

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – CAMPUS FLORESTAL

ANA FLÁVIA MAIRINCK MEIRELLES

**PRODUTIVIDADE DE HORTALIÇAS (ALFACE, BRÓCOLIS E
RÚCULA) EM RESPOSTA AO TRATAMENTO COM ÁCIDOS
HÚMICOS E BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO
EM UNIDADES DE AGRICULTURA FAMILIAR**

**FLORESTAL
MINAS GERAIS - BRASIL
2016**

ANA FLÁVIA MAIRINCK MEIRELLES

PRODUTIVIDADE DE HORTALIÇAS (ALFACE, BRÓCOLIS E RÚCULA) EM RESPOSTA AO TRATAMENTO COM ÁCIDOS HÚMICOS E BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM UNIDADES DE AGRICULTURA FAMILIAR

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa – Campus Florestal, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários, para obtenção do título de Magister Scientiae.

**FLORESTAL
MINAS GERAIS - BRASIL
2016**

T

M514p
2016

Meirelles, Ana Flávia Mairinck, 1985-

Produtividade de hortaliças (alface, brócolis e rúcula) em resposta ao tratamento com ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em unidades de agricultura familiar / Ana Flávia Mairinck Meirelles. – Florestal, MG, 2016. xiv, 91f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Maribus Altoé Baldotto.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.72-91.

1. Olericultura. 2. Substâncias húmicas. 3. Fertilidade do solo. 4. Agricultura sustentável. 5. Agricultura familiar.

I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos.

Programa de Pós-graduação em Manejo e Conservação de

Ecosistemas Naturais e Agrários. II. Título.

CDD 22. ed. 635

ANA FLÁVIA MAIRINCK MEIRELLES

PRODUTIVIDADE DE HORTALIÇAS (ALFACE, BRÓCOLIS E RÚCULA) EM RESPOSTA AO TRATAMENTO COM ÁCIDOS HÚMICOS E BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM UNIDADES DE AGRICULTURA FAMILIAR

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa – Campus Florestal, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Aprovada: 23 de fevereiro de 2016.

Adilson de Castro Antônio

Marcos Paiva del Giúdice

Lílian Estrela Borges Baldotto
(Coorientadora)

Hermínia Emília Prieto Martinez
(Coorientadora)

Marihus Altoé Baldotto
(Orientador)

Agradecimentos

As energias de luz que estiveram presentes iluminando os momentos de alegria e dissipando a escuridão pelo caminho. E as pequenas coisas, que se unem, se atraem e criam um todo magnífico e infinitamente superior às partes que o compõem.

Aos meus pais, irmãos e familiares por sempre estimularem e fazerem todo o possível para meu progresso nos estudos.

Ao meu marido, pelo apoio, compreensão e auxílio em toda a jornada, meu fiel companheiro de luta e sonhos.

Ao meu filho pelas horas que compreendeu as ausências e por ser uma descontração em tantos momentos de tensão.

Aos amigos pelo companheirismo, auxílio nas medições, coletas, análises laboratoriais, companheiros de choro e de riso.

Ao Programa de Mestrado em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários (MCENA).

Aos profissionais da Universidade Federal de Viçosa, que de diversas formas contribuíram para esse trabalho, seja através das aulas, das análises de laboratório, da troca de ideias e conhecimentos, possibilitando avanços importantes na minha jornada de aprendizado.

Aos laboratoristas Débora Durães e Edilmaldo Júnior pelas horas de dedicação, trabalho, ensino e compreensão, fundamentais para concretização desse estudo.

Ao meu orientador Maribus Altoé Baldotto pela atenção, compreensão, dedicação e profissionalismo.

Aos professores que tive em minha formação escolar, pois cada um a sua maneira contribuiu com uma parte desse trabalho.

Aos produtores Nativo, Natalício e Edward pela disponibilidade, atenção e interesse em fazerem parte do experimento, compartilhando saberes e vivências.

A FAPEMIG, FUNARBE e o CNPQ pelo apoio financeiro.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.
(Albert Einstein)

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar.
Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.
(Madre Teresa de Calcutá)

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 A Produção de hortaliças no Brasil	4
2.2 Características das espécies vegetais trabalhadas: alface, brócolis e rúcula	6
2.3 Avaliação da fertilidade do solo e diagnose nutricional de hortaliças	8
2.4 Tecnologias com base em resíduos recicláveis e micro-organismos benéficos	10
2.4.1 Matéria Orgânica do Solo e as Substâncias Húmicas	13
2.4.1.1 Bioatividade dos ácidos húmicos	17
2.4.2 Bactérias promotoras de crescimento em plantas (BPCP)	21
2.4.3 Efeitos da ação combinada de ácidos húmicos e bactérias diazotróficas em formulados bioestimulantes	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 Local de realização do experimento	28
3.2 Fatores em estudo, definição dos tratamentos e delineamento experimental	29
3.3 Material vegetal	31
3.4 Soluções bioestimulantes	31
3.5 Avaliação das características de crescimento	34
3.6 Teores e conteúdo de nutrientes minerais	34
3.7 Análises estatísticas	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 Alface	38
4.2 Brócolis	46

4.3 Rúcula	55
4.4 Crescimento relativo	63
5 CONCLUSÕES	71
6 REFERÊNCIAS	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AH	Ácidos Húmicos
ALT	Altura da planta
ALTCa	Altura da cabeça
BIOEST	Bioestimulantes
BPCP	Bactérias Promotoras de Crescimento em plantas
CIRC	Circunferência da cabeça
CMF	Comprimento da maior folha
CONTR	Controle
CR	Crescimento relativo
cv.	Cultivar
CV	Coefficiente de Variação
DIAM	Diâmetro
DAT	Dias após o transplântio
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
GL	Grau de liberdade
IR	Incremento relativo
LMF	Largura da maior folha
MFCa	Massa fresca da cabeça
MFPa	Massa fresca da parte aérea
MSCa	Massa seca da cabeça
MSPa	Massa seca da parte aérea
MOS	Matéria Orgânica do Solo
OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
QMR	Quadrado médio do resíduo
ROS	Espécies oxigênio reativas
SH	Substâncias Húmicas
var.	Variedade
VOCs	Compostos orgânicos voláteis
vs	Versus

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização geográfica do local de execução do experimento no município de Betim/MG	28
Figura 2 – Esquema do delineamento experimental em blocos casualizados	29
Figura 3 – Detalhes do momento da pulverização das soluções bioestimulantes pelos produtores rurais nos cultivos de alface (A), brócolis (B) e rúcula (C)	30
Figura 4 – Aspecto visual das plantas de alface cv. Vanda em resposta aos tratamentos: CONTR (A), AH (B), BPCP (C) e AH+BPCP (D)	39
Figura 5 – Aspecto visual das plantas de brócolis cv. Ninja BRO-68 em resposta aos tratamentos: CONTR (A), AH (B), BPCP (C) e AH+BPCP (D)	47
Figura 6 – Aspecto visual das plantas de rúcula cv. Folha Larga em resposta aos tratamentos: CONTR (A), AH (B), BPCP (C) e AH+BPCP (D)	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficientes dos contrastes estimados no experimento	37
Tabela 2 – Características de crescimento das plantas de alface cv. Vanda em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas	39
Tabela 3 – Acúmulo de nutrientes das plantas de alface cv. Vanda em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas	41
Tabela 4 – Contrastes médios, incremento relativo, quadrado médio do resíduo (QMR) e coeficiente de variação (CV) para características de crescimento das plantas de alface cv. Vanda em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas	42
Tabela 5 – Contrastes médios, incremento relativo, quadrado médio do resíduo (QMR) e coeficiente de variação (CV) para acúmulo de nutrientes das plantas de alface cv. Vanda em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas	44
Tabela 6 – Características de crescimento nas plantas de brócolis cv. Ninja BRO-68 em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas	49
Tabela 7 – Acúmulo de nutrientes nas plantas de brócolis cv. Ninja BRO-68 em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas	50
Tabela 8 – Contrastes médios, incremento relativo, quadrado médio do resíduo (QMR) e coeficiente de variação (CV) para características de crescimento nas plantas de brócolis cv. Ninja BRO-68 em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas	51
Tabela 9 – Contrastes médios, incremento relativo, quadrado médio do resíduo (QMR) e coeficiente de variação (CV) para acúmulo de nutrientes nas plantas de brócolis cv. Ninja BRO-68 em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas	53
Tabela 10 – Características de crescimento nas plantas de rúcula cv. Folha Larga em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas	57
Tabela 11 – Acúmulo de nutrientes nas plantas de rúcula cv. Folha Larga em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas	58

Tabela 12 – Contrastes médios, incremento relativo, quadrado médio do resíduo (QMR) e coeficiente de variação (CV) para características de crescimento nas plantas de rúcula cv. Folha Larga em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas	59
Tabela 13 – Contrastes médios, incremento relativo, quadrado médio do resíduo (QMR) e coeficiente de variação (CV) para acúmulo de nutrientes nas plantas de rúcula cv. Folha Larga em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas	61
Tabela 14 - Crescimento relativo das plantas de alface cv. Vanda, brócolis cv. Ninja BRO-68 e rúcula cv. Folha Larga em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas	63
Tabela 15 – Contrastes médios do crescimento relativo entre plantas de alface cv. Vanda, brócolis cv. Ninja BRO-68 e rúcula cv. Folha Larga em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas.	64

RESUMO

MAIRINCK MEIRELLES, Ana Flávia, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa – Campus Florestal, fevereiro de 2016. **Produtividade de hortaliças (alface, brócolis e rúcula) em resposta ao tratamento com ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em unidades de agricultura familiar.** Orientador: Maribus Altoé Baldotto. Coorientadoras: Lílian Estrela Borges Baldotto e Hermínia Emília Prieto Martinez.

A produção de hortaliças é uma atividade agrícola que gera renda e empregos para milhões de brasileiros, além da produção de alimentos fundamentais a uma dieta equilibrada e saudável. A alface, o brócolis e a rúcula são hortaliças com espaço no mercado nacional, o qual tem como desafio atender à procura e melhorar a qualidade dos produtos. Esses cultivos são exigentes em nutrientes e os solos brasileiros, em sua maioria, carecem de fertilidade natural para suprir essa demanda, necessitando de elevadas doses de fertilizantes para alcançar incrementos na produtividade e qualidade. Uma opção para esse problema é o uso de resíduos orgânicos e micro-organismos benéficos, ambos com grande potencial para reduzir o uso de fertilizantes minerais, por atuarem em processos fisiológicos das plantas estimulando o crescimento e desenvolvimento vegetal. Estudos comprovam que frações bioativas da matéria orgânica, como os ácidos húmicos (AH), afetam o metabolismo das plantas provocando uma série de respostas, entre elas o aumento da produtividade. As bactérias promotoras de crescimento em plantas (BPCP) realizam simbioses que promovem benefícios à planta hospedeira, incluindo absorção, assimilação e fixação de nutrientes, antibioses e resistência a stress. Por essas características os AH e as BPCP podem incrementar a produtividade vegetal, sendo, portanto, o objetivo desse estudo avaliar a eficiência da aplicação de ácidos húmicos e de bactérias promotoras de crescimento, isolada e combinada, em incrementar a produtividade e a qualidade nutricional de hortaliças (alface, brócolis e rúcula) em sistemas convencionais de cultivo. O experimento foi realizado em campo com produtores rurais familiares em sistema de cultivo convencional, em delineamento em blocos casualizados, consistindo de 4 tratamentos para cada hortaliça testada e 5 repetições: aplicação isolada de AH e bactérias (BPCP), aplicação conjunta de AH e BPCP, via pulverização foliar no momento do transplântio das mudas para o canteiro e como controle (CONTR), o manejo convencional dos agricultores para a obtenção de

hortaliças com padrão comercial na CEASA da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Os AH utilizados foram isolados de compostagem de esterco bovino e as BPCP foram extraídas de orquídea *Cymbidium* sp.. Foram avaliadas as características de crescimento das espécies (altura, comprimento e largura da maior folha, circunferência, diâmetro e massa fresca e seca da porção comercial das plantas) e o conteúdo de nutrientes minerais (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn). Os resultados foram submetidos à ANOVA, os efeitos dos tratamentos, assim como o efeito de cada tratamento entre as três hortaliças foram comparados por contrastes médios, utilizando o Teste F, no software estatístico R. Os tratamentos bioestimulantes promoveram incremento nas características de produtividade e no conteúdo de nutrientes minerais das hortaliças testadas. A alface foi à hortaliça com maior incremento relativo, com incremento na maioria das variáveis avaliadas, sendo o tratamento combinado de AH+BPCP, 48% superior ao CONTR em relação à biomassa seca produzida. O brócolis apresentou respostas positivas e negativas aos tratamentos com bioestimulantes, com resultados diversas vezes não significativos, mas apresentando aumento significativo do conteúdo de alguns nutrientes minerais avaliados em relação ao controle. A rúcula também apresentou respostas positivas, com incrementos nas características de crescimento e no conteúdo de nutrientes, principalmente na biomassa fresca e seca da parte aérea (tratamento com AH+BPCP 44% superior ao CONTR, tratamento BPCP 54% maior que o CONTR, respectivamente), além de obter incremento em todos os nutrientes avaliados. As espécies avaliadas responderam de forma distinta às mesmas doses de bioestimulantes, com a alface apresentando as melhores respostas nos tratamentos AH e AH+BPCP e a rúcula com as melhores respostas ao tratamento BPCP. O brócolis apresentou crescimento inferior às outras plantas em todos os tratamentos. A aplicação combinada de AH e BPCP destaca-se como tecnologia a ser empregada no cultivo de alface e rúcula, incrementando a produtividade e o conteúdo de nutrientes minerais dessas hortaliças.

ABSTRACT

MAIRINCK MEIRELLES, Ana Flávia, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa – Campus Florestal, February, 2016. **Productivity vegetables (lettuce, broccoli and arugula) in response to treatment with humic acids and growth promoting bacteria in the family agriculture.** Adviser: Maribus Altoé Baldotto. Co-advisers: Lílian Estrela Borges Baldotto and Hermínia Emília Prieto Martinez.

Vegetable production is an agricultural activity that generates income and jobs for millions of Brazilians, besides the production of basic food to a balanced and healthy diet. Lettuce, broccoli and rocket are vegetables with space in the domestic market, which is challenged to meet demand and improve product quality. These crops are demanding in nutrients and Brazilian soils, mostly lack natural fertility to meet this demand, requiring high doses of fertilizers to achieve increases in productivity and quality. One option for this problem is the use of organic waste and beneficial microorganisms, both with great potential to reduce the use of mineral fertilizers, because they act in physiological processes in plants by stimulating plant growth and development. Studies show that bioactive fractions of organic matter, such as humic acid (HA), affect the metabolism of plants causing a range of responses, including increased productivity. The growth promoting bacteria in plants (GPBP) perform symbioses that beneficially affect the host plant, including absorption, assimilation and fixing nutrients antibiotics and resistance to stress. For these characteristics the HA and GPBP can increase plant productivity, and therefore the objective of this study was to evaluate the efficiency of application of humic acids and growth promoting bacteria, isolated and combined, to enhance the productivity and nutritional quality vegetables (lettuce, broccoli and rocket) in conventional systems. The experiment was carried out in the field with family farmers in conventional farming system, delineations in casualizados blocks, consisting of 4 treatments for each tested vegetable and 5 repetitions: Isolated application of HA and bacteria (GPBP), joint implementation of HA and GPBP, foliar spray at the time of transplanting the seedlings to the site and as a control (CONTR), the conventional management of farmers to obtain vegetables with commercial standard in CEASA the metropolitan region of Belo Horizonte. HA used were isolated from cattle manure composting and GPBP were extracted from orchid *Cymbidium* sp.. We

evaluated the growth characteristics of the species (height, length and width of the largest sheet, circumference, diameter, fresh and dry weight of the commercial portion plants) and the content of nutrients (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn). The results were submitted to ANOVA, the effects of treatments, as well as the effect of each treatment between the three vegetables were compared average contrasts using the F test, the statistical software R. The biostimulant treatments promoted increase in productivity features and content of nutrients of the vegetables tested. The lettuce was the vegetable with the highest relative increase, an increase in the majority of variables, and the combined treatment of HA+GPBP, 48% higher than the CONTR in the dry biomass produced. Broccoli showed positive and negative responses to treatments with biostimulants, with no significant results several times, but showing a significant increase in the content of some mineral nutrients assessed in relation to the control. The rocket also showed positive responses, with increases in growth characteristics and nutrient content, especially in fresh and dry biomass of the aerial part (treatment with HA+GPBP 44% higher than the CONTR, GPBP treatment 54% higher than the CONTR respectively), in addition to obtaining increased in all evaluated nutrients. These species responded differently to the same doses of biostimulants with lettuce presenting the best answers in the HÁ and HA+GPBP treatments and rocket with the best answers to GPBP treatment. Broccoli had lower growth other plants in all treatments. The combined application of HA and GPBP stands out as technology to be employed in lettuce and rocket cultivation, increasing productivity and content of nutrients of these vegetables.

