dados do volume de exportação da cultura do melão dos principais países do mundo no ano de 2016.

### Volume de Exportação de melão em 2016



DADOS: Comtrade - Nações Unidas, 2016.

As regiões Nordeste e Sul do Brasil se destacam na produção de melão do país, contudo, a maior notoriedade é da região Nordeste que possui uma área plantada de 20.505 ha, representando 90% da produção brasileira, fornecida essencialmente pelos estados do Rio Grande do Norte (principalmente pela cidade de Mossoró) e do Ceará (IBGE, 2017).

De acordo com Carvalho et al. (2017), esses estados são responsáveis pela maior parte da produção brasileira, que é mais que suficiente para abastecer o consumo interno, e que atualmente destina a metade da colheita para exportação, movimentando cerca de US\$ 210 milhões.

As cultivares de melão do grupo Inodorus do tipo amarelo são as mais plantadas no Brasil, mas também há uma propensão do mercado para o grupo Cantaloupensis, os aromáticos. Para os melões do tipo “pele de sapo”, “gália” e “charentais”, a principal oportunidade de expansão da cultura é o mercado externo, especialmente o europeu (SALVIANO et al., 2017).

Ao contrário de outras frutas, o melão mantém seu maior volume exportado e a segunda maior receita, ficando atrás apenas da manga, e esse fator demonstra que a cultura contribui positivamente para o saldo da balança comercial brasileira

(SANTOS; SANTOS, 2016). As frutas são as mais negociadas durante a janela de exportação que se abre na Europa e Estados Unidos, entre os meses de agosto a março, período em que as cooperativas e os grandes e médios produtores destinam a maior parte de sua produção (ARAÚJO; CAMPOS, 2011).

A cultura do meloeiro também vem se configurando como um importante negócio para os produtores do Vale do São Francisco que alcançam com mais fluidez os grandes mercados consumidores, principalmente quando a oferta de melão potiguar e cearense no mercado é baixa devido à estação chuvosa desses locais (ARAÚJO; CORREIA, 2010).

A região do Vale do São Francisco possui baixas ocorrências de chuvas favorecendo a baixa incidência de doenças e uma melhor qualidade dos frutos, que tornam-se mais doces à medida que a temperatura se eleva, gerando mais oportunidades de empregos, renda e de negócios (ANGELOTTI; COSTA, 2010).

Desta forma, pesquisas são realizadas a fim de aumentar a produção, e neste cenário, manejos alternativos são testados, tais como uso de cultivares resistentes às principais pragas e doenças, realização de controle biológico como alternativa para redução de aplicações de defensivos agrícola (GAVA; MENEZES, 2012), manejo adequado dos nutrientes (CAMPELO et al., 2014), aplicação de bioestimulantes (LUCINI et al., 2018), entre outros.

Dessa forma, essas e outras medidas que são previstas na produção integrada, são fundamentais para garantir ganhos de produtividade, permitir a expansão do mercado interno e o aumento da competitividade do melão brasileiro no mercado internacional (CELIN et al., 2014).

## **2.2. Bioestimulantes e Bioativadores: uma visão geral**

A agricultura tem se tornado cada vez mais desafiadora, a fim de alcançar o aumento da produtividade sem a necessidade de expansões de terras e de forma sustentável, buscando reduzir o uso de fertilizantes minerais e defensivos, com isso, tem se apoiado na ideia da implementação de bioprodutos que estão sendo considerados prospectivos para a agricultura moderna, e esses se dividem em biopesticidas, biofertilizantes e bioestimulantes (CHOJNACKA, 2015).

Dentre esses produtos, os bioestimulantes se destacam no mercado, com maior comercialização no continente europeu (SHUBHA et al., 2017), atingindo um mercado de 1 bilhão de dólares, com estimativas para atingir 3 bilhões de dólares até 2020. Esse acréscimo se deve ao aumento da utilização nos demais continentes, e a utilização, que era restrita à produção orgânica, vem se expandindo para a produção de culturas convencionais buscando responder as exigências econômicas e de sustentabilidade (COLLA; ROUPHAEL, 2015).

Além dos bioestimulantes, há também produtos considerados como bioativadores que são pouco conhecidos no mercado, a exemplo do produto conhecido como Penergetic®. Com base na literatura, a diversidade de conceitos fomenta a discussão em torno desses termos (Tabela 1), levando em consideração que um bioestimulante também pode ser um bioativador que por sua vez podem ser fungicidas, inseticidas que podem ter a segunda ação de ativar outras funções e estimular o crescimento da planta (MELO; MACIEL, 2014).

Há autores que consideram os bioestimulantes apenas como substâncias sintéticas, constituídas por misturas de um ou mais biorreguladores com outros compostos quimicamente diferentes, *i.e.* sais minerais, e que provocam alterações nos processos vitais e estruturais da planta (BINSFELD et al., 2014), entretanto, trabalhos recentes (DU JARDIN, 2015) vem adaptando esse termo e demonstrando que muitas substâncias e até micro-organismos podem ser incluídos.

Desta forma, o conceito adotado para a discussão do presente trabalho será o de Yakhin et al. (2017) e do Conselho da Indústria Européia de Bioestimulantes - (EBIC, 2010), no qual os bioestimulantes são definidos como produtos aplicados em plantas ou na rizosfera que estimulam processos naturais e a eficiência para absorção de nutrientes, aumentam a tolerância ao estresse, não possuindo ação direta contra pragas e não se enquadrando como pesticida; incluindo produtos com alguns nutrientes, desde que o efeito sobre o crescimento da planta não seja através de fertilização direta, e podem conter substâncias e/ ou micro-organismos.

**Tabela 1** – Conceitos dos termos bioestimulante e bioativador conforme a literatura.

<b>Bioestimulante</b>	<b>Referências</b>
Misturas de reguladores vegetais associados a nutrientes, vitaminas, aminoácidos ou resíduos diversos.	(MELO; MACIEL, 2014)
Substâncias capazes de modificar o crescimento e atuar na transcrição e expressão gênica, ativando proteínas e enzimas metabólicas, que alteram os processos metabólicos e fisiológicos da planta e, conseqüentemente, aumentam a quantidade e a qualidade da produção.	(ASSIS et al., 2014)
Conhecidos também como bioativadores, são obtidos pela mistura de dois ou mais reguladores vegetais com outras substâncias (aminoácidos, nutrientes, vitaminas), formando complexos que promovem o equilíbrio hormonal das plantas e que favorecem a expressão do potencial genético.	(NICCHIO et al., 2013)
<b>Bioativadores</b>	<b>Referências</b>
Substâncias orgânicas complexas promotoras de crescimento e vigor, capazes de induzir a síntese de auxinas.	(MACEDO; CASTRO, 2015)
Compostos orgânicos, não nutrientes, aplicados na planta, que em pequenas quantidades promovem, inibem ou modificam os processos morfológicos e fisiológicos da planta, através dos radicais funcionais que formam complexos orgânicos com o cálcio, magnésio e o alumínio, neutralizando assim a sua toxidez e aumentando a mobilidade de nutrientes no perfil do solo.	(ASSIS et al., 2014)
Substâncias orgânicas complexas modificadoras do crescimento vegetal, capazes de atuar na transcrição do DNA na planta, expressão gênica, proteínas da membrana, enzimas metabólicas e nutrição mineral.	(ALMEIDA et al., 2011)

No entanto, Yakhin et al. (2017) acrescentam que os bioestimulantes atuais são produtos formulados de origem biológica que melhoram a produtividade da planta, devido à união de propriedades ou de complexos de constituintes emergentes, não sendo este uma única consequência da presença de nutrientes essenciais conhecidos, de reguladores de crescimento ou compostos protetores de plantas. Neste sentido, extratos de algas são considerados bioestimulantes e, podem melhorar as atividades enzimáticas e a qualidade do solo, e estas mudanças podem promover o crescimento das plantas por aumentar a atividade antioxidante e diminuir a peroxidação lipídica (redução da fluidez, modificações de permeabilidade

iônica e de outras funções associadas às membranas) nas raízes (WANG et al. 2016).

O produto testado no presente estudo, o PENERGETIC, é classificado comercialmente como bioativador e dependendo do conceito adotado, este produto pode ser considerado como bioestimulante. A empresa o descreve sem a adição de nutrientes, originado da argila bentonítica, que é composta predominantemente pelo silício (Si), um elemento inorgânico e benéfico, que foi eletromagnetizada para estimular a função de aumentar e equilibrar as atividades microbiológicas no solo, acelerar a decomposição dos resíduos do campo, otimizar o uso de fertilizantes, aumentar a eficiência fotossintética, promover aumento no enraizamento e simbiose com organismos do solo.

Considerando a definição e natureza do produto, a classificação desse produto como bioestimulante também é adequada levando em consideração as categorias propostas por Du Jardin (2015), no qual o produto se encaixa na classificação de elementos inorgânicos. Apesar da relevância da aplicação desses produtos, há carência de avaliações sistematizadas sobre seu uso e dificuldades em regular essas substâncias, particularmente porque possuem mecanismos de ação diferentes e não completamente claros (LA TORRE; BATTAGLIA; CARADONIA, 2016). Por outro lado, a sua utilização pode contribuir para o aumento da produtividade vegetal e da tolerância das plantas aos fatores de estresse (BULGARI et al., 2015), constituindo desta forma, um candidato a estudos visando sua aplicação na região do submédio Vale do São Francisco.

### 2.2.1. Principais categorias de bioestimulantes

Apesar dos esforços recentes, não existe uma definição universal ou regulamentada de bioestimulantes de plantas em qualquer lugar do mundo, principalmente por terem uma grande complexidade de materiais em um mesmo produto, no entanto, algumas categorias principais são descritas por Du Jardin (2015). Outras propostas são mencionadas na literatura como a classificação com base no mecanismo de ação do produto (BULGARI et al., 2015).

Tabela 2 - Categorias de bioestimulantes e seus efeitos na agricultura.

<b>Grupos de Bioestimulantes</b>	<b>Efeitos nas plantas</b>	<b>Referências</b>
<b>Extrato de algas marinhas e plantas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aumento no crescimento de plantas;</li> <li>-Aumento da tolerância a estresse abiótico;</li> <li>-Aumento na qualidade dos frutos;</li> <li>-Aumento da germinação de sementes;</li> <li>-Aumento da absorção de nutrientes;</li> <li>-Aumento na produtividade;</li> <li>-Redução da severidade de doenças.</li> </ul>	Battacharyya et al., (2015); Hernández-Herrera et al., (2016); Ali et al., (2017); Castellanos-Barriga et al., (2017); Colla et al., (2017a); Elansary et al., (2017); Bharath et al., (2018); Kałużewicz; Bosiacki; Spizewski, (2018); Masondo et al., (2018).
<b>Ácidos Húmicos e Fúlvicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aumento no crescimento de plantas;</li> <li>-Aumento da absorção e distribuição de nutrientes;</li> <li>-Aumento da tolerância a estresses abióticos;</li> <li>-Reduz o tempo de aclimação de plantas;</li> <li>-Aumento na qualidade dos frutos.</li> </ul>	Jannin et al. (2012); Canellas; Olivares (2014); Rose et al. (2014); Canellas et al. (2015); Esringü et al. (2015); El-Hassanin et al. (2016); Nwankwegu et al.(2016); Samak; Shafika (2016).
<b>Elementos inorgânicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aumento no crescimento de plantas;</li> <li>-Reforço da parede celular e resposta de defesa;</li> <li>-Aumento de antocianinas no fruto;</li> <li>-Redução de estresses abióticos e bióticos.</li> </ul>	Estrada-Ortiz et al. (2013); Filho; Duarte; Rodrigues (2013); Savvas; Ntatsi, (2015); Gómez-Merino; Trejo-Téllez, (2015); Pazdiora et al. (2017); Etesami; Jeong (2018).
<b>Quitosana e outros biopolímeros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aumento no crescimento de plantas;</li> <li>-Controle de infecções patogênicas;</li> <li>-Aumento de metabólitos secundários;</li> <li>-Aumento da produtividade.</li> </ul>	Pichyangkura; Chadchawan, (2015); Malerba; Cerana, (2016); Gómez et al. (2017); Mahmood et al., (2017); Malerba; Cerana, (2018).
<b>Proteínas hidrolisadas e compostos contendo N</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aumento no crescimento de plantas;</li> <li>-Aumento da tolerância ao estresse abiótico;</li> <li>-Estimulam o metabolismo e a assimilação do nitrogênio;</li> <li>-Aumento na produtividade;</li> <li>-Aumento de fenólicos totais e antocianinas no fruto.</li> </ul>	Petrozza et al., (2014); Colla et al., (2015a); Lucini et al., (2015); Colla et al., (2017b); Rouphael et al. (2017); Kałużewicz; Bosiacki; Spizewski, (2018).
<b>Micro-organismos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento no crescimento de plantas;</li> <li>-Tolerância a estresses bióticos e abióticos;</li> <li>-Aumento na absorção de nutrientes;</li> <li>-Incremento na produção</li> </ul>	Colla et al. (2015b); López-Bucio; Pelagio-Flores; Herrera-Estrella, (2015a); Rouphael et al., (2015); Ruzzi; Aroca, (2015); Kazi et al. (2016); Ortuño et al., (2016); Mahanta et al., (2018); De Pascale; Rouphael; Colla, (2017).

Fonte: RODRIGUES, M. E. B.

Os bioestimulantes são categorizados quanto à composição principal como (1) Extrato de algas marinhas e plantas; (2) Ácidos húmicos e Fúlvicos; (3) Elementos inorgânicos; (4) Quitosana e outros biopolímeros; (5) Proteínas hidrolisadas e compostos contendo nitrogênio; (6) Micro-organismos. Todos estes foram aplicados e estudados quanto aos seus efeitos e eficiência (Tabela 2).

Segundo Du Jardin (2015), a utilização de extratos de algas como fonte de matéria orgânica e como fertilizante é antiga na agricultura, mas apenas recentemente seus efeitos foram registrados como bioestimulante. Esses extratos são processados, a partir de biomassa de algas marinhas, usando diferentes sistemas de fabricação como hidrólise alcalina ou ácida, interrupção celular sob pressão ou fermentação, compreendendo diversas frações de natureza heterogênea. Inicialmente acreditava-se que seus efeitos no crescimento das plantas eram devidos às propriedades medicinais, mas com a realização de mais estudos foram considerados os efeitos diretos no metabolismo da planta, os efeitos indiretos mediados pelo microbioma do solo ou através das interações com agentes patogênicos (ARIOLI; MATTNER; WINBERG, 2015).

Substâncias húmicas são compostos orgânicos condensados, produzidos pela ação microbiana, e que diferem dos biopolímeros por sua estrutura molecular e elevada persistência no solo. São compostos categorizados de acordo com seus pesos moleculares e solubilidade em: humina, ácidos húmicos e ácidos fúlvicos (BALDOTTO; BALDOTTO, 2014). Esses compostos melhoram a nutrição das plantas por afetar os processos do solo, a melhoria da estrutura e da solubilidade de nutrientes do solo, e a fisiologia da planta, que incluem mudanças na morfologia da raiz, aumento na atividade da  $H^+ATPase$  e enzimas de assimilação de  $NO_3$  (HALPERN et al., 2015).

Os compostos inorgânicos, conhecidos como benéficos, são os elementos químicos não essenciais à nutrição vegetal, mas possuem a capacidade de modificar os processos fisiológicos das plantas e proporcionar benefícios ao crescimento, constituindo assim uma categoria distinta de bioestimulantes (SAVVAS; NTATSI, 2015).

O alumínio (Al), cobalto (Co), sódio (Na), selênio (Se) e silício (Si) são os principais elementos, e estão presentes no solo e em plantas como diferentes sais inorgânicos e como formas insolúveis (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). Os sais inorgânicos desses elementos e dos essenciais também se inserem nesta categoria,

são os fosfatos, fosfitos, silicatos e carbonatos, que podem ser utilizados como fungicidas (WORDELL FILHO; DUARTE; RODRIGUES, 2013; PAZDIORA et al., 2018).

Outra categoria de bioestimulante abrange a quitina, quitosana e outros biopolímeros, sendo a quitina um polímero de aminopolissacarídeo mais abundante que ocorre na natureza, encontrado naturalmente em exoesqueleto de crustáceos, insetos e paredes celulares de fungos, podendo ser convertida em quitosana (ELIEH-ALI-KOMI; HAMBLIN, 2016).

Inicialmente foram utilizadas objetivando a proteção de plantas contra patógenos fúngicos, mas, no decorrer dos estudos ampliou-se a possibilidade de uso agrícola, com pesquisas relacionadas ao aumento na tolerância ao estresse abiótico (DU JARDIN, 2015). O modo de ação da quitosana ainda não está completamente elucidado, mas estudos apontam um futuro promissor na sua utilização nas práticas agrícolas sustentáveis, bem como na produção e preservação de alimentos (MALERBA; CERANA, 2016).

Proteínas hidrolisadas são produzidas por hidrólise enzimática e/ou química de proteínas de matérias-primas (peptídeos, aminoácidos) derivadas de animais ou plantas e podem ser classificadas com base na fonte e método de hidrólise, sendo a utilização desses subprodutos uma solução sustentável para o problema da eliminação de resíduos (COLLA et al., 2015a).

Os bioestimulantes baseados em micro-organismos têm sido importantes desde o início da agricultura e seus efeitos sobre a planta dependem da sinalização química entre eles, modulados pelos fatores de clima e solo. São considerados bioestimulantes naturais, as rizobactérias (rizóbios e bactérias promotoras de crescimento) (RUZZI; AROCA, 2015) e os fungos promotores de crescimento, que incluem os fungos micorrízicos arbusculares (ROUPHAEL et al., 2015) e espécies de *Trichoderma* (LÓPEZ-BUCIO; PELAGIO-FLORES; HERRERA-ESTRELLA, 2015b).

### 2.2.2. Benefícios da aplicação de bioestimulantes na agricultura

Determinar a função de produtos conhecidos como bioestimulante é imensamente difícil, principalmente, pela diversidade de materiais contidos e a complexidade formada pela junção destes. Brown; Saa (2015) levantaram a hipótese

de que o benefício principal do bioestimulante é devido a sua interação com os processos de sinalização da planta regulando as respostas ao estresse.

No entanto, muitos outros efeitos, além da tolerância ao estresse, são conhecidos na literatura, como a promoção do crescimento e desenvolvimento de plantas (BHARATH et al., 2018), rendimento da cultura (NASIR et al., 2016), facilitação da assimilação de nutrientes (ZANIN et al., 2018), melhora dos atributos de qualidade do fruto (COLLA et al., 2017b), maior eficiência no uso da água (KUMAR; SINGH; RAHA, 2018) e melhora das propriedades físico-químicas do solo (ZHANG et al., 2016).

Além destes benefícios, Santaniello et al. (2017) demonstraram que o pré-tratamento de plantas de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh com extrato de algas *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis aumentou o sucesso na aclimação de plantas quando induzidas ao estresse hídrico, promovendo maior sobrevivência, eficiência do uso da água e tolerância à desidratação.

A aplicação foliar combinada de extrato de folha de moringa, potássio e zinco no estágio de produção de frutos da cultivar de Tangerina (*Citrus reticulata* Blanco), Kinnow mandarim, resultou em menor queda de frutos, maior rendimento, peso do fruto, conteúdo sólido solúvel (SSC), vitamina C, açúcares, antioxidantes totais e conteúdo fenólico (NASIR et al., 2016).

O uso de ácidos húmicos pode modular a ativação da membrana plasmática e das bombas vacuolares desencadeando íons específicos relacionados ao crescimento e desenvolvimento, com os fitohormônios associados a sua bioatividade (ZANDONADI et al., 2013), podendo estimular o alongamento e proliferação de raízes secundárias e influenciar no metabolismo do nitrogênio, aumentando assim, a atividade das enzimas GOGAT (glutamato sintetase) e GS (glutamina sintetase), e a produção de proteínas (CONSELVAN et al., 2017).

Em cultivares de *Lactuca sativa* L. submetidas às condições de 1 e 25 mM de NaCl observou-se aumento do crescimento das plantas quando pulverizadas com proteínas hidrolisadas de plantas, permitindo a manutenção de maior atividade fotoquímica do PSII (Fotossistema II) e melhor estado nutricional (N e P) nos tecidos (LUCINI et al., 2015).

Apesar das recentes publicações da utilização de bioestimulantes, ainda há poucos trabalhos em plantas de meloeiro, dentre estes, verificou-se que seu uso

pode elevar o teor de sólidos solúveis (VENDRUSCOLO; MARTINS; SELEGUINI, 2017) e aumentar o comprimento e diâmetro do fruto (AROUCHA et al., 2018).

### 2.2.3. Produto comercial Penergetic®

A adoção de produtos alternativos e inovadores que possam reduzir o uso de insumos de alto custo econômico, com função de bioativação das atividades biológicas do solo e da planta, capazes de gerar equilíbrio, vem sendo impulsionada.

O Penergetic® é uma tecnologia de bioativação natural, desenvolvida e produzida na Suíça, formada por ondas eletromagnéticas de espectro reduzido, similar a da atmosfera terrestre, sendo esta energia responsável pelo funcionamento dos processos biológicos na superfície Terrestre, intensificando em um determinado mineral utilizado como veículo. Essa energia é capaz de promover o aumento da atividade biológica dos solos e plantas, revitalizando os processos ecológicos perturbados, trazendo qualidade e equilíbrio biológico. Seu modo de ação é baseado em princípios da física quântica, biofísica e química (PENERGETIC, 2017).

A empresa dispõe de dois produtos denominados Penergetic Kompost® e Penergetic Pflanzem® oriundos de argila bentonítica submetida à aplicação de campos elétricos e magnéticos. O Penergetic Kompost® é um aditivo aplicado ao solo que acelera a decomposição dos resíduos do campo, estrume e composto, e fortalece a reciclagem de nutrientes, suprimindo doenças através da melhoria da rizosfera, trabalha com os processos biológicos na natureza para estimular os microrganismos no solo. O Penergetic Pflanzem® é aplicado via foliar e disponibiliza mais energia ao processo fotossintético, facilitando a interação planta e microrganismos benéficos (PENERGETIC, 2017).

Segundo o fabricante, o produto promove aumento da fertilidade e saúde do solo, a degradação das moléculas complexas da matéria orgânica do solo através da atividade microbiana acelerada e crescimento das raízes, sendo composto de substâncias de composição patenteada. No entanto, poucos trabalhos foram publicados com relação à aplicação do Penergetic e sua atuação no solo e na planta (PEKARSKAS et al., 2011; PEKARSKAS; SINKEVIČIENĖ, 2015; SOUZA; ALMEIDA; ALBERTON, 2017), na atividade microbiana do solo e composição da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA). Sendo assim, estudos que possam

contribuir para entender a ação do bioativador de solo Penegertic® e seu sinergismo com a adubação sobre a biomassa e atividade microbiana do solo durante o cultivo do meloeiro torna-se importante.

### **2.3. Biomassa microbiana do solo**

A atividade agrícola promove intensa transformação na paisagem, levando a degradação do solo e a redução da fertilidade (CÂNDIDO et al., 2015), o que afeta diretamente os micro-organismos do solo, responsáveis por diversos processos biológicos, que constituem a base da produtividade e do equilíbrio ecológico.

A biomassa microbiana representa a parte viva da matéria orgânica, composta por arqueas, bactérias, fungos, protozoários, algas e microfauna (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006) e corresponde, em média, de 2 a 5% do C orgânico do solo e de 1 a 5% do N total do solo, representando um importante reservatório de nutrientes (LANGE et al., 2015). Essa biomassa é reconhecida pelo seu potencial de aumentar a tolerância das plantas aos estresses bióticos e abióticos, a produção agrícola, a disponibilidade de água e de nutrientes e reduzir o uso de insumos químicos (PIŚKIEWICZ; DUYTS; VAN DER PUTTEN, 2009; ROUPHAEL et al., 2017). Além disso, favorece a estruturação do solo (GUPTA; GERMIDA, 2015), atua degradando pesticidas e compostos persistentes aplicados ao solo e participa dos processos de ciclagem dos nutrientes (SPOHN et al., 2016).

Diversas características físico-químicas do solo como textura, umidade, temperatura e o manejo do solo podem afetar a biomassa microbiana (VENZKE FILHO et al., 2008). Além desses fatores, a comunidade vegetal é um importante regulador da biomassa microbiana (THAKUR et al., 2015), uma vez que a fisiologia das plantas e os padrões de exsudação radicular influenciam na composição da microbiota edáfica (PHILIPPOT et al., 2013). Ademais, deve-se levar em consideração que as comunidades microbianas do solo também são altamente variáveis no tempo e no espaço e isso implica que diferentes tipos de organismos e funções são importantes durante as diferentes fases do desenvolvimento da planta (SCHLOTTER et al., 2018).

A biomassa microbiana vem sendo utilizada como indicador de alterações ocorridas do solo, principalmente, devido a sua rápida ciclagem em comparação a

matéria orgânica do solo, além da sua importância como reservatório de nutrientes. Entre os indicadores comumente utilizados na avaliação da biomassa microbiana destacam-se o carbono da biomassa microbiana (VANCE; BROOKES; JENKINSON, 1987), a respiração basal (evolução de  $\text{CO}_2$ ) (ALEF; NANNIPIERI, 1995), a atividade de enzimas do solo (BURNS et al., 2013) e a relação respiração/carbono da biomassa microbiana, denominada quociente metabólico (ANDERSON; DOMSCH, 1985).

O C da biomassa microbiana (CBM) pode ser indicativo do potencial da disponibilidade de nutrientes para as plantas e estar relacionado à qualidade do solo e, conseqüentemente, à produtividade dos ecossistemas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Devido a estas características, o CBM é considerado como importante indicador de fertilidade do solo (SRADNICK et al., 2018) e também permite investigar como as práticas de manejo contribuem ou não para melhoria da qualidade do solo (LI et al. 2018).

Em dunas fixas do deserto que foram transformadas em terras agrícolas, o CBM diminuiu significativamente, sendo sugerindo por Qi et al. (2018) que esta redução pode ser atribuída à alta aplicação de fertilizantes na terra arável, acarretando a redução do pH do solo. Entretanto, a determinação do CBM não fornece indicações sobre a atividade dos micro-organismos do solo, sendo imprescindível avaliar parâmetros que possam medir o estado metabólico da comunidade microbiana do solo (SANTOS; MAIA, 2013).

A respiração basal do solo (RBS) é um dos parâmetros mais comumente utilizado para quantificar a atividade microbiana do solo. De modo geral, representa a oxidação da matéria orgânica em  $\text{CO}_2$  pela microbiota, o que constitui uma fase fundamental no ciclo do carbono (SILVA; ARAÚJO NETO; KUSDRA, 2014). Assim como outras atividades metabólicas, a respiração basal depende do estado fisiológico das células, sendo afetada por diversos fatores como disponibilidade de nutrientes, relação C/N, qualidade da matéria orgânica, temperatura e umidade do solo (SOUSA et al., 2014).

Alta taxa respiratória pode expressar rápida transformação da matéria orgânica em nutrientes para as plantas, como também a perda de carbono orgânico do solo para a atmosfera (MOURA et al., 2015; SANTOS; MAIA, 2013). Desse modo, a alta taxa de respiração pode refletir tanto uma perturbação do solo como um alto nível de produtividade do ecossistema (FERREIRA et al.; 2016) e nesse caso,

uma melhor interpretação pode ser adicionada aos resultados a partir dos dados de respiração e carbono da biomassa microbiana para obter-se o quociente metabólico ( $qCO_2$ ).

O  $qCO_2$  expressa a quantidade de C- $CO_2$  evoluída por unidade de CBM e representa a taxa de respiração específica da biomassa microbiana (BÖLSCHER et al., 2016). Altos valores de  $qCO_2$  refletem solos contendo biomassa pouco eficiente na utilização do carbono, liberando mais C na forma de  $CO_2$  e incorporando menos C à biomassa microbiana, refletindo ambientes com maior grau de distúrbio ou estresse (ALMEIDA et al., 2009). Contudo, menores valores de  $qCO_2$  representam menor perda de  $CO_2$  para a atmosfera, evidenciando que a biomassa é eficiente na ciclagem de nutrientes e armazenamento de carbono (PRIMIERY; MUNIZ; LISBOA, 2017).

O quociente microbiano ( $qMic$ ), determinado pela relação entre o carbono da biomassa microbiana (CBM) e o carbono orgânico total (COT) (POWLSON; PROOKES; CHRISTENSEN, 1987), fornece informações sobre a qualidade da matéria orgânica, e a quantidade de carbono imobilizado na biomassa microbiana. De modo geral, a presença de condições estressantes como manejo intensivo do solo e baixa disponibilidade ou qualidade do substrato orgânico promovem o declínio do  $qMic$  (DA SILVA et al., 2010).

Em estudo realizado por Lopes et al. (2012), o quociente microbiano diminuiu com o tempo de cultivo do melão, demonstrando possíveis alterações decorrentes do uso agrícola do solo. Por outro lado, Dadalto et al. (2015) indicam que elevados valores do  $qMic$ , apontam que a matéria orgânica do solo está sujeita a decomposição. Entretanto, a decomposição da matéria orgânica do solo depende da biomassa microbiana e de seus conjuntos de enzimas extracelulares (BALDRIAN, 2014).

A atividade enzimática do solo pode ser utilizada como medida de atividade microbiana, produtividade e qualidade do solo (LEÓN et al. 2017). As enzimas catalisam várias reações relacionadas com as propriedades físicas e químicas do solo, com a diversidade e abundância da biomassa microbiana (KARA; BAYKARA, 2014). As principais enzimas presentes no solo pertencem à classe das oxirredutases, transferases, hidrolases e lipases, sendo as hidrolases as mais comumente estudadas, por estarem envolvidas na degradação dos principais componentes C, N, P e S. Dentre essas, destacam-se a  $\beta$ -glucosidase, a urease e a

fosfatase, que desempenham papel essencial no ciclo do carbono, nitrogênio e fósforo respectivamente (FLOCH et al. 2011).

A  $\beta$ -glucosidase atua no processo de degradação da celulose produzindo substâncias orgânicas de baixo peso molecular e compostos solúveis, como a glicose, importante fonte de energia para o crescimento e atividade dos micro-organismos do solo (MERINO; GODOY; MATUS, 2016). Desta forma, Peregrina; Pérez-Álvarez; García-Escudero (2014) sugerem que a  $\beta$ -glucosidase é um indicador apropriado para avaliar os estoques de carbono orgânico e a melhoria da qualidade do solo. Porém, deve-se levar em consideração que esta enzima é adaptativa e responde a quantidade e qualidade do carbono disponível (BŁOŃSKA; LASOTA, 2017). A  $\beta$ -glucosidase também responde as mudanças ocorridas no solo decorrentes de condições de salinidade do solo e da contaminação por metais pesados (YANG et al., 2017a).

A urease atua auxiliando a hidrólise da uréia em  $\text{CO}_2$  e  $\text{NH}_3$ , sua expressão é geralmente regulada pela presença de nitrogênio, pois a síntese da enzima é reduzida quando há presença de grandes quantidades de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ , contudo, a produção da enzima é ativada na presença de uréia (ADETUNJI et al., 2017). Estudos da atividade da urease no solo são de grande relevância devido ao seu papel na regulação do suprimento de nitrogênio para as plantas após a fertilização (CHATTERJEE et al., 2018; DE MACEDO et al., 2016).

As fosfatases podem ser utilizadas como indicadores da disponibilidade de fósforo inorgânico para plantas e micro-organismos. Dentre as fosfatases presentes no solo, a mais estudada é a fosfomonoesterase, que hidrolisa fosfato monoéster para produzir fosfato livre para absorção biológica e pode ser ativa sob condições ácidas e alcalinas, dependendo do seu pH ideal (ADETUNJI et al., 2017).

A fosfatase ácida tem ampla distribuição na rizosfera e maior atividade que outras enzimas do solo, uma vez que são produzidas pelas raízes das plantas e micro-organismos para atender a demanda por P (fósforo). A elevada secreção da fosfatase ácida no solo intensifica a solubilização e remobilização do fosfato que possui baixa mobilidade devido à forte adsorção as partículas do solo (MA et al., 2018).

A atividade das enzimas do solo é influenciada por propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, que por sua vez podem ser influenciadas pelas práticas de manejo. O tipo de solo, a textura (MERINO; GODOY; MATUS, 2016),

umidade, temperatura (TENG et al., 2016), pH do solo e acúmulo de resíduos orgânicos (MUKUMBAREZA; MUCHAONYERWA; CHIDUZA, 2015). E assim, todos os parâmetros citados (CBM, RBS, qMIC, qCO<sub>2</sub> e atividade enzimática) são de extrema importância para fornecer informações quanto aos efeitos das mudanças ocorridas através do manejo do solo na biomassa microbiana.

### 2.3.1. Efeitos da adubação mineral e de bioestimulantes sobre a biomassa microbiana do solo

Os fertilizantes são aplicados em solos agrícolas, com a finalidade de suprir as necessidades nutricionais da planta e principalmente aumentar a produção de alimentos. A fertilização pode afetar a biomassa microbiana do solo, no entanto, não há consenso sobre os possíveis efeitos, uma vez que muitos fatores podem influenciar a resposta a aplicação, *e.g.* comunidade vegetal (LANGE et al., 2015); o tipo de solo (CARNEIRO et al., 2009); período de amostragem (ŽIFČÁKOVÁ et al., 2017); fonte e quantidade de fertilizante (THIRUKKUMARAN; PARKINSON, 2000).

Experimentos de longo prazo (20 anos) com adubação orgânica e inorgânica revelaram que alterações nos teores de carbono orgânico e pH do solo, devido à fertilização, podem afetar a atividade e a composição da comunidade microbiana do solo (GEISSELER; SCOW, 2014).

A partir de uma meta-análise, Geisseler; Lazicki; Scow (2016) observaram que a aplicação de Nitrogênio em longo prazo em áreas de pastagem (9 anos) resultou na redução da biomassa microbiana. Por outro lado, em cultivos anuais (27 anos) ocorreu aumento da biomassa. Segundo os autores, a fertilização promove o aumento da produtividade, o que consequentemente aumenta a quantidade de resíduos vegetais aportados ao solo após a colheita, que por sua vez, contribui para o aumento da biomassa microbiana, sendo este fator também dependente do pH do solo.

Liu; Greaver (2010) constataram que de modo geral, a adição de N reduziu o CBM em 20% (meta-análise) em diferentes ecossistemas naturais (floresta temperada, floresta de coníferas temperada, floresta boreal, floresta tropical, pradaria, áreas úmidas, tundra, deserto e ártico), e uma discreta redução da respiração, a qual estava positivamente correlacionada com a redução do CBM.

O efeito da fertilização sobre as propriedades microbiológicas tem sido investigado em solos sob diferentes culturas. Su et al. (2015) observaram que os valores de CBM em solos cultivados com arroz foram significativamente maiores nos tratamentos que receberam fertilização em comparação ao controle. O tratamento com NPK resultou em maior atividade da urease, enquanto maior atividade da fosfatase foi registrada no tratamento com aplicação apenas do N em relação aos demais tratamentos. Esses resultados levaram os autores a sugerir que a fertilização inorgânica balanceada é benéfica para a comunidade microbiana do solo, em razão de os fertilizantes induzirem mudanças na comunidade microbiana que podem acelerar a ciclagem de nutrientes no solo. O aumento do CBM também foi observado em solo de pH 5,97 sob plantio direto cultivado com *Panicum virgatum* L. e *Tripsacum dactyloides* L., na adição da maior dose de N testada (168 kg N ha<sup>-1</sup> de ureia) (LI et al., 2018).

Em cultivo de arroz a aplicação de ureia resultou em aumento da taxa respiratória do solo (LIU et al., 2011). Os autores atribuíram os resultados encontrados ao fato de a fertilização promover o crescimento de brotos e raízes, o que pode aumentar a exsudação radicular e também proporcionar o aumento do pH do solo, levando ao incremento do carbono facilmente decomponível, da biomassa microbiana e por conseguinte da respiração.

Ao comparar os efeitos de fontes de N (ureia, sulfato de amônio e Ajifer-L40) em solo cultivado com *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, Delbem et al. (2011) observaram valores mais elevados de qCO<sub>2</sub> no tratamento com a aplicação de sulfato de amônio nas camadas de 0 a 10 cm. Esse resultado pode estar relacionado à acidificação do solo (pH 4) ocasionando um estresse metabólico na comunidade microbiana. Contudo, estes autores observaram redução no qMic em solos tratados com sulfato de amônio nas duas camadas estudadas.

Não há consenso sobre os efeitos que a adubação inorgânica provoca na biomassa e na atividade microbiana do solo, observa-se que alguns trabalhos relatam aumento, enquanto outros observam redução do carbono da biomassa microbiana, COT, qMIC e atividade de enzimas, entre outros parâmetros (ZHU et al., 2018; MBUTHIA et al., 2015; SOUZA et al., 2013; HU et al., 2011; LI et al., 2010). Dessa forma, é preciso ter cautela quando se pretende estudar os efeitos da aplicação de adubo na qualidade do solo, uma vez que, outros fatores como o cultivo, tipo de solo, entre outros podem estar afetando os resultados.

No estudo de Mukumbareza; Muchaonyerwa; Chiduzza (2015) em duas rotações ervilhaca-milho e aveia-milho (*Zea mays* L. 'PAN 6479') com e sem fertilização, os tratamentos que receberam aplicação de fertilizante apresentaram aumento na atividade enzimática. A rotação ervilhaca-milho apresentou maior atividade das enzimas  $\beta$ -glucosidase, urease e fosfatase alcalina em comparação a rotação com aveia (*Avena sativa* L. 'Sederberg'). Os autores mencionaram que as plantas de ervilhaca (*Vicia dasycarpa* Tem. 'Max') foram inoculadas no plantio com *Rhizobium leguminosarium* biovar *viciae*, bactéria fixadora de nitrogênio, considerada bioestimulante natural, que pode explicar o aumento da atividade enzimática nesta cultura.

Da mesma forma que a fertilização pode promover alterações na biomassa e atividade microbiana, os bioestimulantes naturais e sintéticos também podem influenciar a microbiota edáfica. A utilização de bioestimulantes de extratos de algas representa um insumo importante para a agricultura por incrementar a produtividade das plantas e promover o crescimento induzido por hormônios naturais obtidos nos extratos. Wang et al. (2016) observaram os efeitos no solo em vasos cultivados com *Malus hupehensis* Rehd (maçã) e constataram que a atividade enzimática diferiu entre os tratamentos (0, 5, 20 e 40 g/kg de extrato de alga) e durante as fases de crescimento. De modo geral, as atividades da urease e fosfatase foram mais elevadas com a aplicação das maiores doses de extrato de algas em relação ao controle.

A aplicação de bioestimulantes de proteínas hidrolisadas obtidas de quatro diferentes fontes promoveram aumento na atividade da desidrogenase, fosfatase, urease e arisulfatase (TEJADA et al., 2011). Em experimento realizado em microcosmos, García-Martínez et al. (2010) e Orts et al. (2018) também observaram que o bioestimulante a base de proteína hidrolisada teve efeito estimulador na atividade da fosfatase ácida e da desidrogenase. Esses estímulos foram atribuídos pelos autores aos procedimentos realizados (hidrólise e fermentação) na produção dos bioestimulantes, que aumentam a concentração de proteínas, assim como a porcentagem de peptídeos com baixo peso molecular, mais solúveis que as proteínas e que podem ser facilmente incorporados pelos micro-organismos e plantas.

Avaliando a atividade de enzimas do solo em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com bactéria fixadora de nitrogênio em plantas de milho

(*Zea mays*), Morais et al. (2015) observaram que a inoculação com *Azospirillum brasilense* não influenciou a atividade das enzimas urease e fosfatase, no entanto, maiores doses de nitrogênio elevaram a atividade dessas enzimas.

Em estudo conduzido por Wu et al. (2015) foram avaliados os efeitos do fungo micorrízico arbuscular (FMA), *Funneliformis mosseae* (Nicol. & Gerd.) Schüßler & Walker, nas atividades de hidrolases e oxidoredutases do solo na rizosfera de laranjeira [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] cultivada em vasos sob 0, 3 e 30 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (fosfato monopotássico) em substrato de areia. Os autores observaram elevada atividade β-glucosidase e fosfatase das plantas micorrizadas em comparação com as plantas não micorrizadas, aumentando significativamente sob P0, P3 e P30 em 11, 28 e 16% para fosfatase e 31, 50 e 12% para β- glucosidase.

Levando em consideração a importância dos micro-organismos do solo, poucos trabalhos foram realizados buscando entender os efeitos da aplicação dos bioestimulantes na microbiota. Considerando que os bioestimulantes estão aumentando seu predomínio no mercado mundial de vendas de insumos agrícolas, torna-se imprescindível conhecer os efeitos desses produtos na atividade da microbiota edáfica.

#### **2.4. Fungos micorrízicos arbusculares**

A associação micorrízica é a mais comumente encontrada nos ecossistemas e agroecossistemas, sendo formada pela associação simbiótica mutualista entre planta-fungo. Mais de 80% das plantas vasculares formam associações micorrízicas, sendo 72% do tipo arbuscular, 2% do tipo ectomicorrizas, 1,5% do tipo ericóide e 10% do tipo orquidóide. Apenas 8% das plantas não formam associações e 7% apresentam relações inconsistentes (BRUNDRETT; TEDERSOO, 2018).