1 INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças no Brasil e em Minas Gerais emprega um número expressivo de trabalhadores e contribui com a renda de diversas famílias. Em Betim é significativa a produção familiar de hortaliças, muitas delas oriundas de áreas de reforma agrária. Grande parte desses produtores tem experiência prática com produção agrícola, ofertando hortaliças de forma profissional, com padrão comercial, para o CEASA da Região Metropolitana de Belo Horizonte, porém, podendo ainda estreitar o contato com novas tecnologias desenvolvidas nos centros de pesquisa científica.

Em virtude desses aspectos, os produtores familiares vivenciam uma série de dificuldades de desenvolvimento rural, uma delas é obter maior produtividade e qualidade de seus produtos, tornando-os mais competitivos diante das exigências do mercado consumidor, além do desafio de reduzir a dependência de fertilizantes minerais, o que abrange toda a sociedade, uma vez que fazem uso de recursos não renováveis para sua produção. A demanda pelo aumento da produtividade, sem o aumento da área de produção, é problema real que exige solução: tecnologia. Em resposta às necessidades de incrementos na produtividade, mas com uma matriz de produção sustentável, despontam a biotecnologia e a reciclagem de resíduos (BALDOTTO & BALDOTTO, 2014a).

As hortaliças requerem um solo que seja rico em matéria orgânica e tenha uma disponibilidade de nutrientes adequada (NAKAGAWA et al., 1993; VILLAS BÔAS et al., 2004). No Brasil, o solo de várias regiões carece desses atributos, havendo a necessidade de aplicação de elevadas doses de compostos orgânicos, o que pode onerar os custos da produção (FONTANÉTTI et al., 2006).

Dessa forma, a adubação pode ser otimizada com a utilização de formulados inoculantes ou bioestimulantes com potencial para estimular o desenvolvimento e crescimento vegetal a partir da maior eficiência de absorção dos nutrientes presentes nos compostos orgânicos e no solo (BALDOTTO & BALDOTTO, 2014a).

A matéria orgânica do solo possui frações bioativas na forma de ácidos húmicos, que podem ser utilizadas como bioestimulantes, pois aumentam a eficiência metabólica da planta, através de mudanças nos metabolismos primário e secundário e

de alterações nas atividades enzimáticas, promovendo ganho de produtividade e incremento na qualidade nutricional dos cultivos (CANELLAS et al., 2002; NARDI et al., 2002; BALDOTTO et al., 2009; JANNIN et al., 2012; CANELLAS & OLIVARES, 2014; CANELLAS et al., 2015).

O uso de micro-organismos benéficos também tem se apresentado como uma opção na formulação de bioestimulantes, com o uso de bactérias promotoras de crescimento em plantas como uma alternativa sustentável para incrementar a produtividade vegetal (BALDOTTO & BALDOTTO, 2014a).

As bactérias promotoras de crescimento em plantas podem promover o crescimento e desenvolvimento vegetal, por sua capacidade de aumentar a absorção, solubilidade e assimilação de alguns nutrientes, além da habilidade de fixação de nitrogênio atmosférico, pela promoção de alterações hormonais benéficas às plantas, pela emissão de compostos orgânicos voláteis que aumentam a tolerância ao estresse ambiental e por induzir na planta resistência a patógenos (BALDOTTO, 2009; RUZZI & AROCA, 2015). Portanto, os ácidos húmicos (AH) e as bactérias promotoras de crescimento são eficientes em acelerar o crescimento e o desenvolvimento das plantas, reduzir custos e otimizar o tempo de cultivo, com grande potencial biotecnológico para formulação de bioestimulantes (CONCEIÇÃO et al., 2008; MARQUES JÚNIOR et al., 2008; BALDOTTO et al., 2010a; CANELLAS et al., 2013; OLIVARES et al., 2015). Dessa forma, é possível que a utilização conjunta dos mesmos potencialize os efeitos benéficos de ambos nos cultivos vegetais, incrementando a produtividade (CANELLAS & OLIVARES, 2014; BALDOTTO & BALDOTTO, 2014a).

O uso isolado ou combinado dos ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento podem promover incremento da produtividade e qualidade nutricional de hortaliças, como demonstrado em trabalhos anteriores (ARANCON et al., 2003; GOMES et al., 2003; RODDA et al., 2006; SOTTERO et al., 2006; BEZERRA et al., 2007; KARAKURT et al., 2009; BALDOTTO et al., 2010a; YILDIRIM et al., 2011; HERNANDEZ et al., 2013; OLIVARES et al., 2015). Esses experimentos foram conduzidos em sua maior parte em casas de vegetação, sem a participação dos produtores rurais, sendo importante tornar acessível e validar essa tecnologia nesses espaços.

Assim, buscar alternativas que aumentem a eficiência metabólica das plantas, privilegiando a adubação orgânica (principalmente oriunda de resíduos orgânicos) e o uso de micro-organismos que potencializem a absorção, fixação e solubilização de nutrientes presentes no solo e nos compostos orgânicos, é fundamental para a sustentabilidade dos agroecossistemas.

Portanto, com base no potencial destacado, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a eficiência de bioestimulantes, à base de ácidos húmicos e de bactérias promotoras de crescimento, de forma isolada e conjunta, em incrementar a produtividade e a qualidade nutricional de hortaliças (alface, brócolis e rúcula) em sistemas convencionais de cultivo em unidades de agricultura familiar, na Região Metropolitana de Belo Horizonte.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Produção de hortaliças no Brasil

No Brasil, a olericultura é uma atividade agrícola de grande relevância socioeconômica e que ganhou destaque no cenário nacional a partir de 1970, com a criação de núcleos de pesquisa e desenvolvimento voltados para o cultivo de hortaliças adaptadas às condições edafoclimáticas do país. Ao longo dos anos os centros de pesquisa, como o Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, a partir de 1997 denominado Embrapa Hortaliças, desenvolveram junto a outras instituições de pesquisa uma série de melhorias, orientações e tecnologias para o avanço da horticultura brasileira (CARVALHO et al, 2013).

A produção de hortaliças é um empreendimento que requer considerável investimento inicial, estima-se entre US\$ 1 mil a 5 mil por hectare, e que é muito suscetível a riscos envolvendo problemas fitossanitários, climáticos e instabilidade de preços no mercado (VILELA & HENZ, 2000). Ainda assim é considerada uma atividade rentável, de alta produtividade e com rápido retorno financeiro, por serem os cultivos, temporários.

É um mercado em expansão e suas necessidades refletem cada vez mais os desejos do consumidor final, de forma que os produtores têm que se adaptar continuamente para atender essas demandas. Sejam elas por melhoria da qualidade (sabor, nutricional), rastreabilidade da origem, tamanho/forma/cor dos produtos (hortaliças “mini e baby”), cultivo livre de agrotóxicos, certificações orgânicas, entre outros.

A atividade agrícola movimenta anualmente, aproximadamente R\$ 25 a 53 bilhões, em uma área plantada de 656,7 mil hectares, gera mais de 7,3 milhões de empregos, com uma produção de 19,62 milhões de toneladas, segundo dados de 2012 (CARVALHO et al, 2013).

A produção brasileira vem crescendo a cada ano em função de aumentos na produtividade, os quais se obtiveram com a inserção de novas tecnologias à

atividade, como exemplos o “mulching”, cultivos protegidos, hidroponia, uso de semente híbridas e melhoradas.

Muitos dos empreendimentos dedicados à horticultura no Brasil se encaixam no molde da Agricultura Familiar. Considera-se agricultor familiar e empreendedor familiar rural, segundo a Lei 11.326, de 2006 (BRASIL, 2006), aquele que pratica atividade no meio rural, e simultaneamente, (i) não detenha, a qualquer título, área maior do que quatro módulos fiscais; (ii) utilize predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; (iii) tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividade econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento na forma estabelecida pelo Poder Executivo; (iv) dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família. Esse conceito de agricultor familiar está estreitamente relacionado aos critérios oficiais para obtenção de crédito pelo Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF).

O PRONAF foi criado com o objetivo de estimular a geração de renda e melhorar o uso da mão de obra familiar, por meio do financiamento de atividades e serviços rurais agropecuários e não agropecuários desenvolvidos em estabelecimento rural ou em áreas comunitárias próximas. Em conformidade com a Lei 11.326, é considerado agricultor familiar, portanto, habilitado a receber crédito do PRONAF, o agricultor que: (i) explorar parcela de terra na condição de proprietário, posseiro, arrendatário, comodatário, parceiro, assentado pelo Programa Nacional de Reforma Agrária ou permissionário de vias públicas; (ii) trabalhar com a família, contratando, no máximo, número de empregados permanentes inferior ao de membros da família ocupados com a atividade e/ou trabalho temporário em caráter sazonal; (iii) possuir área correspondente a, no máximo, quatro módulos fiscais; (iv) residir no imóvel explorado ou em área próxima; e (v) retirar da exploração agropecuária ao menos 50% de sua renda bruta familiar (PRONAF, 2012).

Segundo a OECD/FAO (2015) as propriedades familiares representam mais de 80% das unidades de produção nacionais, com mais de 12 milhões de pessoas, ou cerca de 75% do total de empregos gerados em atividades rurais. Além disso, a agricultura familiar é responsável direta por aproximadamente 70% dos alimentos que compõem a mesa brasileira (FAO, 2014). A produção que resulta da agricultura

familiar se destina basicamente às populações urbanas e locais, o que é essencial para a segurança alimentar e nutricional brasileira.

2.2 Características das espécies vegetais trabalhadas: alface, brócolis e rúcula

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertencente à família Asteraceae é originária de clima temperado (região do Mediterrâneo), e há séculos é cultivada no mundo inteiro para consumo em saladas e como ingrediente de sanduíches. Por ser oriunda de clima temperado, houve a necessidade de desenvolvimento de novas cultivares mais adaptadas às condições tropicais (COSTA & SALA, 2005; ARANTES et al., 2014), existindo assim no Brasil uma série de cultivares nacionais e importadas de outras regiões tropicais.

Entre essas cultivares há algumas diferenças morfológicas, as quais devem ser sempre levadas em consideração nos estudos, pois apresentam características distintas relacionadas à sua textura, tamanho, durabilidade pós-colheita, cor, maciez. Assim, as cultivares podem ser agrupadas em cinco tipos, dependendo de sua morfologia: repolhuda lisa, repolhuda crespa ou americana, solta lisa, solta crespa e tipo romana (SUINAGA & HENZ, 2009).

No Brasil e no mundo, a alface é a hortaliça folhosa mais consumida em saladas (SANTOS et al., 2001), sendo cultivada em 66.301 estabelecimentos brasileiros, com uma produção de 525.606 toneladas anuais (IBGE, 2006). Essa preferência ocorre pelo seu sabor, qualidade nutritiva e baixo custo (COMETTI et al., 2004), além da facilidade de aquisição do produto, disponível o ano todo em supermercados e feiras.

O consumo de alface apresenta vários benefícios à saúde humana, uma vez que possui elevados teores de vitaminas A, B1, B2, B6, C, sais de cálcio e ferro (FILGUEIRA, 2008), quantidades significativas de betacaroteno, potássio, cálcio, ferro e alguns fitoquímicos, como a lactucina e os flavonoides (SILVA et al., 2011), além de propriedades antioxidantes (MELO et al., 2006).

O Brócolis (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) faz parte da família Brassicaceae, e possui variedades de inflorescência múltipla (ramoso) e única (conhecido como brócolis ninja ou brócolis de cabeça). É um vegetal crucífero, proveniente das regiões da Costa do Mediterrâneo, Ásia Menor e Costa Ocidental Europeia. No Brasil, seu cultivo foi introduzido pelos imigrantes italianos. Por ser uma espécie oriunda de clima temperado, foi necessário desenvolver cultivares mais adaptadas às condições tropicais (VELHO & DAL MAGRO, 2015).

O brócolis de inflorescência única tem ganhado espaço no mercado brasileiro, tanto para consumo in natura, quanto para processamento industrial. Em resposta a essa demanda houve um aumento no cultivo de plantas híbridas de quase 100%, passando de 6,8 mil hectares produtivos em 2008, para 11,2 mil hectares em 2011 (VELHO & DAL MAGRO, 2015).

As flores, pedúnculos florais e folhas são comestíveis, seu consumo ocorre após cozimento no caso das flores, as folhas podem ser consumidas cruas, no entanto o consumo das folhas é menor, nas variedades de brócolis de inflorescência única, uma vez que as folhas não são comercializadas (KIMOTO, 1993).

O brócolis apresenta elevados teores de cálcio e ferro, das vitaminas A e B2, rico em fibras, além de estudos recentes relatarem a presença de substâncias anticancerígenas e propriedades antivirais (CECÍLIO FILHO et al., 2012; COELHO, 2005).

A rúcula (*Eruca sativa* Mill.) pertence à família Brassicaceas, com centro de origem na região do Mediterrâneo e parte ocidental da Ásia, de porte herbáceo é uma planta anual, que necessita de temperaturas amenas para o cultivo (DA CUNHA et al., 2013). Possui sabor picante, cor verde escura e é rica em vitaminas A e C, magnésio, cálcio, potássio, enxofre, ferro e fibras (LUENGO et al., 2011).

O consumo da rúcula vem se intensificando no Brasil, suas propriedades organolépticas a tornam um ingrediente culinário muito requisitado em pizzarias, restaurantes, lojas especializadas em sanduíches, etc., essa procura contribuiu para o aumento da produção, aliada aos valores de mercado superior ao de outros cultivos de folhosas como a alface, almeirão, chicória, couve (MOURA et al., 2008).

Uma série de cultivares foi desenvolvida para tolerar temperaturas mais elevadas, mas as duas principais cultivares no país são “Folha Larga” e “Cultivada”

(ROSSI et al., 2004). O cultivo da hortaliça pode ser realizado em sistemas de cultivo convencionais, protegidos ou hidroponia, com intensificação no país, do cultivo em sistemas hidropônicos.

As hortaliças são importantes em uma dieta balanceada, pois complementam a alimentação básica, uma vez que são fontes de vitaminas, sais minerais e fibras, além de frequentemente apresentarem valor medicinal (Van DUYN & PIVONKA, 2000). Por essas características é fundamental o desenvolvimento de tecnologias que incrementem sua produtividade e qualidade.

2.3 Avaliação da fertilidade do solo e diagnose nutricional de hortaliças

Dentre os desafios de expansão do mercado de hortaliças estão à redução das perdas em todo o processo e o aumento da produtividade, a qual necessita da adoção de tecnologias eficientes e sustentáveis. Essas tecnologias só podem ser geradas com o conhecimento adequado dos fatores que influenciam a produção, estando grande parte deles, ligados à nutrição das plantas, seja em sistemas de cultivos tradicionais, protegidos ou hidroponia (FURLANI & PURQUERIO, 2010).

As hortaliças necessitam de nutrição eficiente para incrementar sua produção, e essa necessidade de fertilização pode se tornar onerosa ao produtor, sendo essencial o desenvolvimento de conhecimentos para uso racional e otimizado desses recursos (VILLAS BÔAS et al., 2004; FONTANÉTTI et al., 2006). Um manejo inadequado da adubação pode gerar vários prejuízos ao meio ambiente e à saúde humana, através da lixiviação, contaminação dos produtos por micro-organismos patogênicos (SOARES & CANTOS, 2005) e plantas com concentrações de nutrientes minerais acima dos recomendados pela Organização Mundial da Saúde (DA LUZ et al., 2008).

As plantas são organismos autotróficos que vivem a partir da obtenção de CO₂ da atmosfera e da radiação solar para realização da fotossíntese, além de água e nutrientes minerais do solo, sendo fundamental a disponibilidade dos nutrientes essenciais ao desenvolvimento da planta. Esses nutrientes essenciais são definidos

em função da sua participação na planta, seja envolvido diretamente em algum processo metabólico, por sua ausência impossibilitar que a mesma complete o seu ciclo de vida ou por exercer função específica e insubstituível por outro elemento (ARNON & STOUT, 1939). Os nutrientes essenciais são compostos por macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B, Cl e Ni).

A ausência ou quantidade insuficiente desses nutrientes pode se manifestar visualmente na planta, mas na maioria dos casos, dificilmente permite que o produtor possa buscar soluções em tempo hábil para não ter a produtividade diminuída. A diagnose nutricional por meio da análise de tecidos e visual, entre outras, fornecem indicadores importantes para um bom programa de nutrição vegetal.

No entanto, antes de iniciar qualquer cultivo é fundamental a realização de amostragem e análise do solo, para avaliação da fertilidade e verificação da necessidade de recomendações de correção do solo e adubações (CANTARUTTI et al., 1999). Esses procedimentos são fundamentais para que não se tenha redução ou perdas de produtividade em função de deficiências nutricionais.

O solo de cada região, dependendo das suas características pedogênicas, terá maior ou menor disponibilidade (ou excesso/escassez) de algum nutriente, sendo assim fundamental a avaliação de sua fertilidade para potencializar a produtividade e a qualidade dos produtos. Em solos ácidos, com excesso de íons alumínio tóxicos, pobres em nutrientes, com baixa capacidade de troca de cátions e alta adsorção de fosfatos, como ocorre para os Latossolos (EMBRAPA, 2013) que dominam a maior parte do território brasileiro, a correção do solo e a adubação são essenciais para obtenção de maior produtividade, mas também oneram significativamente os custos de produção (INOCÊNCIO et al., 2009; SILVA et al., 2010).

Adicionalmente as necessidades nutricionais para a produtividade e, embora as hortaliças em geral, sejam avaliadas pelo consumidor pela sua aparência externa, a nutrição mineral adequada é fundamental para obtenção de hortaliças de qualidade (TRANI, 2012). A produção de hortaliças, geralmente em condições de cultivo intensivo, exige suprimento adequado de nutrientes em todos os seus estádios de desenvolvimento, uma vez que o desequilíbrio nutricional, por excesso ou carência

de nutrientes, é fator estressante para a planta e tem impacto direto em sua produtividade (FURLANI & PURQUÉRIO, 2010).

A recomendação de adubação da alface e do brócolis podem ser encontradas em “Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais” (RIBEIRO et al., 1999). As recomendações de adubação da rúcula seguem os valores indicados para outras culturas, como alface, almeirão, chicória, não existindo estudos que façam recomendações específicas para a cultura, e que apresentem diferenças entre as cultivares e sistemas de cultivo (PURQUERIO et al., 2007). A recomendação para alface e brócolis, indica correção da acidez (calagem) e adubação de acordo com resultado da análise química do solo, indicando adubação com NPK (sendo toda a dose de fósforo aplicada na ocasião do plantio e o nitrogênio e potássio parcelados em uma parte no plantio e outra em cobertura) e micronutrientes, destacando-se a importância da adubação com boro no caso do brócolis. A ausência de boro é responsável pelo caule oco, por má formação das inflorescências e até por sabor desagradável, em caso de deficiências severas no cultivo de brócolis (KIRKBY & RÖMHELD, 2007).

Cada espécie vegetal tem formas de cultivo (FILGUEIRA, 2008) e exigências específicas por alguns nutrientes, que se não atendidas se manifestam através de alguns sintomas ou lesões. Para evitar deficiências nutricionais, uma adubação adequada e que possa ter um aproveitamento otimizado será um benefício aos produtores e consumidores de hortaliças. Dessa forma, os bioestimulantes orgânicos podem ser uma alternativa para otimizar os efeitos da adubação e contribuir para ganhos em produtividade e qualidade nutricional.

2.4 Tecnologias com base em resíduos recicláveis e micro-organismos benéficos

A demanda por alimentos aumenta a cada ano, estima-se que a produção mundial deva aumentar em 70% para atender a população até 2050 (STEDUTO et al., 2012), e a produção de resíduos tem acompanhando o crescimento demográfico. Ambos os casos exigem soluções rápidas, eficientes e sustentáveis.

No decorrer da história da agricultura, foram desenvolvidos uma série de insumos baseados em energias não renováveis, e que agora constituem um problema, uma vez que já existem previsões de esgotamento de alguns desses recursos (CORDELL et al., 2009). Além do fim das reservas, a produção de alguns desses insumos intensifica problemas ambientais como geração de gases de efeito estufa, que agravam o aquecimento global (SNYDER et al., 2009).

Por outro lado, a produção de resíduos orgânicos e inorgânicos segue em ascensão, superlotando aterros sanitários, e muitas vezes escoando por cursos d'água e infiltrando nos solos. Alternativas biotecnológicas sustentáveis estão sendo criadas para lidar com essa situação, transformando os resíduos em materiais reutilizáveis (ALDERSON et al., 2015; VIANCELLI et al., 2015). Sob o ponto de vista da sustentabilidade muitos desses resíduos permanecem para reuso onde foram gerados (e.g. utilização da vinhaça como adubo na produção de cana-de-açúcar), ou podem ser gerados no fim da cadeia de consumo e reciclados para serem incorporados ao início da cadeia de produção (e.g. resíduos de feira, resíduos orgânicos domésticos transformados em adubos ou biofertilizantes).

Grande parte dos resíduos gerados ao longo da cadeia de produção (agrícola ou industrial) podem ser transformados e reutilizados como insumo na agricultura, como fertilizantes, condicionadores do solo, corretivos ou bioestimulantes. Alguns dos resíduos já em utilização são:

- Resíduos vegetais: fibra de coco (MOREIRA et al., 2010), restos de cultivo agrícola (FERNADÉZ-GÓMEZ et al., 2015);
- Resíduos animais: esterco de animais (DA SILVA et al., 2012, cama de aviário (NEVES et al., 2010);
- Resíduos agroindustriais: vinhaça e torta-de-filtro da indústria sucroalcooleira (DA SILVA, 2007; SANTOS et al., 2011), do processamento de frutas (CORRÊA et al., 2012), resíduos da produção de papel (ALMEIDA et al., 2007), lodo de abatedouro de aves (RODRIGUES et al., 2014a), lodo de cervejaria (NUNES et al., 2007), esgoto de criação de suínos (DE FARIA LEITE et al., 2009);

O ponto principal na utilização desses resíduos, alguns usados desde os primórdios da agricultura, são os avanços tecnológicos alcançados para otimizar a ação dos mesmos na produção agrícola.

O esterco de animais já é utilizado há séculos, porém, a compostagem desse resíduo o torna muito mais eficiente, mais estável, livre de patógenos, plantas daninhas, promove a ciclagem dos nutrientes e diminui o volume de resíduos (KIEHL, 2004). Os avanços nas pesquisas em ciência do solo, e no processo de humificação da matéria orgânica, possibilitaram o conhecimento de substâncias presentes na mesma com alto potencial bioestimulante, as substâncias húmicas. Com a extração das substâncias húmicas de compostos animais e sua aplicação nos cultivos é possível potencializar seu efeito na promoção de crescimento e desenvolvimento de plantas (CANELLAS et al., 2002; BALDOTTO et al., 2013; BALDOTTO & BALDOTTO, 2014a; CANELLAS & OLIVARES, 2014). Um recurso sustentável, que pode reduzir o uso de insumos sintéticos e a produção de lixo, contribuindo com a redução dos problemas ambientais da sociedade atual.

Contudo é importante destacar os cuidados na utilização desses resíduos (PIRES & MATTIAZZO, 2008). O Brasil carece de regulamentação objetiva e fiscalização da qualidade e segurança dos produtos gerados a partir dos resíduos, que se não processados e purificados / descontaminados, podem conter substâncias tóxicas, como metais pesados, e patógenos. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento é o órgão brasileiro responsável pelas normas sobre inspeção e fiscalização da produção e comércio de fertilizantes, corretivos e inoculantes (Decreto 4.954, publicado em 14/01/2004, que regulamenta a Lei 6.894, de 16/12/1980) e traz na Instrução Normativa SDA nº. 23 e 27 de 31/08/2005 e 05/06/2006 respectivamente (BRASIL, 2002, 2006), especificações sobre o uso de fertilizantes orgânicos oriundos de lixo doméstico e do tratamento de despejos sanitários, incluindo limites de contaminantes.

Além do maior conhecimento sobre a utilização de resíduos, ocorreram avanços científicos na compreensão da ecologia dos solos e da interação entre as plantas e micro-organismos (exógenos e endógenos) que habitam a rizosfera e as plantas. Esses micro-organismos são fungos (micorrizas) e bactérias promotoras de crescimento que estabelecem interações com a planta hospedeira, que fornece abrigo

e carboidratos enquanto que os micro-organismos favorecem a absorção, fixação e solubilização de nutrientes, promoção de crescimento, antagonismo a patógenos, alelopatia, resistência a stress abiótico (HALDAR & SENGUPTA, 2015).

O uso conjunto desses micro-organismos como inoculantes e dos resíduos, seja como condicionadores do solo, fertilizantes ou bioestimulantes, podem potencializar a produção agrícola, diminuindo o uso de recursos não renováveis e a produção de lixo (ARMADA et al., 2014; CANELLAS et al., 2015; DU JARDIM, 2015).

A seguir, serão abordadas, portanto, informações sobre o potencial das substâncias húmicas e das bactérias diazotróficas na promoção de crescimento e desenvolvimento de plantas.

2.4.1 Matéria Orgânica do Solo e as Substâncias Húmicas

Os solos são frutos da transformação física - química - biológica das rochas e de materiais originários sedimentares, preservando características herdadas das mesmas, evoluindo para o desenvolvimento de características genéticas e adquirindo outras características da biosfera ao longo desse processo. Mais que um substrato mineral, o solo é também um meio biológico onde habitam grandes quantidades de micro-organismos. Esses micro-organismos desempenham serviços ecológicos fundamentais no solo, como a ciclagem de nutrientes, principalmente no ciclo do carbono, e conseqüente, na formação das substâncias húmicas (BALDOTTO & BALDOTTO, 2014a).

No horizonte superior do solo (O), a decomposição dos materiais de origem vegetal e animal, ocorre com a participação intensiva dos micro-organismos, que mediante a disponibilidade de nutrientes, degradam os resíduos até um ponto de estabilização, ou seja, de humificação (CANELLAS & SANTOS, 2005).

Quase a totalidade do húmus é formada por partículas em que não se pode distinguir a origem, ou seja, sua identidade bioquímica, devido a sua decomposição em partículas menores e a sua reorganização em arranjos (macro / supra)

moleculares, denominadas substâncias húmicas (SH). Durante o processo de transformação da matéria orgânica, os micro-organismos agem sobre os resíduos até a estabilização biológica do material, e posteriormente, esse resíduo é convertido a dióxido de carbono, rico em grupos funcionais, e se estabiliza quimicamente a partir das reações entre os grupos orgânicos. A partir da estabilização química ocorre a estabilização física, com o rearranjo desses grupos orgânicos condensados em supramoléculas (BALDOTTO & BALDOTTO, 2014a).

As substâncias húmicas são, portanto, complexos e heterogêneos compostos orgânicos de macromoléculas de carbono, resultantes das transformações física, química e pela atividade biológica, dos resíduos animais e vegetais, com estrutura molecular diferenciada e grande persistência no solo (BALDOTTO & BALDOTTO, 2014a; TAHIRI et al, 2014; CANELLAS et al., 2015).

Presentes naturalmente nos sedimentos (fósseis), água e solos, as substâncias húmicas influenciam positivamente propriedades físicas, bioquímicas e microbiológicas dos compartimentos onde atuam (STEVENSON, 1994; SANTOS & CAMARGO, 1999).

Com o conhecimento acerca das SH, se iniciaram os trabalhos científicos buscando a definição da forma e massa molecular dessas substâncias. As evoluções tecnológicas ocorridas nas últimas décadas propiciaram maior compreensão das SHs que compõem a matéria orgânica, desenvolvendo continuamente metodologias que buscam elucidar a estrutura molecular das mesmas (CANELLAS & SANTOS, 2005).

A busca por esse conhecimento se deu primeiramente pela hipótese de uma estrutura macromolecular das substâncias húmicas, baseada em estudos de Schnitzer & Khan (1972), Kononova (1982), Stevenson (1994) e de Santos & Camargo et al. (1999), onde as substâncias húmicas seriam (macro) polímeros que variam em função das condições do solo, ou seja, funcionam como um coloide orgânico. Esse modelo foi reafirmado por Clapp & Hayes (1999) e Swift (1999). Porém, para muitos o modelo que possuía relativo consenso quanto aos grupos funcionais e reações de superfície, os quais explicavam a reatividade das substâncias húmicas, era, no entanto, controverso quanto à estrutura e conformação dessas substâncias (BALDOTTO & BALDOTTO, 2014).

Outra hipótese é apresentada nos trabalhos de Wershaw & Aiken (1985) e Wershaw (1993). Nessa hipótese as substâncias húmicas em solução funcionariam como micelas ou pseudo-micelas com exterior hidrofílico e interior hidrofóbico, explicado pela associação fraca de pequenas espécies moleculares. Essa hipótese não substituiu a anterior, que continuou sendo defendida, mas trouxe novas possibilidades à luz, como a agregação de partículas de tamanhos moleculares diferentes, contrastante com a visão de estrutura macromolecular, mas as lacunas permaneceram (CANELLAS & SANTOS, 2005).

O trabalho de Piccolo (1996) faz um avanço ao propor que as substâncias húmicas seriam uma associação de pequenas moléculas orgânicas, agregadas de forma semelhante a membranas biológicas bipolares, como apresentado por Wershaw (1993). Assim, desenvolvida inicialmente por Piccolo (2002), com contribuições de Sutton & Sposito (2005), as substâncias húmicas seriam definidas como uma associação de pequenas moléculas orgânicas heterogêneas, em um arranjo supramolecular unido por ligações hidrofóbicas de interações fracas como as de van der Waals e pontes de hidrogênio. O modelo de estrutura supramolecular foi um grande avanço na compreensão da química do húmus, apresentando possibilidades teóricas para as lacunas das hipóteses anteriores e sendo a explicação mais aceita atualmente.

Vários trabalhos com técnicas analíticas modernas buscam determinar a estrutura supramolecular das SH, através de cromatografia (AGUIAR et al., 2009; NEBBIOSO et al., 2014), espectroscopia de absorção e emissão, de fluorescência e de ressonância magnética nuclear (AZEVEDO & NOZAKI, 2008; PRIMO et al., 2011; SANTOS et al., 2015; RODRÍGUEZ et al., 2016).