A micorriza arbuscular é formada pelos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e é considerada uma das associações mais antigas, que provavelmente permitiu a transição das plantas da água para o ambiente terrestre (VAN DER HEIJDEN et al., 2015). Estes fungos são classificados no filo Glomeromycota (TEDERSOO et al., 2018), e são divididos em três classes (Glomeromycetes, Archaeosporomycetes e Paraglomeromycetes), cinco ordens (Diversisporales,

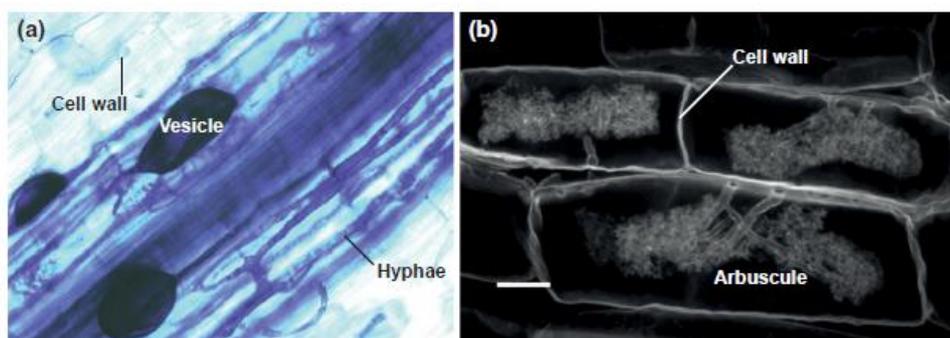
Gigasporales, Glomerales, Archaeosporales e Paraglomerales), 16 famílias e 40 gêneros (<http://www.mycobank.org>).

Os FMA são encontrados naturalmente no solo e seus propágulos são raízes colonizadas, hifas extrarradiculares e esporos. Os esporos são unidades biológicas multinucleadas que possuem toda informação genética e apresentam heterogeneidade no número de núcleos entre esporos (MARLEAU et al., 2011). Possuem capacidade para germinar e iniciar crescimento micelial mesmo na ausência da planta hospedeira, no entanto, precisam obrigatoriamente do hospedeiro para completar seu ciclo de vida, sendo considerados biotróficos obrigatórios (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Após germinação dos esporos e crescimento micelial, o fungo associa-se às raízes colonizando as células do córtex inter e intracelularmente, formando estruturas intra-radiculares (DANESH; NAJAFI; DEMIR, 2016). O arbúsculo é uma estrutura intra-radicular altamente ramificada e característica dos FMA; é o principal local de troca bidirecional entre os simbiontes, e em alguns grupos taxonômicos formam-se também vesículas, que são hifas com dilatações terminais com função de armazenar reservas (Figura 3) (PRASAD et al., 2017).

A realização da simbiose é regulada desde o pré-contato até a degeneração do arbúsculo pela expressão de genes ativados pela percepção e sinalização entre o fungo e a planta (PIMPRIKAR; GUTJAHR, 2018). É fortemente estabelecida pela característica do fungo de ser biotrófico obrigatório e incapaz de realizar fotossíntese, obtendo fotossintatos da planta hospedeira, principalmente carbono e lipídeos (KEYMER et al., 2017).

**Figura 3** - Estruturas típicas de fungos micorrízicos arbusculares. (a) vesículas (b) arbúsculos.



FONTE: Van der Heijden et al. (2015)

Paralelamente, os FMA possuem eficiente exploração do solo através do desenvolvimento de hifas extra-radiculares, que se estendem em busca de água e nutrientes, no qual são absorvidos e translocados para a planta (WANG et al., 2017). O fósforo é um elemento essencial para a planta e caracteriza-se pela baixa mobilidade no solo, podendo os FMA não só aumentar a sua absorção como também otimizar o seu uso em baixa taxa de aplicação, proporcionando à planta uma excelente estratégia de absorção, ocorrendo assim um benefício recíproco (MAI et al., 2018).

Adicionalmente, os FMA e as plantas podem formar uma complexa rede de interações, na qual um único hospedeiro vegetal é colonizado por múltiplas espécies de fungos, os indivíduos fúngicos interagem com múltiplos hospedeiros e simultaneamente podem conectar plantas da mesma ou de diferentes espécies por uma rede micorrízica comum, realizando transporte de água e nutrientes a longa distância, desempenhando papel significativo no ecossistema (BÜCKING; MENSAH; FELLBAUM, 2016).

Além de nutrir a planta, aumentar sua tolerância a estresses bióticos (GUPTA et al., 2017; SHRIVASTAVA et al., 2015) e abióticos (ZHANG et al., 2016), os FMA são considerados engenheiros do ecossistema (CAMERON, 2010). Desempenham papel fundamental na estruturação do solo em consequência da formação do micélio em torno das partículas do solo e pela exsudação através das hifas de proteínas do solo relacionadas à glomalina, que realiza importante função no armazenamento de carbono/nitrogênio, no sequestro de metais pesados e corresponde a cerca de 27% de fonte da matéria orgânica do solo, contribuindo para estabilidade do ambiente (YANG et al., 2017b).

Desse modo, os FMA podem imobilizar quantidades consideráveis de N e P nas hifas, aumentar a absorção desses nutrientes pelas plantas, reduzir a lixiviação e as emissões de N<sub>2</sub>O (óxido nitroso) do solo, influenciando na otimização da ciclagem desses nutrientes (BENDER; CONEN; VAN DER HEIJDEN, 2015) e na redução da aplicação de insumos em ambientes agrícolas (BONA et al., 2018), que é considerada uma solução viável para aumentar a ecoeficiência e a lucratividade na produção (UZUN et al., 2018).

Os FMA também são considerados como bioestimulantes (ROUPHAEL et al., 2015) e biofertilizantes (IGIEHON; BABALOLA, 2017), e podem ser aplicados na

produção vegetal para estabelecimento de mudas, na aclimação de mudas micropropagadas (SILVA; MELO; YANO-MELO, 2017), no aumento da capacidade competitiva das plantas (FRANÇA et al., 2016) e na otimização do uso da água (GHOLAMHOSEINI et al., 2013).

Desta forma, os FMA são importantes tanto nos ambientes agrícolas como nos naturais, por possuir uma gama de efeitos no funcionamento do ecossistema, podendo influenciar na composição da comunidade vegetal (JIANG et al., 2017) e microbiana, sendo fundamental manter a sua diversidade no solo (POWELL; RILLIG, 2018).

#### 2.4.1. Fatores que afetam a ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares

A composição e a diversidade da comunidade dos FMA são influenciadas pela comunidade vegetal (CHAGNON; BRADLEY; KLIRONOMOS, 2015; REININGER et al., 2015), por fatores bióticos (GEHRING; BENNETT, 2009) e abióticos (CASAZZA et al., 2017; LENOIR; FONTAINE; LOUNÈS-HADJ SAHRAOUI, 2016). Por serem biotróficos obrigatórios, sua ocorrência tem relação direta com a vegetação e as espécies de plantas exibem diferentes suscetibilidades à colonização micorrízica, apresentando variações inter e intra-específicas, podendo o monocultivo contínuo selecionar espécies de FMA que colonizam e esporulam rapidamente, ocasionando a seleção para a manutenção do fungo no ambiente e não pelo efeito que causam no hospedeiro (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Os fatores bióticos, como os ataques às plantas por patógenos e pragas, a depender do tipo e da intensidade, podem estressar a planta, reduzir biomassa e limitar a capacidade fotossintética (GONZALEZ et al., 2013). O sombreamento também pode reduzir a quantidade de fotossintatos das plantas, ocasionando redução na quantidade de fotossintatos disponível ao fungo, gerando diminuição na produção de hifas externas e alterações na distribuição e dominância das espécies (JOHNSON et al., 2015).

Nesse sentido, Zangaro et al. (2013) observaram elevados níveis de colonização radicular e produção de esporos de FMA na primavera e no verão, sugerindo que há uma sincronização entre o maior potencial fotossintético da planta e a produção de raízes finas colonizadas. Mudanças na ocorrência das estruturas

fúngicas refletem alterações na simbiose planta-fungo com relação aos diferentes usos da terra, por exemplo, o fungo pode investir em produzir mais vesículas do que hifas quando em condições de solos altamente fertilizados (BACH et al., 2018).

A disponibilidade de nutrientes no solo é um dos principais fatores que afetam os FMA, que geralmente podem ser inibidos em condições de elevada fertilidade. Nesse contexto, a adição de alto teor de fósforo pode causar toxicidade, reduzindo a colonização e a esporulação. Em plantas de *Passiflora setacea* DC observou-se maior benefício da inoculação micorrízica do que da fertilização fosfatada isolada (SILVA et al., 2015), sendo demonstrado ainda redução na colonização micorrízica com a adubação.

Treseder et al. (2018), com base em dados da literatura, observaram grande capacidade de isolados do gênero *Glomus* em persistir em solos com aumento da disponibilidade de N, enquanto que isolados da família Gigasporaceae apresentaram baixa capacidade. Os autores sugerem que isso pode estar associado às diferentes demandas de C, pois membros de Gigasporaceae produzem redes mais extensas de hifas externas exigindo mais carbono da planta para manter o crescimento, e com o aumento na disponibilidade de N as plantas reduzem seu investimento no fungo, justificando a diminuição na comunidade de membros de Gigasporaceae.

A quantidade de nutrientes para inibir a colonização depende da capacidade de absorção, translocação e exigência interna da planta hospedeira e a ação varia de acordo com as espécies de FMA (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Os FMA são conhecidos pela sua atuação como bioestimulante de plantas, e muitos trabalhos têm sido realizados no intuito de utilizar os FMA para promover aumento da produção de biomassa e proteção vegetal (BAUM; EL-TOHAMY; GRUDA, 2015; CHATURVEDI et al., 2018; ZHANG et al., 2016).

Poucos trabalhos foram encontrados com o objetivo de avaliar os efeitos das aplicações dos bioestimulantes sobre os FMA, no entanto, a aplicação de ácidos húmicos estimulou a colonização de *Claroideoglomus claroideum* (N.C. Schenck & G.S. Sm.) C. Walker & A. Schüßler em raízes de milho (*Zea mays* L.) (GRYNDLER et al., 2005), e de *Glomus versiforme* (P. Karst.) S.M. Berch e *Rhizophagus irregularis* (Blaszk., Wubet, Renker & Buscot) C. Walker & A. Schüßler em plantas de *Hibiscus sabdariffa* L. (roselle) (FALLAHI et al., 2017).

Durante ensaio de cultivo *in vitro* de *Lunularia cruciata* (L.) Lindb., a esporulação de *Glomus proliferum* Dalpé & Declerck foi afetada positivamente na

dose mais baixa (20 mg CL<sup>-1</sup>) e na dose mais alta (80 mg CL<sup>-1</sup>) de ácidos húmicos, atingindo uma taxa de 199 glomerosporos/placa (NOBRE et al., 2013). Outro bioestimulante que também teve efeito positivo sobre os FMA foi a quitina, que adicionada em substrato solo-areia esterilizado propiciou médias de colonização micorrízica acima de 60% e alta esporulação em vasos de cultivo com diferentes hospedeiros *Allium ampelloprasum* L., *Plantago lanceolata* L. e *Lactuca sativa* L. (GRYNDLER et al., 2003).

Efeitos negativos não foram encontrados quanto à aplicação de outros bioestimulantes sobre os FMA, mas ressalta-se que na maioria dos trabalhos apenas aspectos relacionados à produção vegetal têm sido considerados. No entanto, é importante entender os efeitos da aplicação dos bioestimulantes nas comunidades de FMA e nos parâmetros relacionados aos FMA, principalmente, considerando o aumento das quantidades aplicadas ao solo e da diversidade de produtos comercializados com composições complexas, afim de encontrar produtos que favoreçam tanto as plantas como os FMA associados.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização do experimento

Para a realização do estudo foi coletado solo em vários pontos na profundidade de 0-20 cm, em área de Caatinga localizada no *Campus* Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, em Petrolina-PE. O solo coletado foi peneirado, homogeneizado e separado para realização da caracterização química. A partir do resultado da caracterização química foi calculada a necessidade de adubação seguindo a recomendação para a cultura do meloeiro de acordo com a 2ª aproximação de Pernambuco (CAVALCANTE et al., 2008). Para a realização de experimento em casa de vegetação, foram acrescentadas as fontes Superfosfato simples (P) (0,93 g), Ureia (N) (0,347 g) e Nitrato de Potássio (K) (0,25 g) no primeiro e no segundo ciclo.

O experimento em casa de vegetação foi realizado com o cultivo de meloeiro tipo amarelo (*Cucumis melo* híbrido Mandacaru) no primeiro ciclo e *C. melo* híbrido Gladial F1 no segundo ciclo. Inicialmente foram preparados os vasos com 2,5 Kg do

solo coletado e não esterilizado e adicionada a adubação aos respectivos tratamentos. As plantas para os dois ciclos foram obtidas de sementes germinadas em bandejas, sendo transplantadas após formarem a primeira folha permanente e após 25 dias da adição da adubação. A condução do experimento em solo não esterilizado visou verificar também se haveria efeito sinérgico da população nativa de FMA e do produto para promover o desenvolvimento da planta.

As plantas de meloeiro cultivadas em solo não esterilizado receberam os seguintes tratamentos: T1-Controle, T2- 100% de adubação NPK, T3-50%adubação de NPK+Penergetic® (Kompost+Pflanzem), T4-Penergetic® (Kompost+Pflanzem), T5-Penergetic® Kompost, T6- 100% de adubação NPK+Penergetic® (Kompost+Pflanzem). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos de adubação em nove repetições, realizados em dois ciclos de avaliação, consistindo de uma planta/ vaso, totalizando 54 amostras experimentais para cada ciclo.

Cada ciclo do experimento teve a duração de cerca de 60 dias, no mesmo recipiente e com o mesmo solo com intuito de avaliar o impacto desses tratamentos na atividade microbiana e na estrutura da comunidade dos FMA. As plantas foram irrigadas manualmente com 100 mL de água diariamente. Houve a incidência de doenças no primeiro e no segundo ciclo, com sintomas característicos de oídio e míldio, sendo o primeiro ciclo com maior severidade (Figura 4). No primeiro e segundo ciclo as folhas foram pulverizadas com 30% de leite de vaca cru uma vez por semana (BETTIOL, 2004), fato que contribuiu para que as plantas conseguissem chegar ao final do ciclo de 60 dias. No segundo ciclo, antes do transplântio, as plântulas foram pulverizadas com solução de 25 kg enxofre/5 Kg Cal/ha (5:1) visando aumentar sua proteção contra fitopatógenos.

**Figura 4:** Plantas de meloeiro com incidência de estresses bióticos durante o experimento.

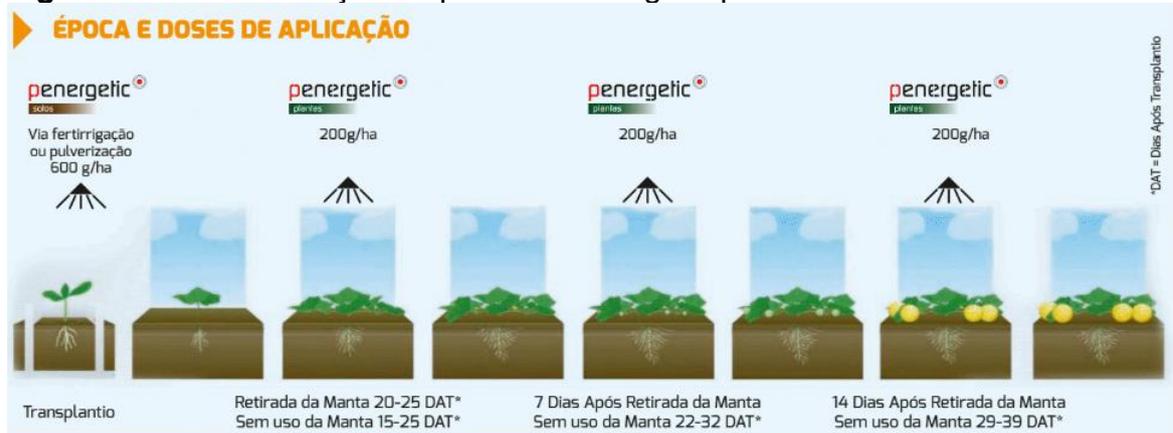


FONTE: Rodrigues, M. E. B.

Na retirada do experimento do primeiro ciclo, 300 g de solo de cada vaso foram retirados para a realização de avaliações, as raízes foram separadas e no mesmo dia os vasos contendo 2,2 Kg retornaram para casa de vegetação e permaneceram durante 30 dias em pousio.

Os produtos testados foram o Penergetic® Kompost (K) aplicado via solo e o Penergetic® Pflanzen (P) por via foliar, para ambos os produtos a recomendação é diluir 1g/L em água. Os produtos foram aplicados levando em consideração a recomendação pela empresa para o cultivo em campo (Figura 5). Assim, o Penergetic® Kompost foi aplicado 1 mL da solução/vaso no momento do transplante e do Penergetic® Pflanzen foi aplicado 1 mL da solução/planta, com a utilização de borrifador manual, com início após 15 dias do transplante e depois a cada sete dias.

**Figura 5 -** Recomendação do produto Penergetic para a cultura do melão amarelo.



FONTE: Penergetic.

### 3.1.1. Caracterização química e física do solo

As análises físicas do solo nativo e do fósforo do primeiro ciclo foram realizadas pelo laboratório SOLOAGRI e as demais análises químicas do solo foram realizadas pelo laboratório LASP (Tabela 4 e 5).

A quantificação do fósforo (P), o potássio ( $K^+$ ) e o sódio ( $Na^+$ ) foram realizadas através da extração com a solução Mehlich 1 ( $HCl$   $0,05\ mol\ L^{-1}$  e  $H_2SO_4$   $0,0125\ mol\ L^{-1}$ ), sendo para o P realizado o princípio de formação de complexo fósforo-molibdico de cor azul obtido após redução do molibdato com ácido ascórbico e seguido da determinação do P,  $K^+$  e  $Na^+$  por espectrofotometria de chama. O cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) foram extraídos com solução  $KCl$   $1\ mol\ L^{-1}$ , sendo a determinação do  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  por compleximetria em presença do indicador negro de eriocromo e titulação com solução de EDTA e a do  $Al^{3+}$  foi feita por determinação volumétrica com solução diluída de  $NaOH$  (DONAGEMA et al., 2011).

### ***3.2. Avaliação de parâmetros de crescimento de plantas de meloeiro***

Ao final do primeiro e segundo ciclos foram avaliados parâmetros de crescimento como altura, número de folhas, número de entrenós, área foliar, biomassa fresca e seca da parte aérea e radicular em plantas de meloeiro. A altura foi avaliada com o auxílio de uma régua (cm), a área foliar foi determinada com o auxílio de medidor a laser CI-202. A biomassa fresca da parte aérea e radicular foi pesada no mesmo dia da retirada do experimento em balança semianalítica, após a pesagem o material foi levado para estufa de circulação permanecendo por 72h a  $60\ ^\circ C$  e pesado para obtenção da biomassa seca.

**Tabela 3** - Caracterização física do solo coletado em área de Caatinga no Campus Ciências Agrárias da Univasf em Petrolina-PE.

Amostra	Granulometria (%)			Densidade		Classe textural
	Areia	Silte	Argila	Real	Aparente	
Solo nativo	81	14	5	2,78	1,62	Franco arenosa

**Tabela 4** - Caracterização química do solo nativo coletado em área de Caatinga no *Campus* Ciências Agrárias e após cultivo do primeiro e segundo ciclos.

Amostra	pH (1:2,5)	C.E dS/m	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Sb	H+Al	T	Al <sup>3+</sup>	P mg/dm <sup>3</sup>	V%	MO g/kg
			-----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----										
Solo Nativo	6	0,18	2,5	0,8	0,03	0,28	3,61	0,83	4,44	0,00	7,69	81	12,8
<b>1° Ciclo</b>													
T1	5,9	0,47	2,5	1,2	0,07	0,28	4,05	1,92	5,97	0,00	5,5	68	6,1
T2	5,2	0,56	2,7	1,3	0,06	0,13	4,19	2,40	6,59	0,05	21	64	6,2
T3	5,4	0,62	2,5	1,3	0,06	0,14	4,00	1,92	5,92	0,05	12,5	68	3,2
T4	5,5	0,61	2,3	1,7	0,05	0,20	4,26	1,76	6,02	0,00	5,9	71	6,2
T5	5,6	0,62	3,5	2,1	0,06	0,23	5,88	1,92	7,80	0,00	6,1	75	5,6
T6	5,4	0,46	2,8	1,5	0,05	0,14	4,50	1,92	6,42	0,05	23,1	70	4,8
<b>2° Ciclo</b>													
T1	5,6	1,35	2,3	1,2	0,07	0,20	3,77	1,60	5,37	0,00	12	70	6,0
T2	4,6	1,49	2,2	1,0	0,05	0,18	3,43	3,68	7,11	0,35	26	48	7,2
T3	5,2	1,05	2,3	1,0	0,05	0,15	3,50	3,20	6,70	0,15	15	52	6,9
T4	5,8	1,18	2,4	1,2	0,08	0,19	3,87	2,40	6,27	0,00	5	62	9,0
T5	5,5	0,85	2,0	1,0	0,06	0,18	3,24	2,56	5,80	0,00	7	56	6,3
T6	4,9	1,3	2,3	1,2	0,05	0,20	3,75	3,33	7,11	0,30	32	53	7,6

\* Cálculos: Sb = Ca+Mg+Na+K - Soma das bases; T = Sb+(H+Al) - CTC a pH 7,0; V% = (S/T)x100 - Saturação por bases  
T1: Controle; T2: 100% de adubação NPK; T3: 50% da adubação NPK+Penergetic® K e P; T4: Penergetic® K e P;  
T5: Penergetic® K; T6: 100% de Adubação NPK+Penergetic® K e P.

### **3.3. Avaliação da atividade microbiana do solo**

O carbono da biomassa microbiana foi avaliado pelo método de irradiação com a utilização da energia eletromagnética (micro-ondas), conforme técnica descrita em Mendonça; Matos (2005) adaptado de Islam; Weil (1998) e Brookes et al. (1982). As amostras de solo irradiadas foram submetidas a irradiação por cerca de 12 minutos divididos em quatro vezes de três minutos e após este processo as amostras foram submetidas ao extrator sulfato de potássio (0,5 M) e a determinação do carbono da biomassa microbiana feita por oxidação, com dicromato de potássio ( $0,066 \text{ mol L}^{-1}$ ), a titulação com sulfato ferroso amoniacal (0,033 N), utilizando difenilamina como indicador.

A respiração basal do solo foi estimada em sistema hermeticamente fechado, a partir da captura do  $\text{CO}_2$  liberado de amostras de solo (20 g) em 25 mL de NaOH (0,05 M). Após sete dias, alíquotas de 5 mL de cloreto de bário (0,5 M) foram adicionados ao NaOH e tituladas com ácido clorídrico (HCl) 0,05 M utilizando fenolftaleína como indicador (ALEF; NANNIPIERI, 1995). O peso seco do solo para utilização nos cálculos de biomassa microbiana e respiração basal foi determinado a partir da pesagem de 10 g de solo em placa de Petri em duplicata, secagem em estufa a  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  e pesagem após 72h.

O carbono orgânico do solo foi quantificado seguindo a metodologia descrita em Mendonça; Matos (2005) adaptado de Yeomans; Bremner (1988), sendo a determinação da quantidade de matéria orgânica baseada na sua oxidação a  $\text{CO}_2$  por íons dicromato, em meio fortemente ácido e a determinação da quantidade de íons Cr(III) reduzidos por titulação dos íons dicromato em excesso com íons  $\text{Fe}^{2+}$ . O quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) foi determinado pela razão entre o C- $\text{CO}_2$  liberado pela respiração microbiana e o carbono da biomassa microbiana do solo (ANDERSON; DOMSCH, 1985). O quociente microbiano ( $q\text{MIC}$ ) foi calculado pela razão entre o CBM e o carbono orgânico do solo (CO) (POWLSON; PROOKES; CHRISTENSEN, 1987).

As atividades da  $\beta$ -glucosidase (EIVAZI; TABATABAI, 1988) e fosfatase (TABATABAI; BREMNER, 1969) foram determinadas pela liberação do p-nitrofenol após incubação do solo com os substratos específicos (p-nitrofenol- $\beta$ -D-glicopiranosídeo, p-nitrofenil fosfato, respectivamente). A atividade das enzimas foi

avaliada a 37 °C por 1h. A atividade da urease foi mensurada por determinação da amônia liberada após a incubação do solo com solução de uréia por 2h a 37 °C (KANDELER; GERBER, 1988).

### **3.4. Avaliação dos parâmetros micorrízicos**

Os glomerosporos foram extraídos do solo pela técnica de peneiramento úmido (GERDEMANN; NICOLSON, 1963), centrifugação em água e sacarose (JENKINS, 1964) e levados ao estereomicroscópio para contagem. A montagem do número mais provável (NMP) de propágulos infectivos de FMA foi feita utilizando uma amostra composta do solo coletado e das repetições dos tratamentos aplicados no experimento em casa de vegetação. Para avaliação do NMP foi adotada a técnica de diluição descrita em Feldmann; Idczak (1994), sendo as raízes avaliadas, após processo de coloração, quanto à presença e ausência de estruturas típicas dos FMA. Para a avaliação da colonização micorrízica, as raízes foram separadas do solo, lavadas e coradas seguindo a metodologia de Dalpé; Séguin (2013) e quantificadas pelo método de intersecção dos quadrantes (GIOVANETTI; MOSSE, 1980).

### **3.5. Análises estatísticas**

Os dados foram avaliados utilizando o programa R quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade pelo teste de Bartlett, como não apresentaram distribuição normal e nem homogeneidade das variâncias, foram submetidos e as médias comparadas pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016). A planilha com os dados de biomassa e atividade microbiana, colonização micorrízica e número de glomerosporos foi relativizada e utilizada na análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMS), e correlacionada com os parâmetros biométricos do meloeiro. A análise de permutação multivariada PERMANOVA foi utilizada para comparar os tratamentos, os quais foram considerados significativamente diferentes quando  $p < 0,00075$  seguindo a correção de Bonferoni para comparações múltiplas. Todas as análises multivariadas foram realizadas utilizando o programa PC-ORD 6.0 (MCCUNE, 2011).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Efeitos da adubação e do Penergetic em plantas de meloeiro (*Cucumis melo* L.)

No primeiro ciclo, foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos para todos os parâmetros avaliados (Tabela 5), sendo observado, em geral, maiores médias de crescimento nos tratamentos com aplicação de 100% de adubação NPK. A biomassa fresca e seca da parte aérea, fresca radicular, foram maiores no tratamento com 100% de adubação NPK (T2), no entanto, este tratamento não obteve diferença do tratamento T6 (100% de Adubação NPK+Penergetic® K e P) nos parâmetros de área foliar, número de folhas, comprimento da parte aérea e número de entrenós em relação aos tratamentos T1, T4 e T5, independente da aplicação do Penergetic®, indicando que a efetividade do Penergetic® não ocorreu quando associado à aplicação de adubação completa (Tabela 5).

**Tabela 5** - Biomassa seca e fresca aérea, biomassa fresca radicular, área foliar, número de folhas e entrenós e comprimento do ramo principal de plantas de meloeiro (*Cucumis melo* L.) no primeiro ciclo.

TRAT	Biomassa fresca radicular (g)	Biomassa Fresca aérea (g)	Biomassa Seca aérea (g)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Número de folhas	Número de entrenós	Comprimento do ramo principal (cm)
T1	0,93 c	3,36 c	0,66 c	223,71 b	8,25 c	11,75 c	32,87 c
T2	9,00 a	33,94 a	8,94 a	654,40 a	53,11 a	52,67 a	142,22 a
T3	3,52 b	19,21 b	5,60 b	504,26 a	30,00 b	39,67 b	100,33 b
T4	0,32 c	0,64 d	0,24 d	153,73 b	5,75 c	8,00 cd	15,75 d
T5	0,57 c	0,89 d	0,30 d	183,14 b	6,14 c	4,87 d	10,00 d
T6	5,04 b	23,77b	6,93 b	584,35 a	35,67 ab	49,55 ab	133,44 a

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo Teste Kruskal-Wallis a 5%. (T1): Controle; (T2): 100% de adubação NPK; (T3): 50% da adubação NPK+Penergetic® K e P; (T4): Penergetic® K e P; (T5): Penergetic® K; (T6): 100% de Adubação NPK+Penergetic® K e P. TRAT=Tratamentos.

FONTE: Rodrigues, M. E. B.

Em geral, o tratamento T3 somente diferiu do tratamento T6 no parâmetro comprimento do ramo principal e foi similar ao T2 somente na área foliar, indicando que a efetividade do Penergetic® ocorreu apenas com a aplicação de 50% de NPK.

Pode-se enfatizar que o T3 diferiu do controle em todas as variáveis e atuou de forma intermediária na maioria dos parâmetros.

A biomassa seca e fresca da parte aérea e o comprimento do ramo principal das plantas de meloeiro nos tratamentos com a adição de Penergetic® (T4 e T5) foi reduzida em relação ao controle, enquanto que os demais parâmetros não apresentaram diferenças significativas em relação ao controle (Tabela 5), indicando que a aplicação do Penergetic® isolada não foi efetiva nas condições testadas.

No segundo ciclo, a biomassa fresca e seca da parte aérea, a biomassa fresca radicular, a área foliar, o número de folhas, e o comprimento da parte aérea foram maiores nos tratamentos T2, T3 e T6 (tratamentos com adição de adubação), confirmando a influência da adubação no crescimento vegetal (Tabela 6). Os tratamentos T4 e T5 não diferiram do controle em todas as variáveis analisadas (Tabela 6).

**Tabela 6** - Biomassa seca e fresca aérea, biomassa fresca radicular, área foliar, clorofila, número de folhas e entrenós e comprimento do ramo principal de plantas de meloeiro (*Cucumis melo* L.) no segundo ciclo.

TRAT	Biomassa fresca radicular (g)	Biomassa Fresca aérea (g)	Biomassa Seca aérea (g)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Número de folhas	Número de entrenós	Comprimento do ramo principal (cm)
T1	1,61 b	6,17 b	1,21 b	317,44 b	13,89 b	20,55 cd	59,94 b
T2	6,74 a	26,83 a	4,10 a	574,18 a	39,89 a	23,89abc	115,41 a
T3	7,69 a	28,38 a	4,35 a	565,29 a	39,11 a	24,89 ab	121,99 a
T4	2,05 b	7,92 b	1,32 b	370,96 b	16,33 b	20,00 cd	64,55 b
T5	2,61 b	6,47 b	1,18 b	343,05 b	13,33 b	18,00 d	56,2 b
T6	7,11 a	33,21 a	4,21 a	573,51 a	34,78 a	25,00a	116,29 a

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo Teste Kruskal-Wallis a 5%. (T1): Controle; (T2): 100% de adubação NPK; (T3): 50% da adubação NPK+Penergetic® K e P; (T4): Penergetic® K e P; (T5): Penergetic® K; (T6): 100% de Adubação NPK+Penergetic® K e P. TRAT=Tratamentos.

FONTE: Rodrigues, M. E. B.

#### 4.2. Efeitos da adubação e do Penergetic na biomassa microbiana e atividade enzimática

No primeiro ciclo de cultivo, todos os parâmetros apresentaram diferença entre os tratamentos (Tabela 7). O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi maior para o tratamento T3 em relação ao T1, T2 e T5 e não diferiu dos tratamentos T4 e T6, demonstrando que a adição de Penergetic® P e K foi favorável ao aumento de CBM.

A respiração basal do solo (RBS) e o quociente metabólico ( $qCO_2$ ) foram maiores nos tratamentos T5 e T6 diferindo significativamente dos tratamentos T1, T3 e T4 (Tabela 7). Por outro lado, o Carbono orgânico total (COT) foi maior no controle em relação aos tratamentos T2, T4, T5 e T6, não diferindo do tratamento T3 (Tabela 7). O quociente microbiano ( $qMIC$ ) aumentou em todos os tratamentos aplicados em relação ao controle (Tabela 7).

**Tabela 7** - Carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo, carbono orgânico, quociente microbiano e quociente metabólico do primeiro ciclo de cultivo de meloeiro (*Cucumis melo* L.).

Tratamentos	CBM ( $\mu g$ de C/g de solo)	RBS ( $mg$ C-CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> solo)	Quociente metabólico ( $qCO_2$ )	COT (g/kg)	Quociente microbiano ( $qMIC$ )
T1	185,37 b	13,85 d	0,08 c	14,77 a	1,26 b
T2	199,62 b	26,01 bc	0,13 b	12,38 b	1,62 ab
T3	244,32 a	13,53 d	0,06 c	13,24 ab	1,85 a
T4	229,22 ab	17,94 cd	0,08 c	12,22 b	1,88 a
T5	193,84 b	35,50 ab	0,19 ab	11,99 b	1,63 ab
T6	220,28 ab	55,25 a	0,25 a	12,13 b	1,84 a

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo Teste Kruskal-Wallis a 5%. (T1): Controle; (T2): 100% de adubação NPK; (T3): 50% da adubação NPK+Penergetic P e K; (T4): Penergetic P e K; (T5): Penergetic K; (T6): 100% de adubação NPK+Penergetic P e K. CBM – Carbono da Biomassa Microbiana, RBS – Respiração Basal do Solo, COT - Carbono Orgânico Total.

FONTE: Rodrigues, M. E. B.

**Tabela 8** - Carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo, carbono orgânico, quociente microbiano e quociente metabólico do segundo ciclo de cultivo de meloeiro (*Cucumis melo* L.).

Tratamentos	CBM ( $\mu\text{g}$ de C/g de solo)	RBS (mg C-CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> solo)	Quociente metabólico (qCO <sub>2</sub> )	COT (g/kg)	Quociente microbiano (qMIC)
T1	167,75 a	11,36 c	0,07 b	14,27 a	1,18 a
T2	168,51 a	15,11 b	0,09 b	13,76 a	1,23 a
T3	181,38 a	16,02 b	0,09 b	13,61 ab	1,34 a
T4	180,81 a	13,76 bc	0,07 b	12,06 c	1,51 a
T5	164,94 a	24,41 a	0,15 a	12,22 c	1,36 a
T6	176,21 a	53,64 a	0,31 a	12,44 bc	1,42 a

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo Teste Kruskal-Wallis a 5%. (T1): Controle; (T2): 100% de adubação NPK; (T3): 50% da adubação NPK+Penergetic P e K; (T4): Penergetic P e K; (T5): Penergetic K; (T6): 100% de Adubação NPK+Penergetic P e K.

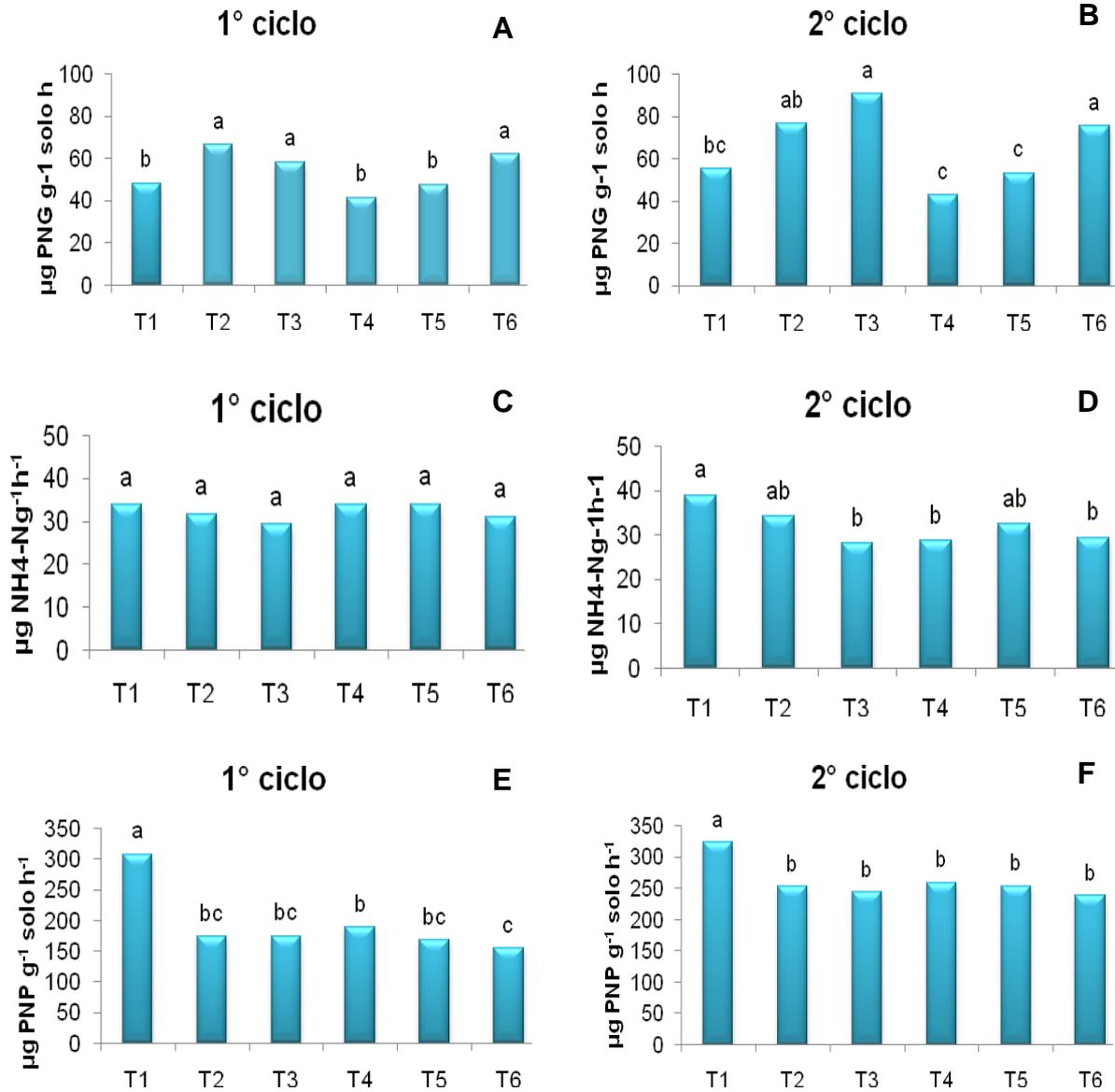
CBM – Carbono da Biomassa Microbiana, RBS – Respiração Basal do Solo, COT - Carbono Orgânico Total.

FONTE: Rodrigues, M. E. B.

No segundo ciclo de cultivo do meloeiro, diferenças estatísticas não foram observadas para o carbono da biomassa microbiana e quociente microbiano (qMIC). De modo geral, maiores taxas de respiração basal do solo e quociente metabólico foram observadas nos tratamentos T5 e T6 quando comparados com os demais tratamentos (Tabela 8). Por outro lado, maiores teores de carbono orgânico total (COT) foram observados nos tratamentos T1, T2 e T3 em relação aos demais, demonstrando uma redução do COT com a utilização do Penergetic® (Tabela 8).

Maior atividade da enzima  $\beta$ -glucosidase ocorreu nos tratamentos de adubação inorgânica nos dois ciclos (Figura 6). No primeiro ciclo a atividade da urease não diferiu significativamente entre os tratamentos, no entanto, no segundo ciclo houve redução da atividade desta enzima em todos os tratamentos aplicados, principalmente nos tratamentos com adição do Penergetic® (T3, T4, T5 e T6) (Figura 6). Nos dois ciclos de cultivo do meloeiro, a atividade da fosfatase ácida foi maior no tratamento controle (T1) em comparação aos demais (Figura 6).

**Figura 6** - Atividade das enzimas  $\beta$ -glucosidase (A e B), urease (C e D) e fosfatase ácida (E e F) no 1º e 2º ciclo de cultivo de meloeiro (*Cucumis melo* L.).