Com base no modelo supramolecular, a estabilidade molecular das SH, ligadas por forças fracas, pode ser reduzida por ácidos orgânicos, exsudados pelo sistema radicular na solução do solo, reduzindo a complexidade estrutural mediante progressiva quebra das interações moleculares e resultando na liberação de moléculas húmicas individuais (PICCOLO, 2002). Essas moléculas húmicas podem então ser estudadas, após terem sido isoladas e identificadas, através da combinação de técnicas analíticas avançadas, mediante o protocolo nomeado de 'humeomics' por Nebbioso & Piccolo (2011; 2012).

Essa abordagem proposta pelo 'humeomics' é uma tentativa de obter a conformação estrutural das SH, pois segundo os autores as outras técnicas até então utilizadas provocavam uma redução forçada das partículas muito intensa, em que dificilmente a partícula fracionada poderia realmente ser representativa de uma molécula individual das substâncias húmicas (NEBBIOSO & PICCOLO, 2012).

Mesmo com os avanços das técnicas de análise para identificação estrutural das SH, a comprovação e determinação plena de sua estrutura ainda não foram alcançadas. Contudo, a composição elementar e os grupamentos funcionais que as compõem (principalmente os elementos de maior reatividade com prótons, elétrons, íons metálicos e pesticidas) já foram adequadamente caracterizados (STEVENSON, 1994; BALDOTTO et al., 2007; SPOSITO, 2008; CANELLAS et al., 2008a; BALDOTTO et al., 2013).

Estudos demonstram que as substâncias húmicas possuem, em seus agregados supramoleculares, moléculas bioativas com efeito no crescimento e metabolismo das plantas, uma vez que agem sobre processos bioquímicos e fisiológicos como a absorção de nutrientes e a ativação ou inibição de processos enzimáticos (VAUGHAN et al., 1985; CHEN & AVIAD, 1990; NARDI et al., 2002; MUSCOLO et al., 2007; CANELLAS et al., 2009). A esse efeito das substâncias húmicas se dá o nome de bioatividade ou bioestimulação, cujos mecanismos de ação serão detalhados no próximo tópico.

Para realização dos estudos acerca dos efeitos das SH no solo e no crescimento de plantas, elas são primeiramente fracionadas e purificadas, para que se proceda, o estudo das suas propriedades. As SH são compostas por três frações: (1) ácidos húmicos (AH), fração hidrofóbica em condições ácidas, mas solúvel em pH elevado; (2) ácidos fúlvicos (AF), fração solúvel em água em todas as condições de pH e (3) huminas, fração hidrofóbica em qualquer condição de pH, sendo as frações AH e AF mais estudadas até ao momento. O protocolo para fracionamento e purificação das substâncias húmicas está descrito no site da Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS, 2015) e também detalhado e discutido no trabalho de Canellas & Santos (2005).

Os ácidos húmicos são a fração mais bioativa das SH (CANELLAS et al., 2002; FAÇANHA et al., 2002; NARDI et al., 2002; CANELLAS et al., 2008a;

CANELLAS et al., 2015), pois, combinando porções hidrofílicas e hidrofóbicas, alifáticas e aromáticas, intermediárias entre os ácidos fúlvicos e as huminas, admite-se que possam ter maior propriedade de bioproveniência, que é a capacidade de reter entre essas porções estruturais, resíduos de substâncias bioativas, como as auxinas (BALDOTTO & BALDOTTO, 2014a) e, portanto, foi fração escolhida para uso nesse trabalho.

2.4.1.1 Bioatividade dos ácidos húmicos

As SH promovem o crescimento e desenvolvimento vegetal por meio de uma série de mecanismos, muito estudados, mas ainda não completamente elucidados (NARDI et al., 2009; TREVISAN et al., 2010; BALDOTTO & BALDOTTO, 2014a; TAHIRI et al., 2014). Embora exista um consenso acerca dos efeitos positivos da ação dos AH no aumento da eficiência metabólica das plantas, os mecanismos dessa ação não são consensuais (BERBARA & GARCÍA, 2014; TAHIRI et al, 2014).

As substâncias húmicas afetam o metabolismo vegetal indiretamente, através de benefícios nas propriedades do solo (ROCHA & ROSA, 2003) que refletem no desenvolvimento da planta, e por mecanismos diretos, como alterações no sistema radicular e na parte aérea via aumento no transporte de íons, maior produção de ATP (em função do aumento da respiração e da velocidade das reações enzimáticas), aumento do conteúdo de clorofila, da síntese de ácidos nucleicos e de proteínas e da atividade enzimática (NANNIPIERI et al., 1983).

Essas alterações no metabolismo vegetal por influência dos ácidos húmicos induz mudanças no sistema radicular, principalmente na arquitetura das raízes e em sua dinâmica de crescimento, provocando o aumento da densidade e área superficial das raízes, em função de estímulos de alongamento da raiz primária e adventícias, e do incremento na produção de raízes laterais e pelos radiculares (CANELLAS et al., 2002; FAÇANHA et al., 2002; RODDA et al., 2006, BALDOTTO et al., 2011; SILVA et al., 2011a; CANELLAS & OLIVARES, 2014). Essas mudanças

possibilitam aumento da quantidade de sítios de absorção de água e nutrientes pelas plantas, conduzindo a promoção de crescimento e desenvolvimento vegetal.

O conhecimento dos mecanismos de ação dos ácidos húmicos que promovem o incremento no crescimento e desenvolvimento vegetal foram objetos de vários estudos, os quais serão sintetizados nas próximas linhas. Adicionalmente, uma revisão sobre os ácidos húmicos pode ser encontrada em Baldotto & Baldotto (2014a).

Existem três hipóteses principais para explicar os mecanismos de ação dos ácidos húmicos, que propiciam o incremento do crescimento e desenvolvimento vegetal. A primeira hipótese se baseia na alteração da solubilidade do complexo húmico-metal, a qual torna mais fácil a assimilação e absorção de nutrientes (CHEN et al., 2004). Outra justificativa é o aumento da permeabilidade das membranas celulares, tornando-as mais acessíveis à entrada de íons e melhorando a nutrição celular (VISSER, 1985; CANELLAS & SANTOS, 2005; RODDA et al., 2006; BALDOTTO et al., 2011). O incremento na ativação das H⁺-ATPases da membrana plasmática das células, ativa o transporte de exoenzimas que degradam a parede celular (PICCOLO et al., 2001; FAÇANHA et al., 2002; CANELLAS & SANTOS, 2005; ZANDONADI et al., 2006). Essa atividade aumenta a síntese de ATP, que gera energia e gradiente eletroquímico necessário para o funcionamento do sistema de translocação de íons e outros metabolitos (para a absorção de nutrientes) e para que ocorra a acidificação do apoplasto, aumentando a plasticidade da parede celular, fundamental para o alongamento do tecido vegetal (BALDOTTO & BALDOTTO, 2014a). A terceira hipótese está relacionada à capacidade dos AH de estimularem ou inibirem algumas atividades enzimáticas.

Os efeitos positivos dos AH no metabolismo vegetal foram comparados por alguns autores (NARDI et al., 2002; FAÇANHA et al., 2002; ARANCON et al., 2006; MORA et al., 2012), ao efeito de reguladores de crescimento de plantas como as auxinas. A matéria orgânica ao ser humificada, preserva em sua estrutura substâncias bioativas, capazes de ativar rotas metabólicas semelhantes a alguns fitormônios (CANELLAS et al., 2002). Com base na teoria supramolecular, alguns compostos com capacidade bioreguladora e bioestimulante (como os hormônios vegetais) podem estar integrados de forma fraca e fácil de ser liberada da

supraestrutura dos ácidos húmicos, podendo ser liberadas com as condições ambientais adequadas, como através de mudanças no pH das raízes em função da liberação na solução do solo, de exsudados de ácidos orgânicos, como citratos, oxalatos e malatos (FAÇANHA et al., 2002, CANELLAS et al., 2015).

A ação dessas moléculas bioativas dos AH, semelhantes às auxinas, estimularia processos metabólicos na planta e na atividade microbiana da rizosfera, promovendo o aumento da síntese de H⁺-ATPases na membrana plasmática, que a partir da geração de energia, via hidrólise de ATP, promoveria energização dos transportadores secundários de íons e o aumento da plasticidade celular via acidificação do apoplasto (CANELLAS & OLIVARES, 2014; BALDOTTO & BALDOTTO, 2014a). Ambos, processos centrais no crescimento vegetal, uma vez que a elevação do número de transportadores secundários de íons possibilita o aumento da absorção de nutrientes e o outro em função do aumento da plasticidade celular que provocaria a expansão celular do tecido vegetal, e conseqüentemente o crescimento da planta. Esses pressupostos estão de acordo com a teoria do crescimento ácido induzido por auxinas (HAGER, 2003).

A presença de AIA (fitormônio auxínico) na estrutura das SH foi confirmada por Quaggiotti et al. (2004) por meio de um ensaio imunológico. Canellas (2011), demonstrou que algumas plantas podem não possuir os receptores adequados para determinado hormônio vegetal, no trabalho em questão, receptores auxínicos em tomates mutantes dgt, e que, portanto, os efeitos de promoção do crescimento e desenvolvimento em plantas, com o uso de auxina e AH não ocorreriam.

Contudo, os efeitos positivos dos AH no desenvolvimento das plantas, não são atribuídos apenas à sua ação semelhante à de reguladores de crescimento como as auxinas. Em trabalhos com monitoramento de perfis transcriptômicos de plantas tratadas com SH, foi possível concluir que outras vias de sinalização metabólica, que não as auxínicas, estão presentes e agem para a promoção do crescimento da planta (AGUIRRE et al., 2009; TREVISAN et al., 2011; MORA et al., 2012; JANNIN et al., 2012). As SH têm efeito sobre a fisiologia das plantas, a partir de redes complexas de transcrição, modificando a expressão de genes envolvidos em metabolismos primários e secundários, alguns efeitos ligados à atividade auxínica e

outros envolvendo vias de sinalização 'AIA-independentes' (CANELLAS & OLIVARES, 2014).

Estudos demonstram efeitos dos AH no metabolismo vegetal primário, por meio do aumento da fotossíntese e respiração (HEIL, 2005) e do conteúdo de clorofila (XU et al., 2012). Fan et al. (2014), relatam que a aplicação de AH via foliar promoveu aumento da taxa fotossintética líquida devido à elevação dos teores de clorofila e da melhoria da ultraestrutura dos cloroplastos, estimulando o crescimento e desenvolvimento de plantas de crisântemo. A aplicação foliar de AH também aumentou o conteúdo de açúcares e proteínas solúveis nas folhas, a atividade de enzimas antioxidantes e promoveu o decréscimo de malondialdeído (MDA), contribuindo para maior durabilidade das flores de crisântemo após o corte (FAN et al., 2015).

Tahiri et al. (2016) confirmou o efeito dos AH sobre a fisiologia vegetal, por meio de análise da variação transcricional de genes envolvidos no transporte de auxinas, no metabolismo de C e N e na resistência a estresse abiótico. Esse estudo demonstra que os AH contêm moléculas fisiologicamente ativas que interagem com as atividades endógenas da planta, como respiração, fotossíntese, síntese proteica, atividade enzimática e expressão de genes. Além de confirmar a relação com alguns componentes do metabolismo anti-oxidativo e a geração de espécies reativas de oxigênio (ROS). Os AH constituiriam, por essas características, uma tecnologia potencial para revegetação de solos contaminados por poluentes diversos, incluindo metais pesados, ou áreas de condições abióticas estressantes (ex. regiões áridas).

Em resumo, os AH através dos mecanismos apresentados, promovem incremento do sistema radicular com aumento da quantidade de raízes e o alongamento das raízes primárias e adventícias (CANELLAS et al., 2008b), incremento nos teores e conteúdos de macro e micronutrientes (CHEN & AVIAD, 1990; NARDI et al., 2000; CHEN et al., 2004; QUAGGIOTTI et al., 2004; BALDOTTO et al., 2009; MORA et al., 2010; JANNIN et al., 2012; HALPERN et al., 2015), incremento na biomassa superior (parte aérea), incluindo folhas, flores, frutos e sementes (CAVALCANTE et al., 2011; FAN et al., 2014; BALDOTTO & BALDOTTO, 2015; CANELLAS et al., 2015), encurtamento de períodos críticos dos cultivos como mudança da casa de vegetação para o campo (BALDOTTO et al.,

2014c;), proteção e amenização dos efeitos de estresse abiótico (GARCÍA et al., 2012; FAN et al., 2015; MOGHADAM et al., 2014; OLIVARES et al., 2015) e indução de resistência a patógenos (KESBA & AL-SHALABY, 2008; EL-GHAMRY et al., 2009; EL-MOHAMEDY & AHMED, 2009; KESBA & EL-BELTAGI, 2012).

A utilização de ácidos húmicos possui ainda o potencial de otimizar a eficiência da adubação mineral (BALDOTTO & BALDOTTO, 2014a) e integrar a formulação de inoculantes biofertilizantes e bioestimulantes (MARQUES JÚNIOR et al., 2008; BALDOTTO et al., 2010a; CANELLAS & OLIVARES, 2014; RODRIGUES et al., 2014b, CANELLAS et al., 2015).

Contudo, é necessária atenção à utilização dos ácidos húmicos, visto que nem todas as aplicações têm efeito positivo (BALDOTTO & BALDOTTO, 2013; ZANDONADI, 2014). É fundamental determinar em que características morfológicas das plantas (incluindo os genótipos) se desejam increments, quais são as doses de maior eficiência dos ácidos húmicos, e de que fonte os ácidos húmicos devem ser extraídos (BALDOTTO & BALDOTTO, 2014a), para assegurar o sucesso do uso deste bioestimulante.

O interesse agrônômico pelo uso dos AH e pela sua comercialização vem aumentando em função das respostas positivas dos trabalhos citados. Empresas de fertilizantes têm desenvolvido formulados com substâncias húmicas, entre elas a Fertilizantes Heringer S/A (FH Humics®), SNatural (Humus Bio-Agro®), DominiSolo (CARBONSOLO®), Agrolatino (Agrolmin®), demonstrando que o mercado já possui interesse nessa tecnologia.

Assim, os AH são uma tecnologia para reduzir o uso de fertilizantes sintéticos, reguladores de crescimento sintéticos e defensivos químicos, uma vez que apresentam resultados positivos nesses aspectos do cultivo vegetal (CANELLAS et al., 2015).

2.4.2 Bactérias promotoras de crescimento em plantas (BPCP)

A busca por práticas agrícolas sustentáveis, com redução das perdas (de água, lixiviação de nutrientes, por ataque de pragas e doenças) e diminuição do uso de

insumos sintéticos (fertilizantes, pesticidas) é urgente em nossa sociedade. Essa necessidade de uso mais eficiente dos recursos deve acontecer sem comprometer o aumento da produção, uma vez que a demanda por alimentos aumenta, assim como o crescimento populacional. O uso de microrganismo é uma opção tecnológica sustentável para incrementar o uso eficiente e a capacidade de absorção de água e nutrientes (DÖBEREINER, 1997; ARMADA et al., 2014).

O termo bactérias promotoras de crescimento em plantas (BPCP) inclui três tipos de bactérias, em função da sua forma de vida, sendo (i) bactérias de vida livre, que habitam áreas de entorno da rizosfera, (ii) bactérias epifíticas que colonizam a superfície dos órgãos e tecidos vegetais e (iii) as bactérias endofíticas que vivem no interior das plantas, seja na folha, caule ou raízes (RUZZI & AROCA, 2015).

As bactérias promotoras de crescimento em plantas (BPCPs) compreendem um grande número de micro-organismos que apresentam em suas propriedades a capacidade de estimular o crescimento vegetal através de vários processos, que incluem: a fixação biológica de N₂, o aumento da disponibilidade de nutrientes na rizosfera, a expansão da área de superfície radicular e aumento de simbioses benéficas para o hospedeiro (VESSEY, 2003). Os modos de ação das BPCP são diversos e nem todas as bactérias possuem os mesmos mecanismos, os quais variam em função de mudanças no conteúdo hormonal, na produção de compostos voláteis, do incremento de nutrientes disponíveis ou no aprimoramento a tolerância ao estresse ambiental (CHOUDHARY et al., 2011).