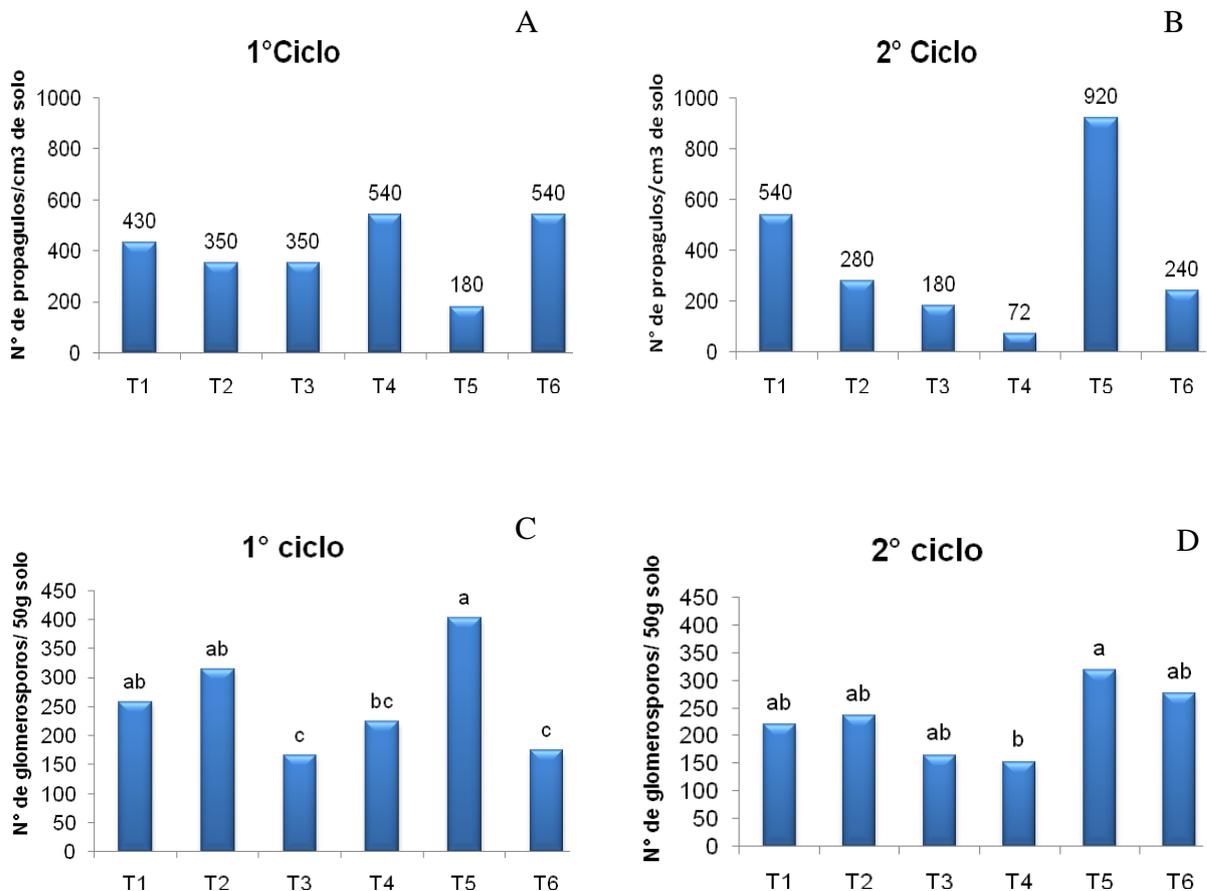


\*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste Kruskal-Wallis a 5%. (T1): Controle; (T2): 100% de adubação NPK; (T3): 50% da adubação NPK+Penergetic P e K; (T4): Penergetic P e K; (T5): Penergetic K; (T6): 100% de Adubação NPK+Penergetic P e K.

### 4.3. Efeitos da adubação e do Penegetic sobre os parâmetros micorrízicos

Com exceção dos tratamentos controle (T1) e Penegetic via solo (K) (T5), no segundo ciclo de cultivo houve redução do número mais provável (NMP) de propágulos infectivos de FMA (Figura 7). No primeiro ciclo de cultivo, os maiores valores de NMP de propágulos infectivos de FMA foram observados nos tratamentos T4 e T6, sendo os valores superiores ao controle. Entretanto, no segundo ciclo de cultivo, verifica-se que uso do Penegetic K (T5) aumentou em quase 50% o NMP de propágulos infectivos de FMA em relação ao controle (Figura 7).

**Figura 7** - Número mais provável de propágulos/cm<sup>3</sup> de solo (A e B) e número de glomerosporos/50 g solo (C e D) de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em dois ciclos de cultivo de meloeiro.

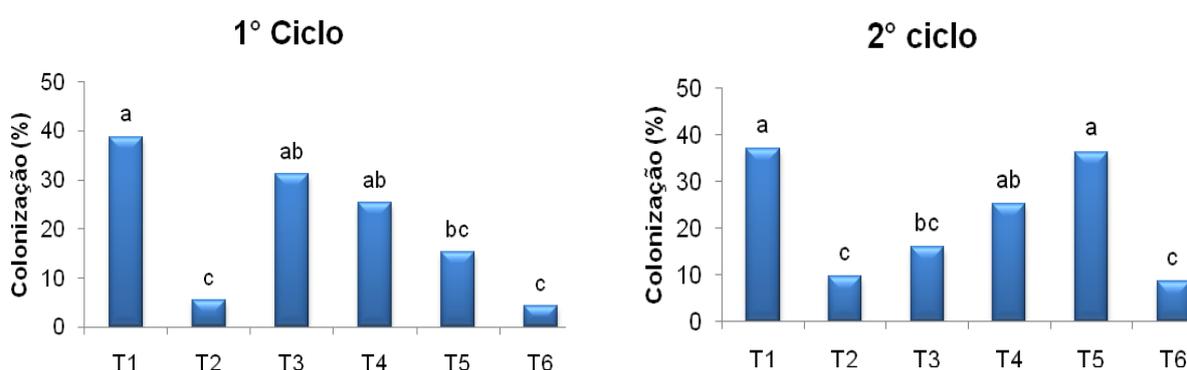


\*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste Kruskal-Wallis a 5%.  
 (T1): Controle; (T2): 100% de adubação NPK; (T3): 50% da adubação NPK+Penegetic P e K; (T4): Penegetic P e K; (T5): Penegetic K; (T6): 100% de Adubação NPK+Penegetic P e K.  
 FONTE: Rodrigues, M. E. B.

No primeiro ciclo, ocorreu redução no número de glomerosporos nos tratamentos T3 e T6 em relação ao T1, T2 e T5 e no segundo ciclo o tratamento T5 continuou apresentando maior esporulação em relação ao tratamento T4 (Figura 7 C e D).

A colonização micorrízica no primeiro ciclo foi maior no tratamento controle (T1) diferindo dos tratamentos com 100% de adubação NPK (T2 e T6) e Penergetic® K (T5) (Figura 9), demonstrando que aplicação de 100% de adubação NPK recomendada para a cultura do meloeiro não foi favorável ao desenvolvimento da colonização radicular. No segundo ciclo, os tratamentos não adubados (T1 e T5) apresentaram as maiores taxas de colonização micorrízica quando comparados aos tratamentos T2, T3 e T6 (Figura 8).

**Figura 8** - Colonização micorrízica em plantas de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em dois ciclos de cultivo.



\*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste Kruskal-Wallis a 5%. (T1): Controle; (T2): 100% de adubação NPK; (T3): 50% da adubação NPK+Penergetic P e K; (T4): Penergetic P e K; (T5): Penergetic K; (T6): 100% de Adubação NPK+Penergetic P e K.

FONTE: Rodrigues, M. E. B.

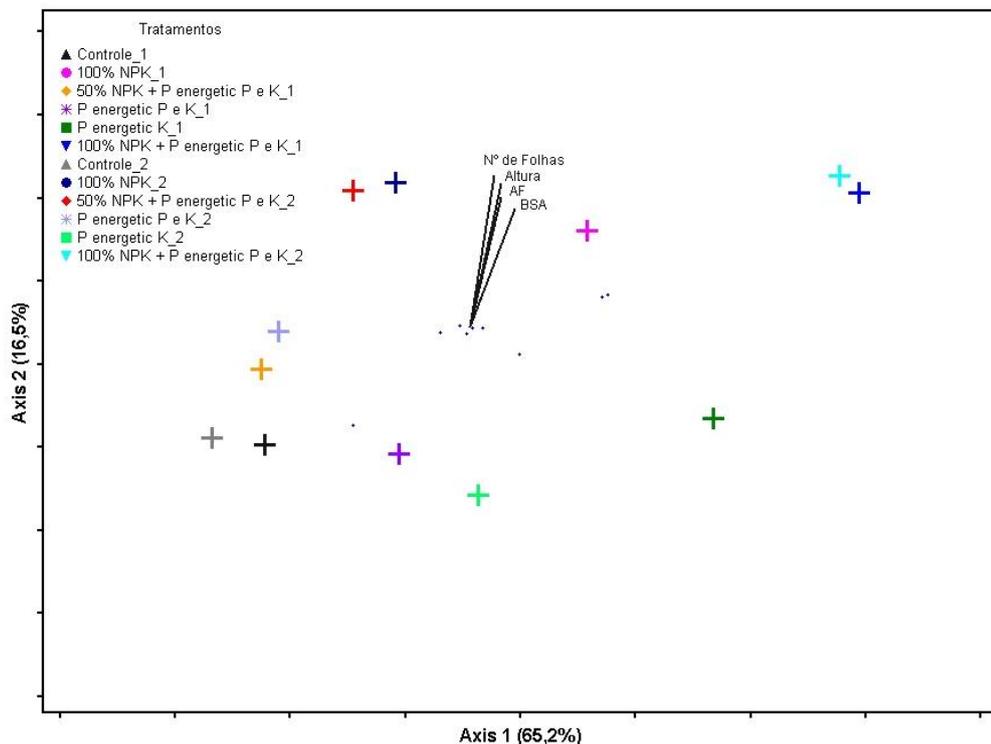
#### **4.4. Efeito da adubação sobre os parâmetros biométricos de plantas de meloeiro, biomassa e atividade microbiana do solo e parâmetros micorrízicos (análise multivariada)**

Os eixos da análise de escalonamento multidimensional - NMS (*non-metric multidimensional scaling*) explicaram aproximadamente 82% da variabilidade dos dados. Os eixos 1 e 2 da ordenação explicaram 65,2 e 16,5% da variabilidade dos dados, respectivamente (Figura 10). A análise de MDS mostrou que os tratamentos

adubados diferem dos não adubados e que os fatores de crescimento da planta (número de folhas, altura, área foliar e biomassa seca aérea) foram positivamente correlacionados com o eixo 2 (Figura 9).

Pela análise de PERMANOVA todos os tratamentos de adubação e aplicação do Penergetic diferiram entre si ( $p < 0,00075$ ; correção de Bonferroni), exceto para os tratamentos: Controle\_1 e Controle\_2, Controle\_1 vs. Penergetic P e K\_2, 100% NPK\_1 vs. Penergetic K\_1, 50% NPK + Penergetic P e K\_1 vs. Penergetic P e K\_1, Penergetic P e K\_1 vs. Penergetic P e K\_2 e 100% NPK\_2 vs. 50% NPK + Penergetic P e K\_2 ( $p > 0,00075$ ; correção de Bonferroni) (Tabela 9).

**Figura 9** - Escalonamento multidimensional não métrico baseado na biomassa, atividade micorrízica e microbiana do solo nos dois ciclos de cultivo. Os pontos representam os centroides.



(T1): Controle; (T2): 100% de adubação NPK; (T3): 50% da adubação NPK+Penergetic K e P; (T4): Penergetic K e P; (T5): Penergetic K; (T6): 100% de adubação NPK+Penergetic K e P.

Nfolhas = número de folhas; BSA = biomassa seca da parte aérea; AF = área foliar; BFA = biomassa fresca da parte aérea; altura = comprimento dos ramos.

FONTE: Rodrigues, M. E. B.

**Tabela 9** - Análise de Permutação multivariada entre os tratamentos de adubação e aplicação do bioestimulante Penergetic.

Fonte	d.f.	SS	MS	F	p*
<b>Tratamentos</b>	11	1,7839	0,1621	18,218	0,0001
<b>Residual</b>	96	0,8545	0,0089		
<b>Total</b>	107	2,6385			
<b>Comparações múltiplas</b>					
<b>Tratamento vs. Tratamento</b>				<b>t</b>	<b>p</b>
Controle_1 vs. 100% NPK_1				4.2533	0.000100
Controle_1 vs. 50% NPK + Penergetic P e K_1				3.4330	0.000100
Controle_1 vs. Penergetic P e K_1				2.6582	0.000300
Controle_1 vs. Penergetic K_1				4.5081	0.000100
Controle_1 vs. 100% NPK + Penergetic P e K_1				7.5338	0.000100
<b>Controle_1 vs. Controle_2</b>				<b>1.0567</b>	<b>0.353500</b>
Controle_1 vs. 100% NPK_2				3.3004	0.000200
Controle_1 vs. 50% NPK + Penergetic P e K_2				3.5087	0.000100
<b>Controle_1 vs. Penergetic P e K_2</b>				<b>2.1899</b>	<b>0.000800</b>
Controle_1 vs. Penergetic K_2				2.6477	0.000700
Controle_1 vs. 100% NPK + Penergetic P e K_2				6.8574	0.000200
100% NPK_1 vs. 50% NPK + Penergetic P e K_1				4.1393	0.000200
100% NPK_1 vs. Penergetic P e K_1				2.6510	0.000200
<b>100% NPK_1 vs. Penergetic K_1</b>				<b>2.2874</b>	<b>0.001600</b>
100% NPK_1 vs. 100% NPK + Penergetic P e K_1				3.8063	0.000100
100% NPK_1 vs. Controle_2				5.0305	0.000100
100% NPK_1 vs. 100% NPK_2				2.7254	0.000100
100% NPK_1 vs. 50% NPK + Penergetic P e K_2				3.1694	0.000100
100% NPK_1 vs. Penergetic P e K_2				3.5561	0.000200
100% NPK_1 vs. Penergetic K_2				3.5127	0.000100
100% NPK_1 vs. 100% NPK + Penergetic P e K_2				4.2591	0.000100
<b>50% NPK + Penergetic P e K_1 vs. Penergetic P e K_1</b>				<b>1.9206</b>	<b>0.005000</b>
50% NPK + Penergetic P e K_1 vs. Penergetic K_1				4.9281	0.000200
50% NPK + Penergetic P e K_1 vs. 100% NPK + Penergetic P e K_1				7.3798	0.000100
50% NPK + Penergetic P e K_1 vs. Controle_2				3.9847	0.000200
50% NPK + Penergetic P e K_1 vs. 100% NPK_2				4.6537	0.000100
50% NPK + Penergetic P e K_1 vs. 50% NPK + Penergetic P e K_2				3.9366	0.000200
50% NPK + Penergetic P e K_1 vs. Penergetic P e K_2				2.4163	0.000100
50% NPK + Penergetic P e K_1 vs. Penergetic K_2				4.4777	0.000200
50% NPK + Penergetic P e K_1 vs. 100% NPK + Penergetic P e K_2				8.1559	0.000200
Penergetic P e K_1 vs. Penergetic K_1				3.0591	0.000100
Penergetic P e K_1 vs. 100% NPK + Penergetic P e K_1				4.9776	0.000300
Penergetic P e K_1 vs. Controle_2				3.3321	0.000200
Penergetic P e K_1 vs. 100% NPK_2				3.1139	0.000100
Penergetic P e K_1 vs. 50% NPK + Penergetic P e K_2				2.9120	0.000100
<b>Penergetic P e K_1 vs. Penergetic P e K_2</b>				<b>1.7754</b>	<b>0.018200</b>
Penergetic P e K_1 vs. Penergetic K_2				2.9686	0.000100
Penergetic P e K_1 vs. 100% NPK + Penergetic P e K_2				5.5376	0.000100

**Cont. Tabela 9.** Análise de Permutação multivariada entre os tratamentos de adubação e aplicação do bioestimulante Penergetic.

<b>Tratamento vs. Tratamento</b>	<b>t</b>	<b>p</b>
Penergetic K_1 vs. 100% NPK + Penergetic P e K_1	3.3280	0.000400
Penergetic K_1 vs. Controle_2	5.4165	0.000100
Penergetic K_1 vs. 100% NPK_2	4.3517	0.000100
Penergetic K_1 vs. 50% NPK + Penergetic P e K_2	4.6555	0.000100
Penergetic K_1 vs. Penergetic P e K_2	4.2011	0.000100
Penergetic K_1 vs. Penergetic K_2	2.9721	0.000200
Penergetic K_1 vs. 100% NPK + Penergetic P e K_2	3.6269	0.000200
100% NPK + Penergetic P e K_1 vs. Controle_2	8.7069	0.000100
100% NPK + Penergetic P e K_1 vs. 100% NPK_2	6.4779	0.000100
100% NPK + Penergetic P e K_1 vs. 50% NPK + Penergetic P e K_2	6.5713	0.000100
100% NPK + Penergetic P e K_1 vs. Penergetic P e K_2	6.2565	0.000200
100% NPK + Penergetic P e K_1 vs. Penergetic K_2	6.2532	0.000200
100% NPK + Penergetic P e K_1 vs. 100% NPK + Penergetic P e K_2	2.6724	0.000100
Controle_2 vs. 100% NPK_2	3.6751	0.000200
Controle_2 vs. 50% NPK + Penergetic P e K_2	3.8966	0.000100
Controle_2 vs. Penergetic P e K_2	2.6018	0.000100
Controle_2 vs. Penergetic K_2	3.2143	0.000200
Controle_2 vs. 100% NPK + Penergetic P e K_2	7.8454	0.000100
<b>100% NPK_2 vs. 50% NPK + Penergetic P e K_2</b>	<b>1.3719</b>	<b>0.102200</b>
100% NPK_2 vs. Penergetic P e K_2	2.7377	0.000500
100% NPK_2 vs. Penergetic K_2	3.9608	0.000100
100% NPK_2 vs. 100% NPK + Penergetic P e K_2	5.6866	0.000300
50% NPK + Penergetic P e K_2 vs. Penergetic P e K_2	2.3906	0.000100
50% NPK + Penergetic P e K_2 vs. Penergetic K_2	3.9913	0.000200
50% NPK + Penergetic P e K_2 vs. 100% NPK + Penergetic P e K_2	5.7667	0.000100
Penergetic P e K_2 vs. Penergetic K_2	2.9943	0.000100
Penergetic P e K_2 vs. 100% NPK + Penergetic P e K_2	6.0087	0.000100
Penergetic K_2 vs. 100% NPK + Penergetic P e K_2	5.4869	0.000100

Comparações destacadas em negrito não diferem pelo teste de PERMANOVA, considerando a correção de Bonferroni ( $p > 0,00075$ ).

FONTE: Rodrigues, M. E. B.

## 5. DISCUSSÃO

Por terem sido cultivadas em vasos de 2,5 L, as plantas deste estudo apresentaram em média 654,40 cm<sup>2</sup> de área foliar, 53 folhas/planta e 142,22 cm de comprimento do ramo principal nos tratamentos adubados, indicando uma tendência a investirem em crescimento primário pelas limitadas condições de espaço. Mesmo assim, observa-se que, proporcionalmente, as plantas deste estudo apresentaram maior desenvolvimento quando comparadas com as plantas de meloeiro hib. Mandacaru do estudo de Melo et al. (2017), que foram cultivadas em vasos de 5 L em ambiente protegido, fertilizadas semanalmente com solução nutritiva. No referido estudo as plantas apresentaram médias de 22 folhas/planta, 64 cm de comprimento do ramo principal e 894,7 cm<sup>2</sup> de área foliar.

Nos tratamentos não adubados as plantas apresentaram os menores valores biométricos, isso pode ser devido ao fato de o melão ser uma das cucurbitáceas exigentes em relação à adubação (OLIVEIRA et al., 2010). Assim, a fertilidade natural do solo utilizado no experimento não foi suficiente para proporcionar pleno desenvolvimento vegetal.

Não há na literatura científica trabalhos com utilização do Penergetic® para cultura do meloeiro, no entanto, Cobucci; Nascente; Lima (2015) relatam que a aplicação do Penergetic® independente da combinação com a dose de fósforo proporcionou maiores valores de produtividade de grãos do feijoeiro. No entanto, os benefícios da aplicação do Penergetic® nos parâmetros biométricos das plantas de meloeiro não foram observados, semelhantemente a Ceribolla (2015) que verificou que a produção de grãos, a produção total de fitomassa e o rendimento de plantas de soja (*Glycine max* L. cv. BRAXMAX 7166RSF IPRO) não foram afetados pelo produto comercial Penergetic®.

A utilização de outros bioestimulantes são relatados na literatura para a cultura do meloeiro, como a aplicação de biopolímero vegetal, como peptídeos e lignosulfonatos (Quik-Link®), que proporcionou aumento na superfície radicular, na biomassa seca da raiz (1,94g) e desencadeou acúmulo de vários metabólitos envolvidos em mecanismos de defesa contra estresses bióticos e abióticos em plantas de meloeiro cultivadas em casa de vegetação (LUCINI et al., 2018).

Negreiros (2015) testou formulações e doses de aplicação de *Lithothamnium* (Lit) (alga calcária) em plantas de meloeiro cv. 'Glacial RZ' cultivadas em vasos (1

Kg), observaram que a dose de 1 Kg ha<sup>-1</sup> deste produto na forma de nanopartícula resultou em maior altura de planta (18,24 cm), maior peso fresco da parte aérea (3,81 g) e maior peso fresco da raiz (3,11 g) em relação aos demais tratamentos. Outro bioestimulante a base de extrato de alga *Ascophyllum nodosum* L. - Acadian®, proporcionou aumento nas médias dos parâmetros biométricos em plantas de meloeiro cv. 'Glacial RZ', as doses 3 e 4 mL L<sup>-1</sup> foram mais favoráveis, resultando em maiores médias para comprimento da parte aérea (18,49 g), peso fresco da parte aérea (2,61 g), comprimento da raiz (24,6 g), peso fresco da raiz (2,32 g) e peso seco da raiz (0,318 g), entretanto as doses de 1 e 2 mL L<sup>-1</sup> não diferiram do controle e a dose de 5 mL L<sup>-1</sup> provocou redução nos parâmetros avaliados (MENDONÇA JÚNIOR, 2015).

Geralmente, os trabalhos com bioestimulantes testam doses, e em muitos casos, conseguem observar diferenças entre as doses aplicadas; no entanto, no presente estudo testamos apenas o efeito da adição da dose recomendada pelo fabricante do Penergetic® em estudo de campo, o que poderia explicar, em parte, a falta de diferença entre o controle e os tratamentos com o Penergetic®.

O produto Penergetic® é composto predominantemente pelo elemento benéfico silício, que é categorizado como bioestimulante (SAVVAS; NTATSI, 2015). Neste sentido, Ferreira (2009) testando doses de silício no controle de mancha aquosa (*Citrullus lanatus* (Thumb.) Matsum; Nakai) em meloeiro (*Cucumis melo* L. híbrido AF 4945) observou que os parâmetros de crescimento (altura, matéria seca da parte aérea, matéria fresca da raiz e parte aérea) aumentaram de acordo com o aumento das doses de silício. Outros trabalhos também foram encontrados na literatura com foco da aplicação de bioestimulantes para o aumento dos benefícios pós-colheita dos frutos de meloeiro (GÓES, 2015; GOIS, 2016; REIS et al. 2017; AROUCHA et al. 2018); entretanto, no presente estudo apenas o crescimento inicial das plantas foi avaliado.

O tratamento com 50% da adubação proporcionou efeitos similares ao da adubação completa nos parâmetros biométricos da planta, o que sugere que a metade da adubação é suficiente para suprir a demanda nutricional das cultivares de meloeiro utilizadas. Considerando ainda que o tratamento com 100% de adubação e adição do Penergetic® não tiveram diferenças significativas em relação aos demais tratamentos adubados, pode-se concluir que, possivelmente, o efeito do tratamento com 50% da adubação+Penergetic seja proporcionado pela aplicação NPK. Este

fato pode ser constatado nos trabalhos de Martuscelli et al. (2016) e Silva et al. (2014), que demonstraram que a adubação aplicada nas plantas de meloeiro proporciona maior aporte de nutrientes nas plantas, aumentando o desenvolvimento e a produtividade.

Considerando que em nosso estudo o experimento foi em ambiente protegido, embora a dose de 100% de NPK não tenha causado fitotoxidez, também não resultou em respostas positivas em produção quando comparada ao tratamento com 50% de adubação, ao qual este tratamento de 50% de adubação apresentou um nível ótimo e obteve os mesmos resultados. Ressalta-se que a base utilizada para o cálculo de recomendação é uma aproximação e em razão das características edafoclimáticas e da cultivar utilizada tem-se menor ou maior distância entre a recomendação e o que de fato as plantas necessitam para o balanço nutricional. Desse modo, outras formas de recomendação são estudadas para melhor atender a demanda nutricional da cultura (DEUS et al. 2015).

No presente estudo, a adição de adubação completa com o Penergetic® (P e K) e a aplicação isolada do Penergetic® (K) resultou em aumento da RBS e do quociente metabólico, indicando que nesses tratamentos tenha ocorrido rápida transformação da matéria orgânica, com perda de carbono orgânico para a atmosfera, sugerindo uma biomassa microbiana pouco eficiente na utilização do carbono (PRIMIERI; MUNIZ; LISBOA, 2017; SANTOS; MAIA, 2013).

Esse fato pode ter sido sobrepujado pela aplicação do Penergetic® (K) que tem função de acelerar a decomposição da matéria orgânica e, portanto, ter acarretado um valor de quociente metabólico expressivo quando aplicado isoladamente. Ressalta-se que a aplicação conjunta da adubação e do Penergetic® pode ter tido efeito sinérgico positivo, considerando os valores superiores encontrados no tratamento T6. A adição de 100% de adubação NPK pode ter sido um “consumo de luxo” para a planta e, embora levado ao aumento de biomassa vegetal, pode ter contribuído para maior perda de carbono microbiano. Tal fato não é considerado ideal em sistemas de produção, pois a alta demanda de C deve ser compensada, especialmente nos sistemas com menor oferta de C (INSAM; MITCHELL; DORMAAR, 1991). Esses resultados podem indicar alto requerimento energético da microbiota ou que esse manejo ocasionou alterações na composição da comunidade microbiana do solo (e.g. mudança na relação bactéria/fungo),

causando algum desequilíbrio ou estresse, como sugerido por Anderson; Domsch (1993) e Geisseler; Scow (2014).

Por outro lado, no primeiro ciclo de cultivo do meloeiro constatou-se que a metade da adubação com a utilização do Penergetic® (P e K) aumentou o carbono da biomassa microbiana, proporcionou menor respiração basal e quociente metabólico em relação aos tratamentos com adubação completa, sugerindo ser um tratamento favorável à microbiota, com menor perda de C no sistema e proporcionando pleno desenvolvimento vegetal, principalmente no segundo ciclo.

Su et al. (2015) observaram que solos cultivados com arroz que receberam fertilização (N, NP, NK ou NPK) apresentaram valores de CBM significativamente superiores ao controle, e o tratamento com NPK proporcionou maior atividade da urease, enquanto maior atividade da fosfatase foi registrada no tratamento que recebeu apenas a aplicação de N em relação aos demais tratamentos. Os autores sugerem que a fertilização inorgânica balanceada é benéfica para a comunidade microbiana do solo, em razão dos fertilizantes induzirem mudanças na comunidade microbiana que podem acelerar a ciclagem de nutrientes no solo.

As enzimas  $\beta$ -glucosidase, fosfatase e urease são amplamente distribuídas na natureza, bastante sensíveis ao meio ambiente e às mudanças do uso do solo (ADENTUNJI et al. 2017). A atividade da  $\beta$ -glucosidase pode ter sido maior devido ao aporte do crescimento da cultura do meloeiro, possivelmente devido ao incremento na biomassa radicular das plantas adubadas. Tal aumento pode ter incrementado a quantidade de pelos radiculares e conseqüentemente a rizodeposição, pois segundo Ma et al. (2018) a atividade enzimática pode ser influenciada por estes fatores, visto que a atividade da  $\beta$ -glucosidase é mais pronunciada em raízes com maior densidade de pelos radiculares e maior quantidade de exsudatos liberados, sugerindo que micro-organismos de crescimento rápido consumiriam prontamente estas substâncias, aumentando a atividade da decomposição nessa zona.

Veres et al. (2015) realizaram a manipulação das frações da serrapilheira e observaram que a exclusão da presença das raízes no solo com barreiras impenetráveis em floresta decídua foi determinante para redução da atividade da enzima  $\beta$ -glucosidase, o que confirma os resultados do presente estudo apresentando menor atividade dessa enzima nos tratamentos com menor biomassa radicular.

Observou-se que a atividade da enzima fosfatase foi maior no tratamento controle para as duas cultivares de melão, sendo uma característica dessa enzima reduzir sua atividade quando o seu produto de reação está facilmente disponível, controlando a secreção pela planta (KAI et al., 2002). Esses resultados são semelhantes aos observados por Zhang et al. (2015), que atribuíram essas diferenças ao fato de que em solos limitados por fósforo (P), a fosfatase do solo pode mineralizar o P da matéria orgânica e deixá-lo mais disponível à planta, o que poderia explicar a razão de esta atividade no solo ter sido maior sob o tratamento controle em relação aos demais tratamentos, indicando que o Penergetic® auxilia na disponibilização do fósforo.

A fertilização pode acelerar a ciclagem de C no solo em longo prazo (SU et al., 2015) e a atividade da fosfatase é positivamente correlacionada com os teores de carbono do solo (BUSATO et al., 2016), sendo que os resultados obtidos no presente estudo explica esta relação, visto que houve maior média no tratamento controle para o COT.

Similarmente à fosfatase, a atividade da urease no segundo ciclo foi reduzida com a aplicação da adubação e do Penergetic®, sendo maior no tratamento controle, entretanto, a literatura relata que sua expressão geralmente está subordinada a regulação do N, no qual a presença de NH<sub>4</sub> impede a síntese da urease e na presença de ureia ou uma fonte alternativa de N a produção dessa enzima é ativa (ADENTUNJI et al. 2017).

No estudo de Wang et al. (2018) foi observado que a fertilização com extrato de algas resultava em grande variação na estrutura da comunidade bacteriana em aproximadamente 60 dias, sendo sugerido pelos autores que essa mudança pode ter facilitado a decomposição da substância aplicada acarretando em aumento do rendimento da cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill). Essas mudanças na comunidade podem ter ocorrido no presente estudo e aumentado a disponibilidade de nutrientes levando em consideração que tanto aplicação da adubação como do Peneregtic® reduziram as atividades da fosfatase e urease.

A aplicação do Penergetic® (P), de acordo com o fabricante, contribui para o aumento da taxa de fotossíntese pela planta e o aumento desta taxa pode gerar incremento na produção de exsudatos pelas raízes, no qual este pode causar uma perda de carbono no solo através da liberação de compostos orgânicos que facilitam o acesso microbiano a compostos previamente protegidos de minerais (KEILUWEIT

et al., 2015). Do mesmo modo, alterações na liberação destas substâncias no solo pode causar mudanças na comunidade de FMA (COLODETE et al., 2013), fato que explicaria a variação no resultado encontrado no número de propágulos infectivos dos fungos micorrízicos arbusculares, uma vez que as espécies de FMA possuem ciclos de vida distintos e diferentes estratégias de colonização e esporulação (ESKANDARI; DANESH, 2010; HART; READER, 2002; HART; READER; KLIRONOMOS, 2001).

No segundo ciclo de cultivo do meloeiro a aplicação isolada do Penergetic® (K) resultou em aumento no número de propágulos infectivos de FMA, sugerindo efeito residual da aplicação do primeiro ciclo, tendo em vista que no primeiro ciclo este tratamento apresentou o menor valor de NMP de FMA. Trabalhos com aplicação deste produto sobre os parâmetros micorrízicos não foram encontrados na literatura, sugerindo estudos com outras espécies de plantas e condições ambientais visando entender o mecanismo de atuação do bioestimulante.

A aplicação do Penergetic® (K) provavelmente promoveu mudanças na comunidade microbiana favorecendo organismos de rápido crescimento que tendem a respirar mais e isso também se aplica para o caso dos FMA que apresentaram maior esporulação nesse tratamento em relação aos demais. Nos poucos trabalhos relatados na literatura não há um padrão nos efeitos dos bioestimulantes sobre os parâmetros micorrízicos, indicando ainda mais a importância de se entender essa dinâmica.

No presente trabalho, nos dois ciclos de cultivo houve redução da esporulação dos FMA em relação ao controle com a aplicação conjunta do Penergetic® (K+P), com ou sem adubação. Outros bioestimulantes (*i.e.* BOOSTER® Mo - a base de micronutrientes, reguladores de crescimento e extrato de algas) encontrados no mercado foram testados, demonstrando que o aumento na concentração reduzia o número de esporos em área de cultivo de melão (*C. melo* híbrido 10/00) (Silva, 2017). Por outro lado, Nobre et al. (2013) testaram doses de aplicação de ácido húmico (0, 20, 40 e 80 mg CL<sup>-1</sup>) em cultivo “*in vitro*” de *Lunaria cruciata* (L.) Dumort. ex Lindb. e observaram que a produção de glomerosporos de *Glomus proliferum* Dalpé & Declerck foi mais pronunciada nas doses de 20 e 80 mg C L<sup>-1</sup> (199 esporos/placa), demonstrando efeito desta substância sobre a esporulação.

Em nosso estudo, o efeito do bioestimulante no primeiro ciclo, no tratamento com Penergetic® (K), reduziu tanto a colonização micorrízica como o número de propágulos infectivos de FMA. Os efeitos da aplicação de bioestimulante, dentre estes as substâncias húmicas, sobre a colonização micorrízica podem variar, incluindo ausência de diferenças significativas na colonização micorrízica com adição destes bioestimulantes, levando Nikbakht et al. (2014) a sugerirem que o efeito destas substâncias pode variar em função da fase do ciclo de vida do fungo.

Em ambos os ciclos, constatou-se efeito pronunciado da adubação na redução da colonização micorrízica, possivelmente devido ao maior teor de nutrientes no solo proporcionado pela adubação, afetando a simbiose. Este fato foi observado no estudo de Ziane et al. (2017), que verificaram impacto negativo na colonização micorrízica com aplicação de 50 e 100% de NPK em experimento de campo com plantas de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Isma F1).

A menor colonização micorrízica nos tratamentos adubados comprova o efeito negativo proporcionado pelo aumento da fertilidade do solo nesse parâmetro, uma vez que diversos estudos têm mostrado que o aumento no fornecimento mineral (principalmente P) afeta negativamente a formação da simbiose micorrízica (SMITH; SMITH, 2012) e modula as interações da planta com o FMA (SARABIA et al., 2017). O fósforo é um dos principais elementos que afetam a formação da simbiose, e em alta disponibilidade no solo pode reduzir a colonização e a esporulação (SILVA et al., 2015), desse modo, Oliveira et al. (2017) observaram que a colonização micorrízica e a produção de glomerosporos reduzem linearmente com a adição de P nas espécies vegetais estudadas.

Considerando a análise NMS, observamos que os parâmetros biométricos da planta foram favorecidos pela adubação NPK com diferenças marcantes entre os tratamentos adubados e não adubados. Duas cultivares de meloeiro foram utilizadas neste estudo, no primeiro ciclo foi utilizada a cultivar híbrido Mandacaru e no segundo ciclo a cultivar Glacial F1. Desta forma, foi possível observar que as duas cultivares não diferiram no tratamento controle, mostrando que nas condições de fertilidade natural do solo as duas cultivares apresentam respostas similares.

De modo geral, as cultivares responderam de forma distinta aos tratamentos de adubação e/ou adição de Penergetic® ao solo, exceto para o tratamento Penergetic® (K e P) (T4) que não diferiram entre as cultivares. Esses resultados indicam que as cultivares podem diferir na sua demanda nutricional e indicam que

seria interessante testar doses de fertilizante e bioestimulante para determinar os níveis ideais dessas substâncias que proporcionem tanto o desenvolvimento vegetal como uma melhoria na qualidade do solo para que haja uma agricultura mais sustentável.

## 6. CONCLUSÕES GERAIS

O presente estudo demonstra que a adubação convencional incrementa os parâmetros biométricos do meloeiro e a atividade da enzima  $\beta$ -glucosidase. O efeito do Penergetic ocorre apenas quando associado à adubação, indicando que o uso do bioestimulante deve ser realizado em associação com adubação, entretanto, o uso de 100% de adubação NPK reduz a colonização micorrízica e a atividade da enzima fosfatase, sugerindo que seu uso deve ser feito de forma equilibrada e de acordo com as reais necessidades da cultura.

A utilização isolada do Penergetic® (K) e de 100% de adubação NPK + Penergetic® (P e K) não são vantajosas para agricultura por aumentar a perda de carbono para atmosfera e resultar em uma biomassa menos eficiente na imobilização do carbono. Nas condições testadas, a utilização do Penergetic® afeta negativamente os parâmetros micorrízicos (número de glomerosporos, colonização micorrízica) e a atividade enzimática do solo, não sendo recomendado seu uso para estimular a associação micorrízica no solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADETUNJI, A. T. et al. The biological activities of  $\beta$ -glucosidase, phosphatase and urease as soil quality indicators: a review. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 17, n. 3, p. 794–807, 2017.
- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry**. Academic Press, 1995.
- ALI, M. M. et al. The comparative efficiency of a brown algal-derived biostimulant extract (AMPEP), with and without supplemented PGRs: the induction of direct, axis shoots as applied to the propagation of vegetative seedlings for the successful mass cultivation of three c. **Journal of Applied Phycology**, p. 1–7, 2017.
- ALMEIDA, A. DA S. et al. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, p. 501–510, 2011.
- ALMEIDA, D. **Manual de culturas hortícolas**. 1. ed. Lisboa: Editorial presença, 2006.
- ALMEIDA, D. et al. Carbono, nitrogênio e fósforo microbiano do solo sob diferentes coberturas em pomar de produção orgânica de maçã no sul do Brasil. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 1069–1077, 2009.
- ALVES, T. DOS S. et al. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 341–347, 2011.
- ANDERSON, T.; DOMSCH, K. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> (qCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 3, p. 393–395, 1993.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Maintenance carbon requirements of actively-metabolizing microbial populations under in situ conditions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 17, n. 2, p. 197–203, 1985.
- ANGELOTTI, F.; COSTA, N. D. **Sistema de Produção de Melão**. 2010. Disponível em: <[http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema\\_producao/spmelao/clima.html](http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmelao/clima.html)>. Acesso em: Jan. 2018.
- ARAÚJO, J. L. P.; CORREIA, R. C. **Sistema de Produção de Melão**. 2010 Disponível em: <[http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema\\_producao/spmelao/mercado.html](http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmelao/mercado.html)>. Acesso em: Jan. 2018.
- ARAÚJO, V. F. DA S.; CAMPOS, D. F. A Cadeia Logística do Melão Produzido no Agropolo Fruticultor Mossoró / Açu. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 42, n. 3, p. 505–530, 2011.
- ARIOLI, T.; MATTNER, S. W.; WINBERG, P. C. Applications of seaweed extracts in Australian agriculture: past, present and future. **Journal of Applied Phycology**, v. 27, n. 5, p. 2007–2015, 2015.
- AROCHA, E. M. M. et al. Pre-Harvest Application of Plant Biostimulant on the Quality and Shelf-Life of Yellow Melon (*Cucumis melo* L.). **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 2, p. 252–259, 2018.
- ASSIS, R. T. DE et al. Novas tecnologias para a agricultura brasileira. **Circular Técnica**. Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas (ISAH), Araxá - MG,

2014.

BACH, E. M. et al. The Scientific Naturalist. **Ecology**, v. 99, n. 4, p. 978–980, 2018.

BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos Húmicos. **Revista Ceres**, v. 61, p. 856–881, 2014.

BALDRIAN, P. Distribution of Extracellular Enzymes in Soils: Spatial Heterogeneity and Determining Factors at Various Scales. **Soil Science Society of America Journal**, v. 78, n. 1, p. 11, 2014.

BATTACHARYYA, D. et al. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 39–48, 2015.

BAUM, C.; EL-TOHAMY, W.; GRUDA, N. Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: A review. **Scientia Horticulturae**, v. 187, p. 131–141, 2015.

BENDER, S. F.; CONEN, F.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A. Mycorrhizal effects on nutrient cycling, nutrient leaching and N<sub>2</sub>O production in experimental grassland. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 80, p. 283–292, 2015.

BERRUTI, A. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: Let's benefit from past successes. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, n. JAN, p. 1–13, 2016.

BETTIOL, W. Leite de Vaca Cru para o Controle de Oídio. **Comunicado Técnico Embrapa**, v. 14, p. 1–3, 2004.

BHARATH, B. et al. Biofertilizing efficiency of Sargassum polycystum extract on growth and biochemical composition of Vigna radiata and Vigna mungo. **Asian Pacific Journal of Reproduction**, v. 7, n. 1, p. 27, 2018.

BINSFELD, J. A. et al. USO de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 88–94, 2014.

BŁOŃSKA, E.; LASOTA, J.  $\beta$ -Glucosidase Activity of Forest Soil as an Indicator of Soil Carbon Accumulation. In: **Soil Biological Communities and Ecosystem Resilience**. Springer, Cham, 2017. p. 253-263.

BÖLSCHER, T. et al. Differences in substrate use efficiency: impacts of microbial community composition, land use management, and substrate complexity. **Biology and Fertility of Soils**, v. 52, n. 4, p. 547–559, 2016.

BONA, E. et al. Combined bacterial and mycorrhizal inocula improve tomato quality at reduced fertilization. **Scientia Horticulturae**, v. 234, n. February, p. 160–165, 2018.

BROWN, P.; SAA, S. Biostimulants in agriculture. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 671, 2015.

BRUNDRETT, M. C.; TEDERSOO, L. Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. **New Phytologist**, 2018.

BÜCKING, H.; MENSAH, J. A.; FELLBAUM, C. R. Common mycorrhizal networks and their effect on the bargaining power of the fungal partner in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Communicative and Integrative Biology**, v. 9, n. 1, p. 1–4, 2016.

BULGARI, R. et al. Biostimulants and crop responses: A review. **Biological Agriculture and Horticulture**, v. 31, n. 1, p. 1–17, 2015.