Trabalhos com bactérias promotoras de crescimento em plantas usadas na agricultura incluem principalmente, as estirpes dos gêneros *Agrobacterium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Alcaligenes*, *Arthobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Comamonas*, *Glucanacetobacter*, *Herbaspirillum*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Serratia* e *Variovorax* (KLOPPER et al., 1989; SILVA & MELLONI, 2011; RUZZI & AROCA, 2015).

Uma série de estudos se dedicou a compreender o modo de ação das BPCPs, na promoção de crescimento e desenvolvimento vegetal, sendo possível agrupá-los em cinco principais hipóteses para os meios de ação dessas bactérias.

O primeiro seria por mudanças nos conteúdos hormonais das plantas hospedeiras. Um experimento com o uso de uma estirpe de *Pseudomonas putida*

mutante que não possuía a enzima 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC) deaminase, foi incapaz de promover o crescimento de raízes de plântulas de canola, sendo uma das primeiras evidências do papel da redução dos conteúdos de etileno (precursor da ACC deaminase) no incremento de crescimento de plantas (GLICK et al., 1994). O impacto dessas mudanças no conteúdo de etileno, via transdução completa dos sinais de etileno, afetou o crescimento de *Arabidopsis thaliana* tratada com BPCP de estirpes do gênero *Variovorax paradoxus* 5C-2, como foi confirmado por Chen et al. (2013). Outros fitormônios também influenciam o crescimento das plantas, como as auxinas, com efeitos muito positivos no crescimento de plantas (ENDERS & STRADER, 2015). Algumas BPCP, inclusive, induzem genes de resposta-auxinica nas plantas hospedeiras (CONTESTO et al. 2010; LAKSHMANAN et al., 2013). Outros fitormônios também são afetados pelas BPCP, como o ácido abscísico, citoquinonas e giberelinas, as quais são extremamente importantes na divisão e alongamento celular, e em outros processos como abertura estomática, mecanismo pelo qual a planta regula a perda de água e absorção de CO₂ (MIRZA et al., 2001; KARADENIZ et al., 2006; PORCEL et al., 2014; SALOMON et al., 2014).

As BPCP emitem compostos orgânicos voláteis (VOCs) que promovem o crescimento de plantas. Esses compostos induzem a resistência a patógenos e podem aumentar a tolerância das plantas a condições ambientais de estresse (KANCHISWAMY et al., 2015), mas é muito importante identificar os mecanismos de sinalização dos VOCs nas BPCP, pois níveis altos desses compostos podem ser inibidores do crescimento ou tóxicos às plantas.

Outro meio de ação das BPCP se dá através do incremento da disponibilidade e absorção de nutrientes pelas plantas, sendo por isso usado para preparo de inoculantes há anos. No entanto, os mecanismos exatos que propiciam esses incrementos são pouco compreendidos (RUZZI & AROCA, 2015). Algumas BPCP são eficientes em aumentar a absorção de nitrogênio (N) e a concentração de N nos tecidos, em virtude do aumento da disponibilidade de N nos solos, e algumas BPCP tem também a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico aumentando o conteúdo de N na planta (BALDANI et al., 1997; DÖBEREINER, 1997; CANBOLAT et al., 2006; KUSS et al., 2007). Além disso, o trabalho de Parra-Cota et al. (2014), com

BPCP do gênero *Burkholderia* demonstraram a habilidade de incrementar a expressão de transportadores de nitrato (NRT1) em plantas de amaranto. As bactérias capazes de fixar N₂ atmosférico e o reduzir para a forma inorgânica NH₃, a qual a planta é capaz de absorver, são chamadas de bactérias diazotróficas. Diversas BPCP também podem solubilizar fosfatos, levando ao aumento da disponibilidade de fósforo (P) nos solos, que pode ser absorvido pelas plantas (RODRIGUEZ et al., 2000; VERMA et al., 2001; GARG et al., 2001; CANBOLAT et al., 2006; BALDOTTO et al., 2010b). Algumas BPCP conseguem ainda facilitar a absorção de potássio (K) e torná-lo menos imóvel no solo, além de incrementar sua disponibilidade nos solos (RUZZI & AROCA, 2015).

Outro importante mecanismo de ação das BPCP está ligado ao aumento da tolerância ao estresse abiótico, incluindo diminuição da disponibilidade de metais pesados no solo por mecanismos de remoção do elemento do solo, redução de dano oxidativo pela diminuição de espécies oxigênio reativas e pelo aumento da capacidade antioxidante, os detalhes desse mecanismo podem ser vistos na revisão de Ruzzi & Aroca (2015).

As BPCP promovem indução de resistência a patógenos por meio da síntese de sideróforos e da indução de resistência sistêmica na planta hospedeira (KLOEPPER et al., 1999; LODEWYCKX et al., 2002; JETIYANON & KLOEPPER, 2002; PLANCHAMP et al., 2014; OLIVARES et al., 2015).

Portanto, essas bactérias isoladas e purificadas de algumas espécies vegetais, ou do solo, podem contribuir significativamente com o desenvolvimento vegetal, como revelam estudos nos últimos anos (MARQUES JÚNIOR et al., 2008; BALDOTTO & BALDOTTO, 2013; BALDOTTO & BALDOTTO, 2014b; CANELLAS & OLIVARES, 2014; RUZZI & AROCA, 2015).

As bactérias podem ter sua ação potencializada com a inoculação em conjunto com outras fontes bioestimulantes, como os ácidos húmicos, assunto abordado no tópico seguinte.

As propriedades dos AH e das bactérias diazotróficas podem possibilitar um desenvolvimento mais rápido e uma maior produtividade das plantas, reduzindo os custos com adubação e o tempo de produção dos cultivos (VERLINDEN et al., 2009; LIMA et al., 2011). Esses compostos inoculantes podem ser denominados de

bioestimulantes, os quais são extremamente eficientes na promoção de uma série de benefícios ao crescimento e desenvolvimento vegetal.

2.4.3 Efeitos da ação combinada de ácidos húmicos e bactérias diazotróficas em formulados bioestimulantes

Uma vez que os ácidos húmicos afetam os mecanismos primários e secundários das plantas, incluindo os perfis de exsudação, considera-se que eles possam interferir na comunidade de micro-organismos da rizosfera (PICCOLO, 2002; TREVISAN et al., 2011). Um estudo com adição de substâncias húmicas em plantas de milho demonstrou um aumento na disponibilidade de carbono depositado nas raízes da planta, o que afetou a estrutura da comunidade microbiana (PUGLISI et al., 2008, 2009). Prosseguindo nas pesquisas Puglisi et al. (2013) constataram aumento na diversidade de micro-organismos na rizosfera com a aplicação de SH. As plantas selecionam os micro-organismos que podem auxiliar em seus processos fisiológicos de defesa, mineralização e solubilização de nutrientes (CANELLAS & OLIVARES, 2014).

Assim, a inoculação conjunta de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas é uma combinação que pode potencializar os efeitos de ambos (BALDOTTO et al., 2010a), uma vez que as BPCP são oportunistas, se aproveitando das aberturas durante a emergência de raízes laterais e pelos radiculares, provocadas pelos efeitos dos AH, para penetrar a planta e aumentar a colonização endofítica (CANELLAS & OLIVARES, 2014).

O potencial biotecnológico é vasto, pois, as BPCP podem ser selecionadas em laboratório de forma a maximizar a expressão de seus benefícios, como o efeito hormonal, (auxínico e outros), a absorção, assimilação e fixação de N, a solubilização de fosfatos e antibioses, criando um inóculo com capacidade diversa, desde a promoção de estímulos de crescimento até o antagonismo a micro-organismos indesejáveis.

Contudo, uma das dificuldades na introdução de BPCP é a competição com a microbiota natural, já adaptada às condições rizosféricas locais. No entanto, Piccolo (2002), demonstrou que BPCP selecionadas podem ser protegidas da degradação imediata (ou da competição com outros micro-organismos), pelo acondicionamento em agregados húmicos hidrofóbicos. Ou seja, a estrutura supramolecular dos AH criaria uma situação onde a inoculação conjunta de AH e BPCP é muito mais viável e promissora que o uso isolado desses bioestimulantes.

As características da população bacteriana também são importantes, pois bactérias com maior aderência às raízes superficiais são mais suscetíveis ao desenvolvimento de um biofilme, que aumentaria a sua atividade, resistência e probabilidade de colonização endofítica da planta inoculada (CANELLAS & OLIVARES, 2014).

As evidências da interação estrutural entre as bactérias e as plantas na presença das SH, embasaram o desenvolvimento de um bioestimulante/biofertilizante composto de AH e BPCP para estimular o crescimento e desenvolvimento de plantas.

Respostas positivas da ação conjunta de AH e BPCP como bioestimulantes podem ser encontrados para algumas culturas, como:

- a cana-de-açúcar, em trabalho pioneiro de Marques Júnior et al. (2008), onde microtoletes tratados com AH isolados de vermicomposto e bactérias *Herbaspirillum seropedicae* (em casa de vegetação) estimularam o aumento da biomassa da parte aérea e das raízes de cana, além do aumento da população de bactérias nas raízes;
- do milho, onde Conceição et al. (2008), realizaram experimento, em casa de vegetação, com o recobrimento das sementes de milho com AH e bactérias diazotróficas *Herbaspirillum seropedicae*, com os tratamentos promovendo incremento no comprimento radicular, na biomassa fresca das raízes e da parte aérea, aumento no número de bactérias diazotróficas em raízes inoculadas com *H. seropedicae*, e aumento também no número de bactérias diazotróficas em raízes não inoculadas com *H. seropedicae*, mas tratadas com AH, em resumo promovendo o aumento da colonização bacteriana e do crescimento vegetal. Canellas et al. (2013) também realizaram experimentos com milho, em casa de vegetação e em condições de campo, com o tratamento de AH, isolados de

vermicomposto, combinados com bactérias *Herbaspirillum seropedicae* via pulverização foliar, e relataram aumento no metabolismo da planta, como melhoria na atividade de H⁺-ATPase da membrana plasmática, alteração no metabolismo de N, aumento da taxa fotossintética, aumento das colônias bacterianas em plântulas inoculadas com AH e em condições de campo e o aumento de 65% na produtividade dos grãos.

- do abacaxi, Baldotto et al. (2010a) em experimento com tratamento combinado de AH de vermicomposto e bactérias do gênero *Burkholderia*, em casa de vegetação, obteve melhorias nas características de crescimento e nutricionais, nos níveis de população de bactérias diazotróficas endofíticas na parte aérea da planta e redução do período de aclimatização dos abacaxizeiros tratados.
- do tomate, mais recentemente Olivares et al. (2015) testou o efeito de um bioestimulante à base de humatos de vermicomposto e bactérias diazotróficas *Herbaspirillum seropedicae* em plântulas de tomate, no experimento observaram alterações no metabolismo, como aumento no teor total de proteínas e de nitrato nas folhas de plantas tratadas em relação ao controle, além de outras alterações nos mecanismos secundários da planta, os quais refletiram no aumento da biomassa dos frutos e da produtividade da cultura.

Com base nessas experiências, o uso combinado de AH e BPCP se revela uma tecnologia promissora para uso em cultivos agrícolas. Uma alternativa de incremento produtivo com menor ônus econômico e ambiental. No entanto, as plantas apresentam respostas distintas à aplicação dos AH ou BPCP, sendo necessário confirmar as plantas que são estimuladas e as doses ideais, para que essa tecnologia possa ser incorporada pelo produtor rural com segurança. Portanto, neste trabalho testaremos o efeito de tratamento da ação isolada e combinada de AH e BPCP em três hortaliças (alface, brócolis e rúcula), avaliando a capacidade dos bioestimulantes à base de AH e BPCP em incrementar as características de crescimento e o conteúdo nutricional das hortaliças.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de realização do experimento

Os experimentos foram realizados em duas propriedades rurais familiares, no município de Betim/MG, localizadas nas seguintes coordenadas: 20° 0' 42.46" S e 44° 8' 26.56" W (Figura 1), a uma altitude aproximada de 795 metros. A temperatura média nos meses do experimento apresentaram valores médios entre 19°C e 20°C, e as temperaturas máximas em média 24°C a 27°C (INMET, 2015). Os valores de precipitação variam muito entre as regiões da cidade, com valores médios acumulados de maio a agosto de 2014 entre 50 a 70 mm, e valores acumulados de maio a julho de 2015 entre 50 a 100 mm (INMET, 2015).

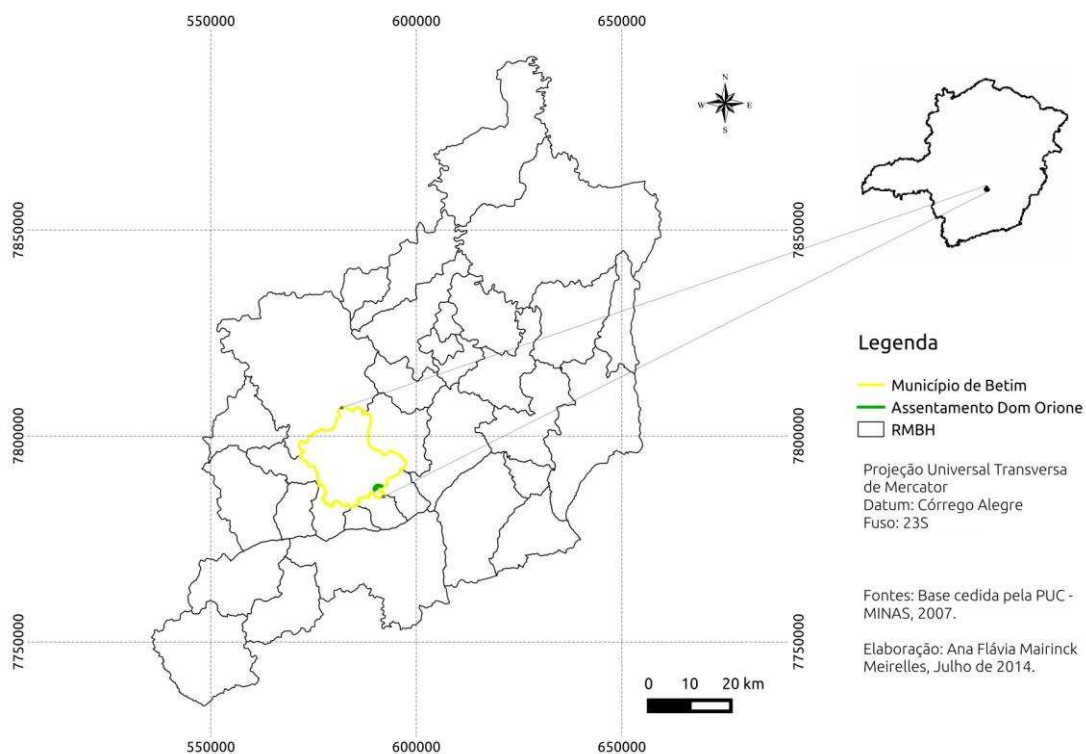


Figura 1 – Localização geográfica do local de execução do experimento no município de Betim/MG.

3.2 Fatores em estudo, definição dos tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos consistiram, para cada hortaliça testada (alface, brócolis e rúcula), na aplicação isolada ou combinada de ácido húmico (AH) isolado de esterco bovino compostado e de inóculo misto de duas bactérias da coleção da UFV (BPCP ou AH+ BPCP), os quais serão descritos adiante, além de um tratamento controle (CONTR), que consistiu no cultivo convencional dos agricultores familiares, o qual continha adubação orgânica e mineral, além de outros fatores tais como irrigação, controle de pragas, doenças e plantas daninhas, que não foram objetivos deste estudo e foram mantidos constantes para todos os tratamentos. Os fatores em estudo são a capacidade dos bioestimulantes em incrementar as características de crescimento e o conteúdo de nutrientes da alface, brócolis e rúcula de forma isolada e conjunta.