BURGER, Y. et al. Genetic Diversity of Cucumis Melo. **Horticultural reviews** v. 36, p. 165–198, 2010.

BURNS, R. G. et al. Soil enzymes in a changing environment: Current knowledge and future directions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 58, p. 216-234, 2013.

BUSATO, J. G. et al. Phosphatase activity and its relationship with physical and chemical parameters during vermicomposting of filter cake and cattle manure. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 4, p. 1223-

1230, 2016.

CABRAL, C. E. A. et al. Resposta da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a fertilizantes nitrogenados associados ao fosfato natural reativo. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 1, p. 66–72, 2016.

CAMERON, D. D. Arbuscular mycorrhizal fungi as (agro)ecosystem engineers. **Plant and Soil**, v. 333, n. 1, p. 1–5, 2010.

CAMPELO, A. R. et al. Manejo da cultura do melão submetida a frequências de irrigação e fertirrigação com nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 138–144, 2014.

CÂNDIDO, G. A. et al. Sustainability assessment of agroecological production units: a comparative study of IDEA and MESMIS methods. **Revista Ambiente e Sociedade**, v. 18, n. 3, p. 99–120, 2015.

CANELLAS, L. P. et al. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 15–27, 2015.

CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 1, n. 1, p. 3, 2014.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.33, p.147-157, 2009.

CARVALHO, C. et al. **Anuário Brasileiro da Fruticultura Brazilian Fruit Yearbook**. 2017. Disponível em <[http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2017/03/PDF-Fruticultura\\_2017.pdf](http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2017/03/PDF-Fruticultura_2017.pdf)>. Acesso em: Jun. 2018.

CASAZZA, G. et al. The abundance & diversity of arbuscular mycorrhizal fungi are linked to the soil chemistry of screes & to slope in the Alpic paleo-endemic *Berardia subacaulis*. **PLoS ONE**, v. 12, n. 2, p. 1–18, 2017.

CASTELLANOS-BARRIGA, L. G. et al. Effect of seaweed liquid extracts from *Ulva lactuca* on seedling growth of mung bean (*Vigna radiata*). **Journal of Applied Phycology**, v. 29, n. 5, p. 2479–2488, 2017.

CAVALCANTE, F. J. A. et al. **Recomendação de adubação para o estado de Pernambuco**. Recomendações de Calcário e Fertilizantes. 2a Aproximação, 2008.

CELIN, E. F. et al. Agronegócio brasileiro do melão na última década. **Horticultura brasileira**, v. 31, n. 2, p. 246–253, 2014.

CERIBOLLA, E. C.. Bioestimulante na cultura da soja (*Glycine max* L.). 2015. 23f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Injuí-RS, 2015.

CHAGNON, P.; BRADLEY, R. L.; KLIRONOMOS, J. N. Trait-based partner selection drives mycorrhizal network assembly. **Oikos**, v. 124, n. 12, p. 1609–1616, 2015.

CHATTERJEE, D. et al. Comparative assessment of urea briquette applicators on greenhouse gas emission, nitrogen loss and soil enzymatic activities in tropical lowland rice. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 252, p. 178–190, 2018.

CHATURVEDI, R. et al. Assessment of edibility and effect of arbuscular mycorrhizal fungi on *Solanum melongena* L. grown under heavy metal(loid) contaminated soil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 148, n. October, p. 318–326, 2018.

CHOJNACKA, K. Innovative bio-products for agriculture. **Open Chemistry**, v. 13, n. 1, p. 932–937, 2015.

COBUCCI, T.; NASCENTE, A. S.; LIMA, D. P. Adubação fosfatada e aplicação de P energetic na produtividade do feijoeiro comum. **Revista Agrarian**, v. 8, n. 30, p. 358–368, 2015.

- COLLA, G. et al. Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 28–38, 2015a.
- COLLA, G. et al. Co-inoculation of *Glomus intraradices* and *Trichoderma atroviride* acts as a biostimulant to promote growth, yield and nutrient uptake of vegetable crops. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 8, p. 1706–1715, 2015b.
- COLLA, G. et al. Foliar Applications of Protein Hydrolysate, Plant and Seaweed Extracts Increase Yield but Differentially Modulate Fruit Quality of Greenhouse Tomato. **HortScience**, v. 52, n. 9, p. 1214–1220, 2017a.
- COLLA, G. et al. Biostimulant Action of Protein Hydrolysates: Unraveling Their Effects on Plant Physiology and Microbiome. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. December, p. 1–14, 2017b.
- COLLA, G.; ROUPHAEL, Y. Biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 1–2, 2015.
- COLODETE, C. M. et al. Alterações na exsudação de raízes em plantas transgênicas e da comunidade microbiana da rizosfera colonizadas com micorrizas arbusculares. **Natureza online**, v. 4, p. 179-186, 2013.
- CONSELVAN, G. B. et al. Biostimulant activity of humic substances extracted from leonardites. **Plant and Soil**, v. 420, n. 1–2, p. 119–134, 2017.
- CONTRADE - Nações Unidas. 2016. Disponível em < <https://comtrade.un.org/>>. Acesso em: Jan. 2018.
- DA SILVA, R. R. et al. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 5, p. 1585–1592, 2010.
- DADALTO, J. P.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; MATOS, A. T. Sistema de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana. **Revista Engenharia agrícola**, v. 4430, n. 31, p. 506–513, 2015.
- DALPÉ, Y.; SÉGUIN, S. M. Microwave-assisted technology for the clearing and staining of arbuscular mycorrhizal fungi in roots. **Mycorrhiza**, v. 23, n. 4, p. 333–340, 2013.
- DANESH, Y. R.; NAJAFI, S.; DEMIR, S. Using in Vitro Culturing Technique for studying Life Cycle of Arbuscular Mycorrhizal Fungus (AMF) *Glomus intraradices*. **In Vitro**, v. 26, n. 2, p. 161–167, 2016.
- DE MACEDO, F. G. et al. Nickel Availability in Soil as Influenced by Liming and Its Role in Soybean Nitrogen Metabolism. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. September, p. 1–12, 2016.
- DE PASCALE, S.; ROUPHAEL, Y.; COLLA, G. Plant biostimulants: innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. **European Journal of Horticultural Science**, v. 82, n. 6, p. 277–285, 2017.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. NOVAIS, R. F. et al. In: **Fertilidade do solo**, Viçosa, Minas Gerais, p. 91–132, 2007.
- DELBEM, F. C. et al. Fontes e doses de adubação nitrogenada na atividade microbiana e fertilidade do solo cultivado com *Brachiaria brizantha*. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 361–367, 2011.
- DEUS, J. A. L. de et al. Fertilizer recommendation system for melon based on nutritional balance. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 498-511, 2015.
- DONAGEMA et al., G. K. **Manual de métodos de análise de solos**. Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E), Rio de Janeiro, 2011.
- DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and

- regulation. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 3–14, 2015.
- EBIC. **About biostimulants and the benefits of using them** European Biostimulants Industry Consortium, 2010. Disponível em: <<http://www.biostimulants.eu/about/what-are-biostimulants-benefits>>. Acesso em: Jan. 2018.
- EIVAZI, F.; TABATABAI, M. A. Glucosidases and galactosidases in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, n. 5, p. 601–606, 1988.
- ELANSARY, H. O. et al. Seaweed Extracts Enhance Salam Turfgrass Performance during Prolonged Irrigation Intervals and Saline Shock. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. June, p. 1–14, 2017.
- EL-HASSANIN, A. S., et al. Effect of Foliar Application with Humic Acid Substances under Nitrogen Fertilization Levels on Quality and Yields of Sugar Beet Plant. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 5, n.11, p. 668-680, 2016.
- ELIEH-ALI-KOMI, D.; HAMBLIN, M. R. Chitin and Chitosan: Production and Application of Versatile Biomedical Nanomaterials. **International Journal of Advanced Research**, v. 4, n. 3, p. 411–427, 2016.
- ELOI, W. M. et al. Rendimento comercial do tomateiro em resposta à salinização ocasionada pela fertirrigação em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 471–476, 2011.
- ESKANDARI, A.; DANESH, Y. R. Study on life cycle of arbuscular mycorrhizal fungus *glomus intraradices* using in vitro culturing technique. **Journal of Phytology**, v. 2, n.6, p.69–75, 2010.
- ESRİNGÜ, A. et al. Effect of humic and fulvic acid application on growth parameters in Impatiens. **Akademik Ziraat Dergisi**, v. 4, n. 1, p. 37–42, 2015.
- ESTRADA-ORTIZ, E et al . The effects of phosphite on strawberry yield and fruit quality. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 13, n. 3, p. 612-620, 2013.
- ETESAMI, H.; JEONG, B. R. Silicon (Si): Review and future prospects on the action mechanisms in alleviating biotic and abiotic stresses in plants. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 147, n. January, p. 881–896, 2018.
- FALLAHI, H.-R. et al. Influence of arbuscular mycorrhizal inoculation and humic acid application on growth and yield of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) and its mycorrhizal colonization index under deficit irrigation. **International Journal of Horticultural Science and Technology**, v. 3, n. 2, p. 113–128, 2017.
- FAO. **Food and Agriculture Organization of United Nations**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso: jan. 2018.
- FELDMANN, F.; IDCZAK, E. Inoculum production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for use in tropical nurseries. In: NORRIS, J. R.; READ, D.; VARMA, A. K. (Eds.). **Techniques for Mycorrhizal Research. Methods in Microbiology**. London: Academic Press, 1994. p. 799–817.
- FERREIRA, A. C. C. et al. Land-Use Type Effects on Soil Organic Carbon and Microbial Properties in a Semi-arid Region of Northeast Brazil. **Land Degradation & Development**, v. 27, n. 2, p. 171–178, 2016.
- FERREIRA, H. A. **Silício no controle da mancha-aquosa em meloeiro (*Cucumis melo* L .)**. 2009. 82f. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.
- FLOCH, C. et al. Indicators of pesticide contamination: soil enzyme compared to functional diversity of bacterial communities via Biolog® Ecoplates. **European Journal of Soil Biology**, v. 47, n. 4, p. 256-263, 2011.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Universidade Federal de

Viçosa, 2003.

FILHO, J. A. W.; DUARTE, H. S. S.; RODRIGUES, F. A. Efeito da aplicação foliar de silicato de potássio e de fungicida na severidade da ferrugem da folha e da mancha amarela do trigo. **Revista Ceres**, v. 60, n. 5, p. 726–730, 2013.

FONTENELLE, M. R. et al. Mudanças de atributos microbianos em cultivo de melão em ambiente protegido sob diferentes sistemas de manejo. **Embrapa Hortaliças-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, Brasília, 2016.

FONTES, P. C. R.; PUIATTI, M. Cultura do melão. In: **Olericultura teoria e prática**. 1ª ed. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. p. 486.

FRANÇA, A. C. et al. Mycorrhizal fungi increase coffee plants competitiveness against *Bidens pilosa* interference. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 2, p. 132–139, 2016.

GARCÍA-MARTÍNEZ, A. M. et al. Enzymatic production of an organic soil biostimulant from wheat-condensed distiller solubles: Effects on soil biochemistry and biodiversity. **Process Biochemistry**, v. 45, n. 7, p. 1127–1133, 2010.

GARCIA-MAS, J. et al. The genome of melon (*Cucumis melo* L.). **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 29, p. 11872–11877, 2012.

GAVA, C. A. T.; MENEZES, M. E. L. Eficiência de isolados de *Trichoderma* spp no controle de patógenos de solo em meloeiro amarelo. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 43, n. 4, p. 633–640, 2012.

GEHRING, C.; BENNETT, A. Mycorrhizal Fungal–Plant–Insect Interactions: The Importance of a Community Approach. **Environmental Entomology**, v. 38, n. 1, p. 93–102, 2009.

GEISSELER, D.; LAZICKI, P. A.; SCOW, K. M. Mineral nitrogen input decreases microbial biomass in soils under grasslands but not annual crops. **Applied Soil Ecology**, v. 106, p. 1–10, 2016.

GEISSELER, D.; SCOW, K. M. Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms - A review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 75, p. 54–63, 2014.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 46, n. 2, p. 235–244, 1963.

GHOLAMHOSEINI, M. et al. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, yield, nutrient uptake and irrigation water productivity of sunflowers grown under drought stress. **Agricultural Water Management**, v. 117, p. 106–114, 2013.

GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v. 84, p. 489–500, 1980.

GÓES, G. B. de et al. **Aplicação de bioestimulantes e espaçamento de plantio na produção e conservação pós-colheita de melão**. 2015. 89f. Tese de doutorado - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

GOIS, C. A. R. S. **Produtividade e qualidade dos frutos de cultivares de melão submetidos a diferentes doses de bioestimulantes**. 2016. 62f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.

GÓMEZ-MERINO, F. C.; TREJO-TÉLLEZ, L. I. Biostimulant activity of phosphite in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 82–90, 2015.

GÓMEZ, L. G. G. et al. Evaluación de la aplicación de quitosana sobre plántulas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). **Centro Agrícola**, v. 44, n. 1, p. 34–40, 2017.

GONZALEZ, G. C. et al. PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS EM CLONES DE SERINGUEIRA SOB ATAQUE DE OÍDIO. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 499–506, 2013.

GRYNDLER, M. et al. Chitin stimulates development and sporulation of arbuscular

- mycorrhizal fungi. **Applied Soil Ecology**, v. 22, n. 3, p. 283–287, 2003.
- GRYNDLER, M. et al. Hyphal growth and mycorrhiza formation by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum* BEG 23 is stimulated by humic substances. **Mycorrhiza**, v. 15, n. 7, p. 483–488, 2005.
- GUPTA, S. et al. Priming host defense against biotic stress by arbuscular mycorrhizal fungi. In: **Agro-Environmental Sustainability**. Springer, Cham, 2017. p. 255-270.
- GUPTA, V. V. S. R.; GERMIDA, J. J. Soil aggregation: Influence on microbial biomass and implications for biological processes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 80, p. A3–A9, 2015.
- HALPERN, M. et al. The Use of Biostimulants for Enhancing Nutrient Uptake. **Advances in Agronomy**, v. 130, 2015.
- HART, M. M.; READER, R. J. Taxonomic basis for variation in the colonization strategy of arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v. 153, n. 2, p.335-344, 2002.
- HART, M. M.; READER, R. J.; KLIRONOMOS, J. N. Life-history strategies of arbuscular mycorrhizal fungi in relation to their successional dynamics. **Mycologia**, p. 1186-1194, 2001.
- HERNÁNDEZ-HERRERA, R. M. et al. Activity of seaweed extracts and polysaccharide-enriched extracts from *Ulva lactuca* and *Padina gymnospora* as growth promoters of tomato and mung bean plants. **Journal of Applied Phycology**, v. 28, n. 4, p. 2549–2560, 2016.
- HU, J. et al. Microbial functional diversity, metabolic quotient, and invertase activity of a sandy loam soil as affected by long-term application of organic amendment and mineral fertilizer. **Journal of Soils and Sediments**, v. 11, n. 2, p. 271–280, 2011.
- IBGE. Ibge. **Levantamento Sistemático Da Produção Agrícola**, v. 30, p. 115, 2017.
- IGIEHON, N. O.; BABALOLA, O. O. Biofertilizers and sustainable agriculture: exploring arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 101, n. 12, p. 4871–4881, 2017.
- INSAM, H.; MITCHELL, C. C.; DORMAAR, J. F. Relationship of soil microbial biomass and activity with fertilization practice and crop yield of three ultisols. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 23, n. 5, p. 459–464, 1991.
- JANNIN, L. et al. Microarray analysis of humic acid effects on *Brassica napus* growth: Involvement of N, C and S metabolisms. **Plant and Soil**, v. 359, n. 1–2, p. 297–319, 2012.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, n. 9, p. 692, 1983.
- JIANG, J. et al. Plant-mycorrhizal interactions mediate plant community coexistence by altering resource demand. **Ecology**, v. 98, n. 1, p. 187–197, 2017.
- JOHN, K. J. et al. On the occurrence, distribution, taxonomy and genepool relationship of *Cucumis callosus* (Rottler) Cogn., the wild progenitor of *Cucumis melo* L. from India. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 60, n. 3, p. 1037–1046, 2013.
- JOHNSON, N. C. et al. Mycorrhizal phenotypes and the Law of the Minimum. **New Phytologist**, v. 205, n. 4, p. 1473–1484, 2015.
- KAI, M. et al. Cloning and characterization of four phosphate transporter cDNAs in tobacco. **Plant Science**, v. 163, n. 4, p. 837-846, 2002.
- KAŁUŻEWICZ, A.; BOSIACKI, M.; SPIŻEWSKI, T. Influence of biostimulants on the content of macro- and micronutrients in broccoli plants exposed to drought stress. **Journal of Elementology**, v. 23, n. 1, p. 287–297, 2018.

- KANDELER, E.; GERBER, H. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. **Biology and Fertility of Soils**, v. 6, n. 1, p. 68–72, 1988.
- KARA, O.; BAYKARA, M. Changes in soil microbial biomass and aggregate stability under different land uses in the northeastern Turkey. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 186, n. 6, p. 3801–3808, 2014.
- KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 1, p. 1–13, 2010.
- KAZI, N. et al. The response of wheat genotypes to inoculation with *Azospirillum brasilense* in the field. **Field Crops Research**, v. 196, p. 368–378, 2016.
- KEILUWEIT, M. et al. Mineral protection of soil carbon counteracted by root exudates. **Nature Climate Change**, v. 5, n. 6, p. 588, 2015.
- KEYMER, A. et al. Lipid transfer from plants to arbuscular mycorrhiza fungi. **eLife**, v. 6, p. 1–33, 2017.
- KUMAR, V.; INGH, S. P.; RAHA, P. Organic sources use of amino acids based biostimulants and irrigation schedule on yield : Water use efficiency relationship on potato tuber. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, n. 1, p. 1255–1259, 2018.
- LA TORRE, A.; BATTAGLIA, V.; CARADONIA, F. An overview of the current plant biostimulant legislations in different European Member States. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 3, p. 727–734, 2016.
- LANGE, M. et al. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. **Nature Communications**, v. 6, p. 6707, 2015.
- LENOIR, I.; FONTAINE, J.; LOUNÈS-HADJ SAHRAOUI, A. Arbuscular mycorrhizal fungal responses to abiotic stresses: A review. **Phytochemistry**, v. 123, p. 4–15, 2016.
- LEÓN, P. et al. No tillage and sugar beet foam amendment enhanced microbial activity of degraded acidic soils in South West Spain. **Applied Soil Ecology**, v. 109, p. 69–74, 2017.
- LI, J. et al. Nitrogen fertilization elevated spatial heterogeneity of soil microbial biomass carbon and nitrogen in switchgrass and gamagrass croplands. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1–16, 2018.
- LI, L. J. et al. Soil microbial properties under N and P additions in a semi-arid, sandy grassland. **Biology and Fertility of Soils**, v. 46, n. 6, p. 653–658, 2010.
- LIU, L.; GREAVER, T. L. A global perspective on belowground carbon dynamics under nitrogen enrichment. **Ecology Letters**, v. 13, n. 7, p. 819–828, 2010.
- LIU, M. et al. Effect of Intensive Inorganic Fertilizer Application on Microbial Properties in a Paddy Soil of Subtropical China. **Agricultural Sciences in China**, v. 10, n. 11, p. 1758–1764, 2011.
- LOPES, H. S. S. et al. Biomassa microbiana e matéria orgânica em solo de Caatinga, cultivado com melão na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ceres**, v. 59, n. 4, p. 565–570, 2012.
- LÓPEZ-BUCIO, J.; PELAGIO-FLORES, R.; HERRERA-ESTRELLA, A. Trichoderma as biostimulant: Exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 109–123, 2015.
- LUAN, F.; DELANNAY, I.; STAUB, J. E. Chinese melon (*Cucumis melo* L.) diversity analyses provide strategies for germplasm curation, genetic improvement, and evidentiary support of domestication patterns. **Euphytica**, v. 164, n. 2, p. 445–461,

2008.

LUCINI, L. et al. The effect of a plant-derived biostimulant on metabolic profiling and crop performance of lettuce grown under saline conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 182, p. 124–133, 2015.

LUCINI, L. et al. A Vegetal Biopolymer-Based Biostimulant Promoted Root Growth in Melon While Triggering Brassinosteroids and Stress-Related Compounds. v. 9, n. April, p. 1–11, 2018.

MA, X. et al. Spatial patterns of enzyme activities in the rhizosphere: Effects of root hairs and root radius. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 118, n. November 2017, p. 69–78, 2018.

MACÊDO, S. D. S. et al. Botanical Identification and Genetic Diversity in Melons From Family Farming in the State of Maranhão. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 602–613, 2017.