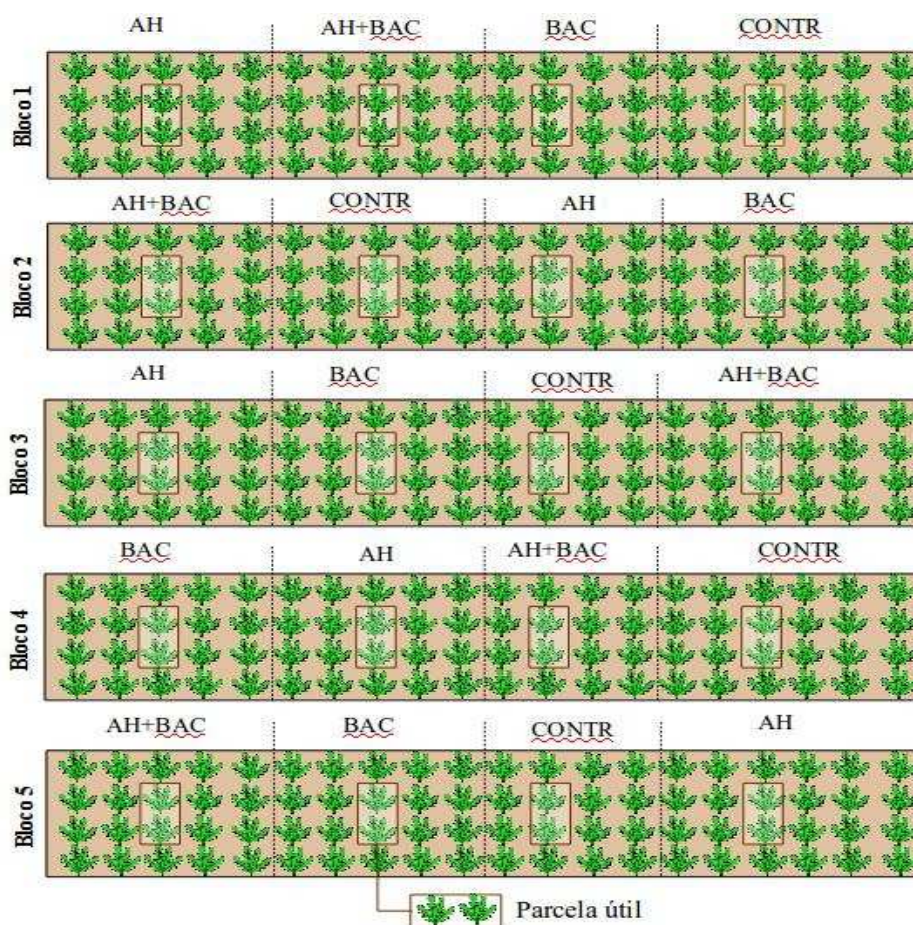


Figura 2 – Esquema do delineamento experimental em blocos casualizados

O experimento foi realizado em blocos casualizados, com cinco repetições (Figura 2). Cada bloco (um canteiro) constituía uma repetição. A unidade experimental foi constituída por duas plantas centrais (parcela útil), em cada bloco, totalizando 5 unidades experimentais por tratamento (ou seja, 10 plantas).

A aplicação das soluções dos tratamentos (AH, BPCP e AH+ BPCP) ocorreu por pulverização (pulverizador costal manual) imediatamente após o transplântio das mudas, para o canteiro (Figura 3).

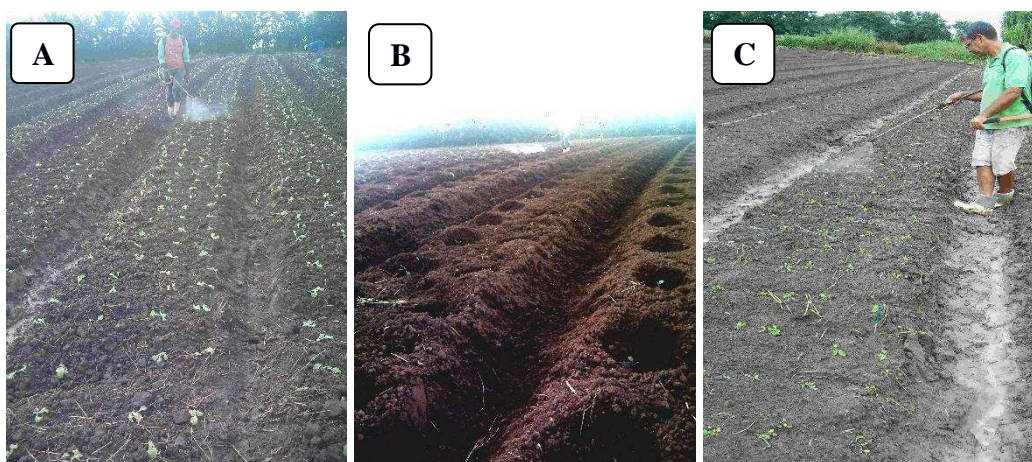


Figura 3 – Detalhes do momento da pulverização das soluções bioestimulantes pelo produtor rural no cultivo de alface (A), brócolis (B) e rúcula (C).

O solo da área de produção é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo álico câmbico de textura argilosa (CETEC-MG, 1994). Foi realizada amostragem do solo de forma sistematizada no dia do transplântio e após análise do solo dos canteiros de alface/brócolis e rúcula, obteve-se as seguintes características químicas, respectivamente: MOS = 10,22 e 9,68 dag kg⁻¹; pH (H₂O) = 5,74 e 6,24; P (Mehlich-1) = 86,34 e 55,39 mg dm⁻³; K = 271,38 e 1044,41 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 4,31 e 4,09 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 5,51 e 5,25 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,09 e 0,09 cmol_c dm⁻³; H + Al = 4,2 e 3,6 cmol_c dm⁻³ e saturação de bases = 71 e 77 %. É importante ressaltar que esse solo já é cultivado há muitos anos com a incorporação contínua de fertilizantes minerais e orgânicos pelos produtores ao longo de cada ciclo de cultivo, tendo sido assim, alteradas às condições de baixa fertilidade natural do solo da região em função da adubação constante.

3.3 Material vegetal

As hortaliças utilizadas no experimento foram: (i) alface (*Lactuca sativa* L. cv. Vanda) da Sakata Seeds, transplantadas com espaçamento de 25 x 25cm no dia 13 / 05 / 2015 e coletadas 55 dias após o transplântio (DAT); (ii) brócolis (*Brassica oleracea* var. *Itálica* cv. híbrido BRO-68) da Syngenta Seeds, transplantado com espaçamento de 60 x 50 dia 28 / 05 / 2014 e coletado 75 DAT, e (iii) a rúcula (*Eruca sativa* M. cv. Folha Larga) da Top Seeds, transplantadas com espaçamento de 25 x 25cm, dia 05 / 05 / 15 e coletadas aos 36 DAT.

Os cultivos foram realizados segundo hábitos dos produtores. A correção do solo não foi realizada, uma vez que os produtores já haviam realizado a correção do solo em cultivos anteriores, com base em análise de solo realizada pelos mesmos. A adubação foi realizada 10 dias antes do plantio, com adubação mineral de 800 kg ha⁻¹ de NPK (12-6-12) para o cultivo das três hortaliças testadas e posteriormente realizada adubação foliar com 250 kg ha⁻¹ de NPK (20-5-20), na alface e na rúcula aos 15 e 30 DAT, e nos brócolis aos 20 e 40 DAT. Foi realizada adubação foliar com ácido bórico nos brócolis aos 25 DAT, com 1 g L⁻¹, num total aproximado de 700 L ha⁻¹. Nos cultivos de alface e brócolis foi realizada adubação orgânica no dia do transplântio, com uma compostagem de farinha de osso, esterco de frango e moinha de carvão, adicionada no sulco de plantio, num total aproximado de 180 kg ha⁻¹.

3.4 Soluções bioestimulantes

O ácido húmico (AH) foi isolado de esterco bovino compostado. A compostagem foi realizada conforme Kiehl (2004), e consistiu, principalmente, do controle da aeração e umidade, visando garantir as condições aeróbicas, remover o excesso de gás carbônico e uniformizar a massa em compostagem. Durante o processo de compostagem ocorre a elevação da temperatura do material e a liberação de gases em função da atividade microbiana, sendo necessário manter a umidade da

pilha para que o composto não incinere nem prejudique a microbiota, o ideal é que a umidade esteja entre 40 a 60%. A elevação da temperatura é desejada, pois elimina micro-organismos patogênicos, porém deve ser controlada por verificação diária para evitar combustão. Os procedimentos para manter a umidade e temperatura consistem em irrigação e/ou revolvimento das leiras de compostagem. O tamanho do material compostado deve ser observado, para que o processo não seja muito demorado, assim como a relação C/N do composto, para que haja adequada proporção (em torno de 30/1) para não prejudicar a atividade microbiana que participará da degradação do composto e produzir um composto de qualidade. Foram determinados os valores de temperatura e de pH do centro da leira durante todo o processo de compostagem para determinação do final do processo, quando foi realizada a homogeneização de cada leira de compostagem e o peneiramento do composto para uso.

A metodologia para isolamento do AH de substâncias húmicas realizou-se conforme método da International Humic Substances Society (IHSS, 2015), utilizando como extrator padrão o NaOH 0,5 mol L⁻¹, no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Viçosa – Campus Florestal. Os ácidos húmicos isolados de esterco bovino foram previamente caracterizados por Baldotto et al. (2007).

As bactérias utilizadas na solução foram: UFV-11442 (em identificação) e UFV-12141 (gênero *Burkholderia* sp.), oriundas de coleção de bactérias diazotróficas extraídas de orquídea *Cymbidium* sp. (ANDRADE et al., 2014; GONTIJO et al., 2013), do Setor de Floricultura da Universidade Federal de Viçosa – Campus Florestal. Cada estirpe da coleção foi nomeada, seguindo o seguinte código: UFV abcde, onde: a) nome científico da planta hospedeira, 1- *Cymbidium*; b) tecido vegetal usado no isolamento, sendo 1- Raiz e 2- Folha; c) Meio de cultura usado no isolamento, onde, 1- JMV, 2- JMV L, 3- NFb, 4- JNFb, 5- LGI e 6- LGI-P; d) diluição; e) número de ordem do isolado na coleção.

Os meios semi-sólidos JMV, JMV L, NFb, JNFb, LGI e LGI-P são utilizados para o crescimento das bactérias diazotróficas, não possuem adição de nitrogênio e apresentam diferentes composições e pH. Em todos os meios, se utiliza um volume de 1000 ml de água destilada, com os valores de pH sendo ajustados utilizando-se KOH (sol. 10%) e H₂SO₄ (sol. 5%). O meio JMV é constituído por 5g de manitol, 6 ml de K₂HPO₄ (sol. 10%), 18 ml de KH₂PO₄ (sol. 10%), 2 ml de MgSO₄.7H₂O (sol.

10%), 1 ml de NaCl (sol. 10%), 2 ml de CaCl₂.2H₂O (sol. 1%), 4 ml de FeEDTA (sol. 1,64%), 2 ml de solução de micronutrientes para meio de cultura, 1 ml de vitamina para meio de cultura, 2 ml de azul de bromotimol (sol. 0,5% em 0,2N de KOH) e pH entre 4,2 e 4,5. O meio JMVL apresenta diferença em relação ao JMV em função do acréscimo de 20 mg L⁻¹ de extrato de levedura e pH ajustado entre 5,0 e 5,4. O meio NFb é composto por 5g de ácido málico, 5 ml de K₂HPO₄ (sol. 10%), 2 ml de MgSO₄.7H₂O (sol. 10%), 1 ml de NaCl (sol. 10%), 2 ml de CaCl₂.2H₂O (sol. 1%), 4 ml de FeEDTA (sol. 1,64%), 4,5 ml de KOH (sol. 10%), 2 ml de solução de micronutrientes para meio de cultura, 1 ml de vitamina para meio de cultura, 2 ml de azul de bromotimol (sol. 0,5% em 0,2N de KOH) e pH 6,5. O meio JNFb possui em sua composição 5g de ácido málico, 6 ml de K₂HPO₄ (sol. 10%), 18 ml de KH₂PO₄ (sol. 10%), 2 ml de MgSO₄.7H₂O (sol. 10%), 1 ml de NaCl (sol. 10%), 2 ml de CaCl₂.2H₂O (sol. 1%), 4 ml de FeEDTA (sol. 1,64%), 4,5 ml de KOH (sol. 10%), 2 ml de solução de micronutrientes para meio de cultura, 1 ml de vitamina para meio de cultura, 4 ml de azul de bromotimol (sol. 0,5% em 0,2N de KOH) e pH 5,8. O meio LGI é composto por 5g de açúcar cristal, 2 ml de K₂HPO₄ (sol. 10%), 6 ml de KH₂PO₄ (sol. 10%), 2 ml de MgSO₄.7H₂O (sol. 10%), 2 ml de CaCl₂.2H₂O (sol. 1%), 4 ml de FeEDTA (sol. 1,64%), 2 ml de Na₂MoO₄.2H₂O (sol. 0,1%), 1 ml de vitamina para meio de cultura, 5 ml de azul de bromotimol (sol. 0,5% em 0,2N de KOH) e pH entre 6,0 e 6,2.

A bactéria UFV-12141 foi extraída das folhas de uma orquídea *Cymbidium* sp., isolada e crescida na ausência de nitrogênio no meio JMV, e após identificação pertence ao gênero *Burkholderia* sp., apresenta caracterização das células em forma de bastonete, com coloração Gram negativa e caracterização das colônias em forma irregular, com coloração amarela no centro e borda creme, tamanho de 1 a 3 milímetros, elevação convexa, borda lobada, superfície lisa e presença de mucosidade. A bactéria UFV-11442 foi extraída das raízes de uma orquídea *Cymbidium* sp., isolada e crescida na ausência de nitrogênio no meio JNFb, e se encontra ainda em identificação, apresenta caracterização das células em forma de bastonete, com coloração Gram negativa e caracterização das colônias em forma circular, com coloração azul no centro e borda branca translúcida, com tamanho puntiforme, elevação pulvinada, borda inteira, superfície lisa e ausência de

mucosidade. Ambas as bactérias apresentam capacidade de fixar nitrogênio, solubilizar fosfato de cálcio e óxido de zinco (GONTIJO et al., 2013).

Para preparo do inoculante as bactérias cresceram em meio líquido DYGS (DÖBEREINER et al., 1995) por 24 horas, em agitador a 120 rpm, a 30° C. Foram quantificadas as unidades formadoras de colônia (UFC) por inóculo através de metodologia descrita por Olsen et al. (1996). As quantidades de unidades formadoras de colônia (UFC) dos inóculos utilizados foram: 11,854 UFC/mL de inóculo da bactéria UFV-12141 e 17,268 UFC/mL de inóculo da bactéria UFV-11442.

As soluções inoculantes, dependendo do tratamento, eram compostas por: 50 mL de C_{AH} a uma concentração de 400 mmol L⁻¹, 125 mL de meio bacteriano e H₂O até completar 2 litros, para ser aplicado em cada bloco. Ou seja, uma dose de 20 mmol L⁻¹ de ácido húmico por unidade experimental.

3.5 Avaliação das características de crescimento

Após, colhidas, as plantas foram lavadas em água corrente e realizadas as medições. As características de crescimento avaliadas levaram em consideração a parte comercial das espécies, os quais foram: altura da planta (ALT), altura da cabeça (ALTCa), diâmetro da cabeça (DIAM), comprimento da maior folha (CMF), largura da maior folha (LMF), circunferência da cabeça (CIRC), massa fresca da parte aérea (MFPa), massa seca da parte aérea (MSPa), massa fresca da cabeça (MFCa) e massa seca da cabeça (MSCa).

3.6 Teores e conteúdo de nutrientes minerais

Após medição das características de crescimento as plantas foram colocadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65° C até atingir massa constante. Após pesagem das massas secas, essas amostras

foram moídas em moinho “tipo Willey” para a análise dos teores de macro e micronutrientes.