MACEDO, W. R.; CASTRO, P. R. DE C. E. Biorreguladores, bioestimulantes e bioativadores na agricultura tropical. In: VISÔTTO, L. E. (Ed.). **Avanços Tecnológicos Aplicados à Pesquisa na Produção Vegetal**, Universidade Federal de Viçosa, 2015. p. 505–530.

MADEIRA, P. M. R. **Agregação de valor ao resíduo de melão: caracterização, avaliação de atividade antioxidante, antiproliferativa, potencial prebiótico e produção de enzimas**. 2017. 241f. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

MAHANTA, D. et al. Modification of root properties with phosphate solubilizing bacteria and arbuscular mycorrhiza to reduce rock phosphate application in soybean-wheat cropping system. **Ecological Engineering**, v. 111, n. November, p. 31–43, 2018.

MAHMOOD, N. et al. Effect of biostimulants on growth, yield and quality of bell pepper cv. Yolo wonder. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v. 54, n. 2, p. 311–317, 2017.

MAI, W. et al. Can optimization of phosphorus input lead to high productivity and high phosphorus use efficiency of cotton through maximization of root/mycorrhizal efficiency in phosphorus acquisition?. **Field Crops Research**, v. 216, n. September, p. 100–108, 2018.

MALERBA, M.; CERANA, R. Chitosan Effects on Plant Systems. **International journal of molecular sciences**, v. 17, n. 7, p. 1–15, 2016.

MALERBA, M.; CERANA, R. Recent advances of chitosan applications in plants. **Polymers**, v. 10, n. 2, p. 1–10, 2018.

MARLEAU, J. et al. Spore development and nuclear inheritance in arbuscular mycorrhizal fungi. **BMC Evolutionary Biology**, v. 11, n. 1, p. 51, 2011.

MARTUSCELLI, M. et al. Influence of phosphorus management on melon (*Cucumis melo L.*) fruit quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 8, p. 2715–2722, 2016.

MASONDO, N. A. et al. Influence of biostimulants-seed-priming on *Ceratotheca triloba* germination and seedling growth under low temperatures, low osmotic potential and salinity stress. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 147, n. August, p. 43–48, 2018.

MBUTHIA, L. W. et al. Long term tillage, cover crop, and fertilization effects on microbial community structure, activity: Implications for soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 89, p. 24–34, 2015.

MCCUNE, B. AND M. J. M. 2011. Multivariate Analysis of Ecological Data Version 6 User's Booklet. **Analysis**, v. 86, n. 1, p. 24, 2011.

- MELO, J. M. M. de et al. Crescimento de meloeiro submetido ao estresse hídrico com e sem micorrização no Vale do Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 11, n. 2, 2017.
- MELO, B. M. R. D.; MACIEL, L. DE R. Influência de bioativadores e bioestimulantes na produção de mudas de cafeeiros. **Revista Agrogeoambiental**, v.6, n.3, p. 55–62, 2014.
- MENDONÇA, E. D. S.; MATOS, E. D. S. **Matéria Orgânica do Solo: Métodos de Análises**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- MENDONÇA JÚNIOR, A. F. DE. **Crescimento , produção e qualidade de melão e melancia cultivadas sob extrato de alga *Ascophyllum nodosum* ( L .)**. 2015. 126f. Dissertação - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.
- MERINO, C.; GODOY, R.; MATUS, F. Soil enzymes and biological activity at different levels of organic matter stability. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 16, n. 1, p. 14–30, 2016.
- MICHALAK, I.; TUHY, Ł.; CHOJNACKA, K. Seaweed extract by microwave assisted extraction as plant growth biostimulant. **Open Chemistry**, v. 13, n. 1, p. 1183–1195, 2015.
- MORAIS, T. P. de et al. Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação nitrogenada. **Ceres**, v. 62, n. 6, 2015.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e Biotecnologia do Solo. **Editora UFPA**, v. ed. 2, p. 729, 2006.
- MOURA, J. A. et al. Respiração basal e relação de estratificação em solo cultivado com citros e tratado com resíduos orgânicos no estado de Sergipe. **Semina:Ciencias Agrarias**, v. 36, n. 2, p. 731–746, 2015.
- MUKUMBAREZA, C.; MUCHAONYERWA, P.; CHIDUZA, C. Effects of oats and grazing vetch cover crops and fertilisation on microbial biomass and activity after five years of rotation with maize. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 32, n. 4, p. 189–197, 2015.
- NASIR, M. et al. Foliar application of moringa leaf extract, potassium and zinc influence yield and fruit quality of “Kinnow” mandarin. **Scientia Horticulturae**, v. 210, p. 227–235, 2016.
- NEGREIROS, A. M. P. et al. **Crescimento, produção e qualidade do melão produzido sob *Lithothamnium***. 2015. 85 f. Dissertação - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.
- NICCHIO, B. et al. Ácido húmico e bioativador no tratamento de sementes de milho. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 2, n. 2, p. 61–73, 2013.
- NIKBAKHT, A. et al. Perennial ryegrass growth responses to mycorrhizal infection and humic acid treatments. **Agronomy Journal**, v. 106, n. 2, p. 585-595, 2014.
- NOBRE, C. P. et al. Biostimulation of inoculation with *Glomus proliferum* and application of humic acid in the in vitro growth of *Lunularia cruciata*. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 4, p. 773–778, 2013.
- NWANKWEGU, A. S. et al. Reclamation of DPK hydrocarbon polluted agricultural soil using a selected bulking agent. **Journal of Environmental Management**, v. 172, p. 136–142, 2016.
- OLIVEIRA, J. R. G. de et al. Symbiotic compatibility between arbuscular mycorrhizal fungi (autoctone or exotic) and three native species of the Caatinga in different phosphorus levels. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 39, n. 1, 2017.
- OLIVEIRA, A. E. S. de et al. Interação da adubação organo-mineral no estado nutricional das plantas. **Revista Verde**, v. 5, n. 3, p. 53–58, 2010.
- ORTS, Á. et al. Production of biostimulants from okara through enzymatic hydrolysis

- and fermentation with *Bacillus licheniformis*: comparative effect on soil biological properties. **Environmental Technology (United Kingdom)**, v. 3330, 2018.
- ORTUÑO, N. et al. The use of secondary metabolites extracted from *Trichoderma* for plant growth promotion in the Andean highlands. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 32, n. 4, p. 366–375, 2017.
- PAZDIORA, P. C. et al. Silicon suppresses tan spot development on wheat infected by *Pyrenophora tritici-repentis*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 150, n. 1, p. 49–56, 2017.
- PEKARSKAS, J. et al. Effect of Organic Nitrogen Fertilizers Provita and Fermentator Penergetic-K Winter Wheat and on Soil Quality. In: **Environmental Engineering. Proceedings of the International Conference on Environmental Engineering. ICEE**. Vilnius Gediminas Technical University, Department of Construction Economics & Property, 2011. p. 248.
- PEKARSKAS, J.; SINKEVIČIENĖ, J. Effect of biopreparations on seed germination and fungal contamination of winter wheat. **Biologija**, v. 61, n. 1, p. 25–33, 2015.
- PENERGETIC. Disponível em <<http://www.penergetic.com.br/>>. Acesso em: Jun. 2018.
- PEREGRINA, F.; PÉREZ-ÁLVAREZ, E. P.; GARCÍA-ESCUADERO, E. The short term influence of aboveground biomass cover crops on C sequestration and beta-glucosidase in a vineyard ground under semiarid conditions. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 4, p. 1000–1007, 2014.
- PETROZZA, A. et al. Physiological responses to Megafol® treatments in tomato plants under drought stress: A phenomic and molecular approach. **Scientia Horticulturae**, v. 174, n. 1, p. 185–192, 2014.
- PHILIPPOT, L. et al. Going back to the roots: The microbial ecology of the rhizosphere. **Nature Reviews Microbiology**, v. 11, n. 11, p. 789–799, 2013.
- PICHYANGKURA, R.; CHADCHAWAN, S. Biostimulant activity of chitosan in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 49–65, 2015.
- PIMPRIKAR, P.; GUTJAHR, C. Transcriptional regulation of arbuscular mycorrhiza development. **Plant and Cell Physiology**, v. 59, n. 4, p. 673–690, 2018.
- PINTO, J. M. Cultivo do Meloeiro no Vale do São Francisco. **Instruções Técnicas da Embrapa Semiárido online**, Embrapa, p.2, 2013.
- PIŚKIEWICZ, A. M.; DUYTS, H.; VAN DER PUTTEN, W. H. Soil microorganisms in coastal foredunes control the ectoparasitic root-feeding nematode *Tylenchorhynchus ventralis* by local interactions. **Functional Ecology**, v. 23, n. 3, p. 621–626, 2009.
- POWELL, J. R.; RILLIG, M. C. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi and ecosystem function. **New Phytologist**, 2018.
- POWLSON, D. S.; PROOKES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, n. 2, p. 159–164, 1987.
- PRASAD, R. et al. Introduction to Mycorrhiza: Historical Development. In: VARMA, A.; PRASAD, R.; TUTEJA, N. (Eds.). **Mycorrhiza - Function, Diversity, State of the Art**. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 1–7.
- PRIMIERY, S.; MUNIZ, A. W.; LISBOA, H. DE M. Dinâmica do Carbono no Solo em Ecossistemas Nativos e Plantações Florestais em Santa Catarina. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 0, p. 1–9, 2017.
- PÜSCHEL, D. et al. Arbuscular Mycorrhiza Stimulates Biological Nitrogen Fixation in Two *Medicago* spp. through Improved Phosphorus Acquisition. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, 2017.

- QI, Y. et al. Response of soil physical, chemical and microbial biomass properties to land use changes in fixed desertified land. **Catena**, v. 160, p. 339–344, 2018.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. **R Foundation for Statistical Computing Vienna Austria**, 2016.
- REIS, D. S. et al. Pós-colheita do melão cultivado com lâminas de irrigação e doses bioestimulante em Juazeiro, BA. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: JORNADA DE INTEGRAÇÃO DA PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, Petrolina: Embrapa Semiárido, 2017.
- RESENDE, G. M. DE; COSTA, N. D. **Sistema de Produção de Melão**. 2010 Disponível em: <[http://www.cpatosa.embrapa.br:8080/sistema\\_producao/spmelao/socioeconomia.htm](http://www.cpatosa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmelao/socioeconomia.htm)>. Acesso em: Jan. 2018.
- ROSE, M. T. et al. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: Practical implications for agriculture. In: **Advances in agronomy**. Academic Press, 2014. p. 37-89.
- ROUPHAEL, Y. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 91–108, 2015.
- ROUPHAEL, Y. et al. Synergistic Action of a Microbial-based Biostimulant and a Plant Derived-Protein Hydrolysate Enhances Lettuce Tolerance to Alkalinity and Salinity. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. February, p. 1–12, 2017.
- RUZZI, M.; AROCA, R. Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 124–134, 2015.
- SALVIANO ET AL., A. M. **A cultura do melão**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017.
- SAMAK, M. R.; SHAFIKA, N. Effect of Foliar Application with Humic Acid Substances under Nitrogen Fertilization Levels on Quality and Yields of Sugar Beet Plant. v. 5, n. 11, p. 668–680, 2016.
- SANTOS, J. R. P. DOS; SANTOS, J. M. DOS. Estudo Da Competitividade Das Exportações De Melão Nos Estados De Rio Grande Do Norte E Ceará De 1997-2014. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 2, n. 34, p. 616–642, 2016.
- SANTOS, V. M. DOS; MAIA, L. C. Bioindicadores de qualidade do solo. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 10, n. 0, p. 195–226, 2013.
- SARABIA, M. et al. Mineral phosphorus fertilization modulates interactions between maize, rhizosphere yeasts and arbuscular mycorrhizal fungi. **Rhizosphere**, v. 4, p. 89–93, 2017.
- SAVVAS, D.; NTATSI, G. Biostimulant activity of silicon in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 66–81, 2015.
- SCHLOTTER, M. et al. Microbial indicators for soil quality. **Biology and Fertility of Soils**, v. 54, n. 1, p. 1-10, 2018.
- SHRIVASTAVA, G. et al. Colonization by arbuscular mycorrhizal and endophytic fungi enhanced terpene production in tomato plants and their defense against a herbivorous insect. **Symbiosis**, v. 65, n. 2, p. 65–74, 2015.
- SHUBHA, K. et al. Bio-stimulants: An approach towards the sustainable vegetable production. In: **Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture**. Springer, Singapore, 2017. p. 259-277.
- SILVA, I. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; KUSDRA, J. F. Biological activity of soils under systems of organic farming, agroforestry and pasture in the Amazon Atividade biológica de solos em sistemas de cultivo orgânico, agroflorestal e pastagem na Amazônia. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 3, p. 427–432, 2014.
- SILVA, E. M. et al. Response of *Passiflora setacea* to Mycorrhization and Phosphate Fertilization in a Semi-arid Region of Brazil. **Journal of Plant Nutrition**, v. 38, n. 3, p.

431–442, 2015.

SILVA, A. R. DA; MELO, N. F. DE; YANO-MELO, A. M. Acclimatization of micropropagated plants of *Etilingera elatior* (Jack) R. M. Sm. inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. **South African Journal of Botany**, v. 113, p. 164–169, 2017.

SILVA, T. D. F. da. **Distribuição da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares associada às diferentes lâminas de irrigação e aplicação de bioestimulante no cultivo do meloeiro**. 2017. 47f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2017.

SINGH, J. S.; GUPTA, V. K. Soil microbial biomass: a key soil driver in management of ecosystem functioning. **Science of the Total Environment**, v. 634, p. 497–500, 2018.

SMITH, S. E.; SMITH, F. A. Fresh perspectives on the roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant nutrition and growth. **Mycologia**, v. 104, n. 1, p. 1–13, 2012.

SOUZA, M. F. P. et al. Chemical and biological properties of phosphorus-fertilized soil under legume and grass cover (Cerrado region, Brazil). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 6, p. 1492–1501, 2013.

SOUZA, A. A. DE; ALMEIDA, F. Z. DE; ALBERTON, O. Growth and yield of soybean with penergetic application. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 20–24, 2017.

SRADNICK, A. et al. Microbial biomass and activity down the soil profile after long-term addition of farmyard manure to a sandy soil. **Organic Agriculture**, v. 8, n. 1, p. 29–38, 2018.

SPOHN, M. et al. Microbial carbon use efficiency and biomass turnover times depending on soil depth—Implications for carbon cycling. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 96, p. 74-81, 2016.

SU, J. Q. et al. Long-term balanced fertilization increases the soil microbial functional diversity in a phosphorus-limited paddy soil. **Molecular Ecology**, v. 24, n. 1, p. 136-150, 2015.

TABATABAI, M. A.; BREMNER, J. M. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 1, n. 4, p. 301–307, 1969.

TEDERSOO, L. et al. High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. **Fungal Diversity**, v. 90, n. 1, p. 135-159, 2018.

TEJADA, M. et al. Use of biostimulants on soil restoration: Effects on soil biochemical properties and microbial community. **Applied Soil Ecology**, v. 49, n. 1, p. 11–17, 2011.

TENG, Q. et al. Ecological effects of rice-duck integrated farming on soil fertility and weed and pest control. **Journal of Soils and Sediments**, v. 16, n. 10, p. 2395–2407, 2016.

THAKUR, M. P. et al. Plant diversity drives soil microbial biomass carbon in grasslands irrespective of global environmental change factors. **Global Change Biology**, v. 21, n. 11, p. 4076–4085, 2015.

THIRUKKUMARAN, C. M.; PARKINSON, D. Microbial respiration, biomass, metabolic quotient and litter decomposition in a lodgepole pine forest floor amended with nitrogen and phosphorous fertilizers. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, n. 1, p. 59–66, 2000.

TRESEDER, K. K. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi as mediators of ecosystem responses to nitrogen deposition: A trait-based predictive framework. **Journal of Ecology**, v. 106, n. 2, p. 480–489, 2018.

- UZUN, P. et al. Use of mycorrhizal inoculum under low fertilizer application : effects on forage yield , milk production , and energetic and economic efficiency. **The Journal of Agricultural Science**, v. 156, n. 1, p. 127–135, 2018.
- VALENTINI, C. M. A.; ABREU, J. G. DE; FARIA, R. A. P. G. Respiração Do Solo Como Bioindicador Em Áreas Degradadas. **Revista Internacional de Ciências**, v. 5, n. 2, p. 127–143, 2015.
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 703–707, 1987.
- VAN DER HEIJDEN, M. G. A. et al. Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. **New Phytologist**, v. 205, n. 4, p. 1406-1423, 2015.
- VENDRUSCOLO, E. P.; MARTINS, A. P. B.; SELEGUINI, A. Doses e parcelamento de niacina no desenvolvimento inicial de meloeiro Cantaloupe. **Revista Agro@ambiente**, v. 11, n. 3, p. 209–214, 2017.
- VENZKE FILHO, S. D. P. et al. Biomassa microbiana do solo em sistema de plantio direto na região de campos gerais - Tibagi, PR. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 32, n. 2, p. 599–610, 2008.
- VERES, Z. et al. Soil extracellular enzyme activities are sensitive indicators of detrital inputs and carbon availability. **Applied Soil Ecology**, v. 92, p. 18–23, 2015.
- VIJAY ANAND, K. G.; ESWARAN, K.; GHOSH, A. Life cycle impact assessment of a seaweed product obtained from *Gracilaria edulis* – A potent plant biostimulant. **Journal of Cleaner Production**, v. 170, p. 1621–1627, 2018.
- WANG, W. et al. Nutrient Exchange and Regulation in Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. **Molecular Plant**, v. 10, n. 9, p. 1147–1158, 2017.
- WANG, Y. et al. Effects of seaweed fertilizer on the growth of *Malus hupehensis* Rehd. Seedlings, Soil enzyme activities and fungal communities under replant condition. **European Journal of Soil Biology**, v. 75, p. 1–7, 2016.
- WANG, M. et al. Responses of soil microbial communities to a short-term application of seaweed fertilizer revealed by deep amplicon sequencing. **Applied Soil Ecology**, v. 125, p. 288-296, 2018.
- WORDELL FILHO, J. A.; DUARTE, H. da S. S.; DE ÁVILA RODRIGUES, F. Efeito da aplicação foliar de silicato de potássio e de fungicida na severidade da ferrugem da folha e da mancha amarela do trigo. **Ceres**, v. 60, n. 5, 2015.
- WU, Q. S. et al. Arbuscular mycorrhiza mediates glomalin-related soil protein production and soil enzyme activities in the rhizosphere of trifoliolate orange grown under different P levels. **Mycorrhiza**, v. 25, n. 2, p. 121–130, 2015.
- YAKHIN, O. I. et al. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. January, 2017.
- YANG, Y. et al. Comparisons of soil properties, enzyme activities and microbial communities in heavy metal contaminated bulk and rhizosphere soils of *Robinia pseudoacacia* L. in the Northern foot of Qinling Mountain. **Forests**, v. 8, n. 11, 2017a.
- YANG, Y. et al. The effects of arbuscular mycorrhizal fungi on glomalin-related soil protein distribution, aggregate stability and their relationships with soil properties at different soil depths in lead-zinc contaminated area. **PLoS ONE**, v. 12, n. 8, p. 1–19, 2017b.
- ZANDONADI, D. B. et al. Plant physiology as affected by humified organic matter. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 25, n. 1, p. 13–25, 2013.
- ZANGARO, W. et al. Root colonization and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi in distinct successional stages from an Atlantic rainforest biome in southern Brazil. **Mycorrhiza**, v. 23, n. 3, p. 221–233, 2013.

- ZANIN, L. et al. Water-extractable humic substances speed up transcriptional response of maize roots to nitrate. **Environmental and Experimental Botany**, v. 147, n. October 2017, p. 167–178, 2018.
- ZEBALOS, C. H. DOS S. et al. Calagem e adubação na cultura do meloeiro. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**. Ariquemes: FAEMA, v. 8, n. 2, 2017.
- ZHANG, Y. C. et al. Arbuscular mycorrhizas improve plant growth and soil structure in trifoliolate orange under salt stress. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 63, n. 4, p. 491–500, 2016.
- ZHANG, X. et al. Responses of absolute and specific soil enzyme activities to long term additions of organic and mineral fertilizer. **Science of the Total Environment**, v. 536, p. 59-67, 2015.
- ZHU, C. et al. N-fertilizer-driven association between the arbuscular mycorrhizal fungal community and diazotrophic community impacts wheat yield. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 254, n. September 2017, p. 191–201, 2018.
- ZIANE, H. et al. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and fertilization levels on industrial tomato growth and production. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 19, n. 2, p. 341–347, 2017.
- ŽIFČÁKOVÁ, L. et al. Feed in summer, rest in winter: microbial carbon utilization in forest topsoil. **Microbiome**, v. 5, n. 1, p. 122, 2017.