O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método Kjeldahl (BREMNER, 1965). O fósforo foi dosado colorimetricamente pelo método de redução do fosfomolibdato pela vitamina C em Espectrômetro UV-VIS (BRAGA & DEFELIPO, 1974) e o potássio por fotometria de emissão de chama, ambos após mineralização via digestão sulfúrica. Os demais elementos foram analisados após mineralização pela digestão nítrico-perclórica. O cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco por espectrofotometria de absorção atômica, o enxofre determinado colorimetricamente por turbidimetria do sulfato em Espectrômetro UV-VIS (BLANCHAR et al., 1965). O boro foi determinado colorimetricamente pelo método da Azometina-H (WOLF, 1974), após a mineralização por via seca em mufla a 550°C e leitura em Espectrômetro UV-VIS. Os teores dos nutrientes são apresentados em g / Kg⁻¹ para macronutrientes e mg / g⁻¹ para micronutrientes.

O conteúdo nutricional foi calculado através da multiplicação dos teores de nutrientes pela matéria seca da planta e dividido por mil para representação do conteúdo de nutrientes em g / planta (BALDOTTO et al., 2010a).

3.7 Análises estatísticas

Os resultados das características de crescimento e do conteúdo de nutrientes, para cada hortaliça testada, foram submetidos à análise de variância e os efeitos dos tratamentos foram comparados por contrastes médios (ALVAREZ & ALVAREZ, 2006) e incremento relativo, utilizando o Teste F aos níveis de 10, 5 e 1% de probabilidade. As análises foram realizadas no software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

Os valores de contrastes médios para cada variável analisada são obtidos a partir da soma da média dos tratamentos (x e y) comparados par a par, mantendo sempre o valor médio da esquerda, ou seja, x como negativo (-x + y). Dessa forma a unidade dos constrastes médios é a mesma da variável avaliada.

O incremento relativo (IR) foi realizado por meio da soma da média dos tratamentos que estão sendo comparados (-x e y), dividido pela média do tratamento x e multiplicado por 100 para obtenção dos valores em porcentagem. Os valores de IR (em porcentagem) são apresentados nas tabelas logo abaixo do contraste médio de cada variável.

Para otimizar a informação, considerando interação significativa dos tratamentos com as hortaliças, realizou-se a comparação do efeito de cada tratamento entre as três hortaliças, por meio do crescimento relativo, estimando-se a diferença mínima significativa por meio de uma análise conjunta dos dados homocedásticos e Teste Tukey a 5% de significância.

Para determinar o crescimento relativo entre as espécies foi utilizada a variável de crescimento massa seca da parte aérea (ou da cabeça, dependendo da planta). O tratamento controle de cada espécie (alface, brócolis e rúcula) foi considerado como 100% para se estabelecer o crescimento das espécies em relação aos demais tratamentos (AH, BPCP e AH+BPCP). Para se obter o crescimento relativo de cada espécie em cada tratamento foi realizado a subtração da média do tratamento analisado (AH, BPCP ou AH+BPCP) pela média do controle (100%), depois dividido pela média do controle, em seguida multiplicado por 100 e finalmente somado a 100.

Foram estimados oito contrastes médios, sendo três ortogonais e cinco adicionais (Tabela 1). Os valores dos contrastes médios são calculados a partir da soma da média dos tratamentos comparados, sendo que, adotou-se sempre o termo do lado esquerdo do contraste como negativo. O resultado do contraste médio é apresentado segundo a unidade da variável avaliada.

As principais comparações foram o efeito médio dos manejos envolvendo AH e BPCP sobre o CONTR. Vale ressaltar que o tratamento CONTR é o manejo convencional dos agricultores familiares, como já descrito nesta seção. Assim, contraste 1 ($C1 = \text{CONTR vs BIOEST}$) compara a média do CONTR com a média de todos os demais tratamentos, ou seja, é o controle (CONTR) versus (vs) os tratamentos com bioestimulantes (BIOEST), comparando o CONTR com o fatorial. Já o contraste 2 ($C2 = \text{AH vs BPCP}$) compara o efeito dos tratamentos com aplicação apenas de ácidos húmicos (AH) com os tratamentos com uso somente de bactérias

(BPCP). Os contrastes 3 e 4 (C3 = AH vs AH+BPCP e C4 = BPCP vs AH+BPCP) comparam os efeitos da aplicação isolada dos AH e das BPCP com a aplicação combinada desses fatores. O contraste 5 (C5 = AH & BPCP vs AH+BPCP) estima efeitos compostos (interação), comparando AH e BPCP (AH & BPCP) aplicados separadamente com o seu uso combinado (AH+BPCP). Para explorar melhor os efeitos de cada uma das opções tecnológicas (AH e BPCP) isoladamente, foram estimados os três últimos contrastes (C6 = CONTR vs AH, C7 = CONTR vs BPCP e C8 = CONTR vs AH+BPCP), comparando-as ao tratamento CONTR (manejo convencional dos agricultores, sem aplicações de AH, de BPCP ou de sua combinação).

Tabela 1 – Coeficientes dos contrastes estimados no experimento

Tratamentos ⁽¹⁾	Contrastes ⁽²⁾							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
CONTR	-3	0	0	0	0	-1	-1	-1
AH	+1	-1	-1	0	-1	+1	0	0
BPCP	+1	+1	0	-1	-1	0	+1	0
AH+ BPCP	+1	0	+1	+1	+2	0	0	+1

⁽¹⁾ Tratamentos: CONTR: controle, AH: ácido húmico, BPCP: bactérias, AH+BPCP: ácido húmico e bactérias combinados. ⁽²⁾ Contrastes: C1 = CONTR vs BIOEST, C2 = AH vs BPCP, C3 = AH vs AH+BPCP, C4 = BPCP vs AH+BPCP, C7 = CONTR vs BPCP, C8 = CONTR vs AH+BPCP.

4 RESULTADOS

Os tratamentos BIOEST promoveram incremento significativo em variáveis de crescimento e no conteúdo de nutrientes minerais das hortaliças: alface, brócolis e rúcula.

Os dados serão apresentados para cada hortaliça estudada e, ao final, discutidos em conjunto, considerando também a comparação do crescimento relativo para estimar o efeito da interação dos tratamentos com cada uma das espécies vegetais.

4.1 Alface

A alface apresentou incremento em suas características de crescimento (Figura 4) e no conteúdo de nutrientes minerais com a aplicação dos bioestimulantes (Tabelas 2 e 3). Os incrementos em características de crescimento e no conteúdo de nutrientes minerais das plantas de alface foram quantificados através de um delineamento experimental ortogonal (Tabela 4 e 5).

De todas as características de crescimento avaliadas, apenas as variáveis ALT e CMF não apresentaram incremento estatisticamente significativo em relação ao tratamento CONTR (Tabela 4).

Na característica de crescimento CIRC, a média dos tratamentos contendo bioestimulantes foi 15% superior ao CONTR (CONTR vs BIOEST, Tabela 4).

Em relação ao DIAM, variável importante na comercialização da planta, os melhores tratamentos foram AH+BPCP, com incremento de 27% em relação ao CONTR, e um incremento fatorial sobre o CONTR de 22%.

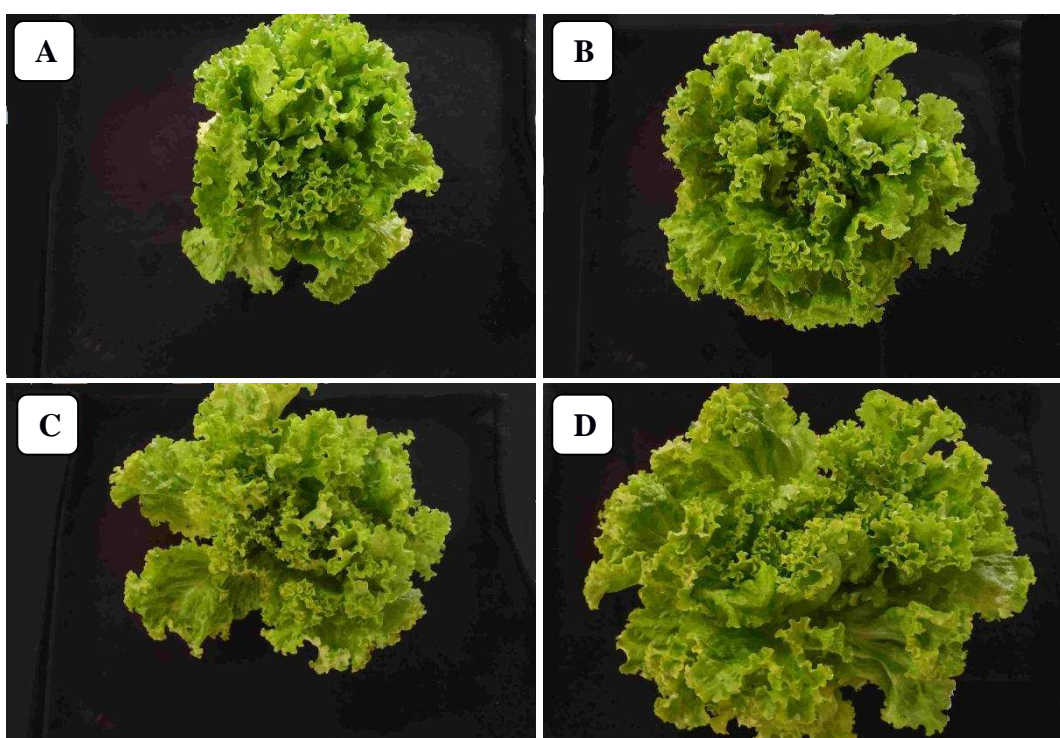


Figura 4 – Aspecto visual das plantas de alface cv. Vanda em resposta aos tratamentos: CONTR (A), AH (B), BPCP (C) e AH+BPCP (D).

Tabela 2 – Características de crescimento das plantas de alface cv. Vanda em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas

Tratamentos ⁽¹⁾	Características de crescimento ⁽²⁾						
	ALTCa	CIRC	DIAM	CMF	LMF	MFCa	MSCa
	cm				g / planta		
CONTR	21,66	83,68	26,98	23,19	20,49	281,52	12,94
AH	20,48	96,33	30,42	23,24	21,62	375,66	16,25
BPCP	22,60	95,95	33,97	23,81	21,78	353,25	17,98
AH+ BPCP	22,39	95,85	34,32	24,67	22,94	419,85	19,10

⁽¹⁾ Tratamentos: CONTR: controle, AH: ácido húmico, BPCP: bactérias, AH+BPCP: ácido húmico e bactérias aplicados conjuntamente. ⁽²⁾ Características de crescimento: ALTCa: altura da cabeça, CIRC: circunferência da cabeça, DIAM: diâmetro da cabeça, CMF: comprimento da maior folha, LMF: largura da maior folha, MFCa: massa fresca da cabeça, MSCa: massa seca da cabeça.

A LMF apresentou incremento relativo médio dos tratamentos de 8% em relação ao CONTR, sendo a aplicação conjunta de AH+BPCP o melhor tratamento para essa característica, resultando em um aumento de 12% em relação às plantas CONTR.

Na variável mais importante para a comercialização da alface, a MFPa, os tratamentos com bioestimulantes (AH, BPCP e AH+BPCP) promoveram incremento na alface de 36% em relação às plantas não tratadas com bioestimulantes. O tratamento AH+BPCP foi o melhor tratamento para essa característica de crescimento, apresentando um ganho em MFPa de 49%, ou seja, 138,3 g planta em relação ao CONTR (CONTR vs AH+BPCP, Tabela 4), um incremento significativo, que pode facilitar a comercialização do produto e aumentar seu preço, e conseqüentemente os ganhos do produtor.

Quanto à MSPa, houve um incremento de 37% em relação ao CONTR (CONTR vs BIOEST, Tabela 4), e de 48% no melhor tratamento, que também foi a combinação AH+BPCP. Incrementos nessa característica são extremamente importantes, pois refletem um ganho de nutrientes pelas plantas, não apenas de água.

Esse incremento em MSPa é fundamental para o ganho de nutrientes da alface, o que pode ser confirmado pelo incremento significativo de todos os nutrientes minerais da alface avaliados neste trabalho.

Tabela 3 – Acúmulo de nutrientes das plantas de alface cv. Vanda em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas

Tratamentos ⁽¹⁾	Conteúdo de Nutrientes Minerais ⁽²⁾										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g / planta						mg / planta				
CONTR	0,43	0,09	1,11	0,03	0,009	0,009	1,53	0,23	3,01	1,25	0,68
AH	0,54	0,10	1,46	0,04	0,011	0,013	2,27	0,34	5,42	1,68	0,89
BPCP	0,60	0,11	1,29	0,04	0,012	0,012	2,44	0,35	7,76	1,85	1,10
AH+BPCP	0,65	0,12	1,68	0,05	0,013	0,014	2,02	0,37	6,51	1,84	0,95

⁽¹⁾ Tratamentos: CONTR: controle, AH: ácido húmico, BPCP: bactérias, AH+BPCP: ácido húmico e bactérias, aplicados conjuntamente. ⁽²⁾ Conteúdo de nutrientes minerais: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, respectivamente

Tabela 4 – Contrastes médios, incremento relativo, quadrado médio do resíduo (QMR) e coeficiente de variação (CV) para características de crescimento das plantas de alface cv. Vanda em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas

Contrastes ⁽¹⁾	GL	Contrastes médios ⁽²⁾ (Incremento relativo) ⁽³⁾						
		Características de crescimento ⁽⁴⁾						
		ALTCa	CIRC	DIAM	CMF	LMF	MFCa	MSCa
		cm			g / planta			
CONTR vs BIOEST	1	0,16 (1)	12,36° (15)	5,92° (22)	0,72 (3)	1,62* (8)	101,4° (36)	4,84° (37)
AH vs BPCP	1	2,12* (10)	-0,38 (0,4)	3,55* (12)	0,57 (2)	0,16 (1)	-22,41° (6)	1,73 (11)
AH vs AH+BPCP	1	1,91 (9)	-0,48 (1)	3,90° (13)	1,43** (6)	1,32** (6)	44,19° (12)	2,85 (18)
BPCP vs AH+BPCP	1	-0,21* (1)	-0,10* (0,1)	0,35° (1)	0,86 (4)	1,16 (5)	66,6° (19)	1,12° (6)
AH & BPCP vs AH+BPCP	1	0,85 (4)	-0,29 (0,3)	2,12° (7)	1,15** (5)	1,24* (6)	55,4 (15)	1,99 (12)

⁽¹⁾ Contrastes: CONTR: controle, BIOEST: fatorial de todos os tratamentos bioestimulantes, AH: ácido húmico, BPCP: bactérias, AH+BPCP: ácido húmico e bactérias aplicados conjuntamente, AH & BPCP vs AH+BPCP: avaliação do efeito de interação da aplicação isolada (AH & BPCP) e combinada (AH+BPCP). ⁽²⁾ Contrastes médios: $(-x + y)$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽³⁾ Incremento relativo (%): $100(-x + y) / y$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽⁴⁾ Características de crescimento: ALTCa: altura da cabeça, CIRC: circunferência da cabeça, DIAM: diâmetro da cabeça, CMF: comprimento da maior folha, LMF: largura da maior folha, MFCa: massa fresca da cabeça, MSCa: massa seca da cabeça. °, *, **, grau de significância a 1, 5 e 10%, pelo teste F, respectivamente.

(...) continuação da **Tabela 4.**

Contrastes ⁽¹⁾	GL	Contrastes médios ⁽²⁾ (Incremento relativo) ⁽³⁾						
		Características de crescimento ⁽⁴⁾						
		ALTCa	CIRC	DIAM	CMF	LMF	MFCa	MSCa
		cm				g / planta		
CONTR vs AH	1	-1,18° (5)	12,65° (15)	3,44° (13)	0,05 (0)	1,13 (6)	94,14° (33)	3,31° (26)
CONTR vs BPCP	1	0,94 (4)	12,27* (15)	6,99° (26)	0,62 (3)	1,29* (6)	71,73 (25)	5,04* (39)
CONTR vs AH+BPCP	1	0,73 (3)	12,17° (15)	7,34° (27)	1,48** (6)	2,45° (12)	138,33° (49)	16° (48)
QMR	31	2,49	44,11	3,20	2,69	2,78	2.163,0	5,50
CV (%)		7,25	7,15	5,7	6,91	7,68	13,01	14,16

⁽¹⁾ Contrastes: CONTR: controle, AH: ácido húmico, BPCP: bactérias, AH+BPCP: ácido húmico e bactérias aplicados conjuntamente, AH & BPCP vs AH+BPCP: avaliação do efeito de interação da aplicação isolada (AH & BPCP) e combinada (AH+BPCP). ⁽²⁾ Contrastes médios: $(-x + y)$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽³⁾ Incremento relativo (%): $100(-x + y) / y$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽⁴⁾ Características de crescimento: ALTCa: altura da cabeça, CIRC: circunferência da cabeça, DIAM: diâmetro da cabeça, CMF: comprimento da maior folha, LMF: largura da maior folha, MFCa: massa fresca da cabeça, MSCa: massa seca da cabeça. °, *, **, grau de significância a 1, 5 e 10%, pelo teste F, respectivamente.

Tabela 5 – Contrastes médios, incremento relativo, quadrado médio do resíduo (QMR) e coeficiente de variação (CV) para acúmulo de nutrientes das plantas de alface cv. Vanda em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas

Contrastes ⁽¹⁾	GL	Contrastes médios ⁽²⁾ (Incremento relativo) ⁽³⁾										
		Conteúdo de nutrientes minerais ⁽⁴⁾										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		g / planta					mg / planta					
CONTR vs BIOEST	1	0,16° (38)	0,02° (26)	0,36° (33)	0,01° (39)	0,003° (28)	0,004° (45)	0,71° (47)	0,12° (54)	3,55° (118)	0,54° (43)	0,30° (44)
AH vs BPCP	1	0,06 (11)	0,01 (11)	-0,17° (11)	0,004 (12)	0,0005 (5)	- 0,001** (9)	0,17 (7)	0,01 (3)	2,34* (43)	0,17 (10)	0,06 (7)
AH vs AH+BPCP	1	0,11° (21)	0,02° (22)	0,23** (16)	0,009° (24)	0,002 (14)	0,001° (10)	-0,25 (11)	0,03 (9)	1,09 (20)	0,16 (10)	0,06 (7)
BPCP vs AH+BPCP	1	0,05° (9)	0,01° (10)	0,39 (31)	0,005° (11)	0,001* (9)	0,002 (21)	-0,42* (17)	0,02 (6)	-1,25° (16)	-0,01* (1)	-0,15° (14)
AH & BPCP vs AH+BPCP	1	0,08° (14)	0,02° (16)	0,31° (23)	0,007° (17)	0,001* (12)	0,002° (15)	-0,34 (14)	0,03** (7)	-0,08 (1)	0,07 (4)	-0,05 (5)

⁽¹⁾ Contrastes: CONTR: controle, BIOEST: fatorial de todos os tratamentos bioestimulantes, AH: ácido húmico, BPCP: bactérias, AH+BPCP: ácido húmico e bactérias aplicados conjuntamente, AH & BPCP vs AH+BPCP: avaliação do efeito de interação da aplicação isolada (AH & BPCP) e combinada (AH+BPCP). ⁽²⁾ Contrastes médios: $(-x + y)$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽³⁾ Incremento relativo (%): $100(-x + y) / y$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽⁴⁾ Conteúdo de nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, respectivamente. °, *, **, grau de significância a 1, 5 e 10%, pelo teste F, respectivamente.

(...) continuação da **Tabela 5**.

Contrastes ⁽¹⁾	GL	Contrastes médios ⁽²⁾ (Incremento relativo) ⁽³⁾										
		Conteúdo de nutrientes minerais ⁽⁴⁾										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
g / planta						mg / planta						
CONTR vs AH	1	0,11° (25)	0,012 (14)	0,34° (31)	0,008* (24)	0,002** (20)	0,004° (45)	0,74* (49)	0,11° (48)	2,41* (80)	0,43* (34)	0,21* (31)
CONTR vs BPCP	1	0,17** (39)	0,023 (26)	0,18 (16)	0,012 (39)	0,002 (26)	0,003 (31)	0,91° (59)	0,12 (52)	4,75° (158)	0,60** (48)	0,42° (62)
CONTR vs AH+BPCP	1	0,22° (51)	0,035° (39)	0,57° (51)	0,017° (54)	0,003° (37)	0,005° (59)	0,49** (32)	0,14° (61)	3,50° (116)	0,59° (47)	0,27° (40)
QMR	31	0,0062	0,0002	0,068	0,00005	0,000005	0,000007	0,39	0,01	4,28	0,2	0,4
CV (%)		14,25	15,08	18,95	16,43	20,05	22,88	30,22	31,3	36,45	27,03	69,8

⁽¹⁾ Contrastes: CONTR: controle, AH: ácido húmico, BPCP: bactérias, AH+BPCP: ácido húmico e bactérias aplicados conjuntamente, AH & BPCP vs AH+BPCP: avaliação do efeito de interação da aplicação isolada (AH & BPCP) e combinada (AH+BPCP). ⁽²⁾ Contrastes médios: $(-x + y)$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽³⁾ Incremento relativo (%): $100 (-x + y) / y$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽⁴⁾ Conteúdo de nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, respectivamente. °, *, **, grau de significância a 1, 5 e 10%, pelo teste F, respectivamente.

Em relação ao conteúdo de nutrientes minerais, o melhor tratamento foi, em geral, a ação combinada de AH+BPCP, com exceção do boro, ferro, manganês e zinco, nos quais o melhor tratamento foi à aplicação isolada de BPCP. Assim, o tratamento AH+BPCP, promoveu incremento de 51% no conteúdo de N, 39% de P, 51% de K, 54% de Ca, 37% de Mg, 59% de S, 61% de Cu, em relação ao CONTR (CONTR vs BIOEST, Tabela 5). Quanto ao tratamento com BPCP em relação ao CONTR, o B foi 59% superior, o Fe 158%, o Mn 48% e o Zn 62%, sendo o melhor tratamento para esses nutrientes.

Com base nos resultados, os bioestimulantes à base de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento podem incrementar a produtividade e o conteúdo de nutrientes minerais da alface. Principalmente, a combinação AH+BPCP com incrementos superiores aos resultados isolados de AH & BPCP (ver contraste AH & BPCP vs AH+BPCP, Tabelas 4 e 5). Esses resultados corroboram a hipótese de efeito benéfico da ação conjunta desses biofertilizantes.

4.2 Brócolis

Nas plantas de brócolis tratadas com BIOEST (Figura 6), dependendo da variável estudada, houve ausência de significância, efeitos positivos e negativos em relação ao CONTR (Tabelas 6 e 7).

Em relação às características de crescimento, em geral, os valores foram muito próximos ao CONTR, sendo os resultados não significativos.

Nas variáveis ALTCa, CIRC, DIAM e CMF não houve incremento significativo da média dos tratamentos em relação ao CONTR (CONTR vs BIOEST, Tabela 8), não havendo diferença estatística entre os tratamentos.

O tratamento CONTR foi significativamente superior aos tratamentos BIOEST, nas características ALTCa, LMF e MFCa, 11%, 10% e 15% respectivamente, com um efeito de redução na produtividade dessas características com a aplicação dos BIOEST.

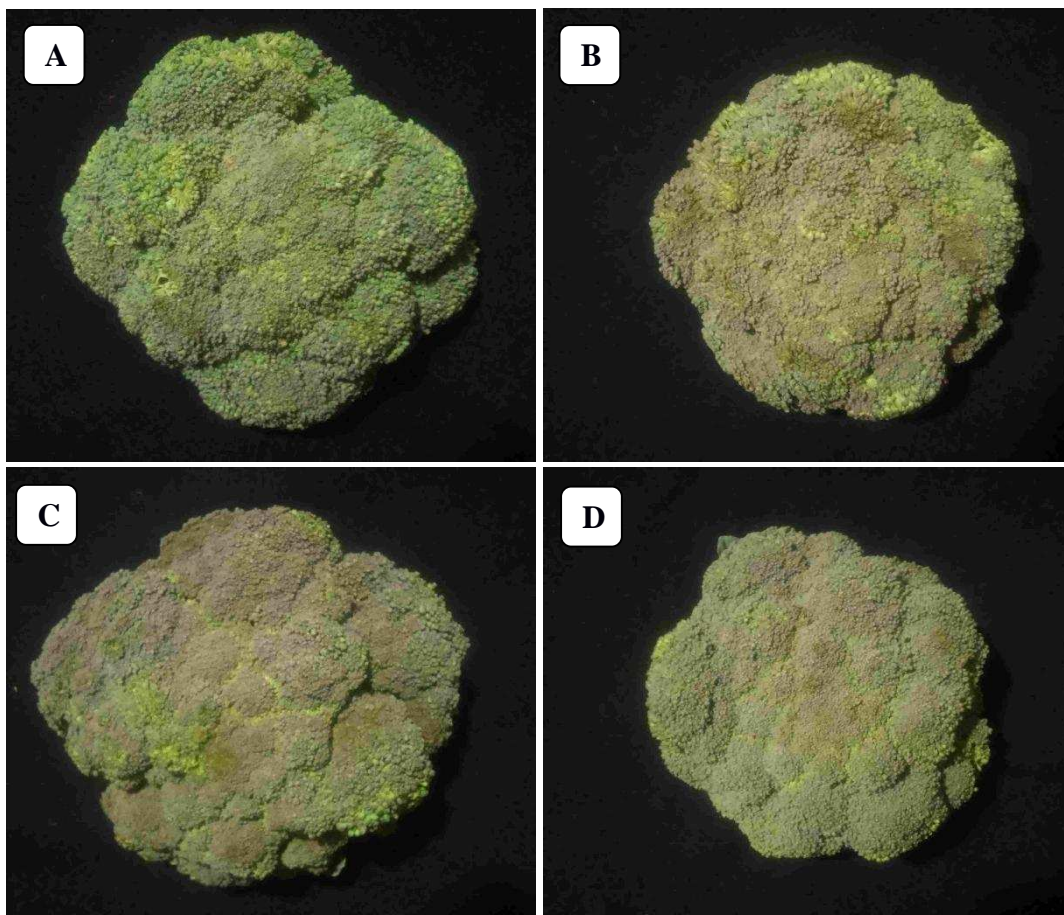


Figura 5 – Aspecto visual das plantas de brócolis cv. Ninja BRO-68 em resposta aos tratamentos: CONTR (A), AH (B), BPCP (C) e AH+BPCP (D).

A MSCa foi à única característica de crescimento em que os tratamentos BIOEST apresentaram valores maiores que o CONTR. Assim, não houve redução da biomassa da cabeça com os tratamentos BIOEST, sendo o tratamento isolado com BPCP o que apresentou melhores valores em relação ao CONTR, um incremento de 15% (CONTR vs BPCP, Tabela 8).

Os tratamentos BIOEST incrementaram o conteúdo de nutrientes do brócolis apenas em relação ao P e ao B, com um aumento de 24% em ambos, em relação ao controle (CONTR vs BIOEST, Tabela 9). O melhor tratamento para o conteúdo de P foi BPCP, com um incremento significativo de 40% em relação ao controle. Para o B, o melhor tratamento foi AH, com acréscimo de 31% em relação ao CONTR, nutriente fundamental para boa formação das inflorescências, que são a parte comercializável da planta.

Os conteúdos de K, Ca, Cu e Zn não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre o CONTR e a média dos tratamentos BIOEST. No entanto, o tratamento com BPCP incrementou o K em 10% em relação ao CONTR. Já o Ca teve um incremento de 13% com o tratamento de AH+BPCP em relação ao CONTR.

Considerando que apenas algumas características de crescimento, assim como o conteúdo de nutrientes, foram incrementadas por algum dos tratamentos BIOEST, faz-se necessário conduzir novos experimentos para testar as respostas dessa espécie aos AH e BPCP, uma vez que talvez a dose utilizada, ou a fonte dos ácidos húmicos, não fossem suficientes para provocar estímulos significativos na espécie e aumentar a sua produtividade.

Tabela 6 – Características de crescimento nas plantas de brócolis cv. Ninja BRO-68 em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas

Tratamentos ⁽¹⁾	Características de crescimento ⁽²⁾							
	ALT	ALTCa	CIRC	DIAM	CMF	LMF	MFCa	MSCa
	cm				g / planta			
CONTR	32,28	13,29	57,54	18,66	54,09	29,51	669,03	46,37
AH	31,10	11,32	55,05	16,78	55,58	28,02	534,56	47,20
BPCP	31,27	11,73	57,72	18,71	53,63	27,74	654,33	53,24
AH+BPCP	33,73	12,42	53,80	17,95	47,28	23,69	509,97	46,42

⁽¹⁾ Tratamentos: CONTR: controle, AH: ácido húmico, BPCP: bactérias, AH+BPCP: ácido húmico e bactérias aplicados conjuntamente. ⁽²⁾ Características de crescimento: ALT: altura da planta, ALTCa: altura da cabeça, CIRC: circunferência da cabeça, DIAM: diâmetro da cabeça, CMF: comprimento da maior folha, LMF: largura da maior folha, MFCa: massa fresca da cabeça, MSCa: massa seca da cabeça.

Tabela 7 – Acúmulo de nutrientes nas plantas de brócolis cv. Ninja BRO-68 em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas

Tratamentos ⁽¹⁾	Conteúdo de Nutrientes ⁽²⁾										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g / planta					mg / planta					
CONTR	2,43	0,23	0,82	0,04	0,03	0,09	3,34	0,24	7,53	0,81	1,27
AH	1,88	0,28	0,81	0,04	0,02	0,07	4,39	0,24	7,04	0,65	1,25
BPCP	2,53	0,32	0,90	0,04	0,02	0,09	4,31	0,27	8,02	0,82	1,38
AH+BPCP	1,81	0,26	0,76	0,04	0,02	0,07	3,68	0,25	5,92	0,66	1,33

⁽¹⁾ Tratamentos: CONTR: controle, AH: ácido húmico, BPCP: bactérias, AH+BAC: ácido húmico e bactérias. ⁽²⁾ Conteúdo de nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, respectivamente.

Tabela 8 – Contrastes médios, incremento relativo, quadrado médio do resíduo (QMR) e coeficiente de variação (CV) para características de crescimento nas plantas de brócolis cv. Ninja BRO-68 em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas

Contrastes ⁽¹⁾	GL	Contrastes médios ⁽²⁾ (Incremento relativo) ⁽³⁾							
		Características de crescimento ⁽⁴⁾							
		ALT	ALTCa	CIRC	DIAM	CMF	LMF	MFCa	MSCa
		cm				g / planta			
CONTR vs BIOEST	1	-0,25 (1)	-1,47° (11)	-2,02 (4)	-0,85 (5)	-1,93 (4)	-3,03° (10)	-102,74° (15)	2,58 (6)
AH vs BPCP	1	0,17 (1)	0,41 (4)	2,67* (5)	1,93** (12)	-1,95 (4)	-0,28** (1)	119,77° (22)	6,04° (13)
AH vs AH+BPCP	1	2,63° (8)	1,10* (10)	-1,25 (2)	1,17 (7)	-8,30° (15)	-4,33° (15)	-24,59 (5)	-0,78 (2)
BPCP vs AH+BPCP	1	2,46 (8)	0,69 (6)	-3,92 (7)	-0,76 (4)	-6,35** (12)	-4,05** (15)	-144,36 (22)	-6,82* (13)
AH & BPCP vs AH+BPCP	1	2,55° (8)	0,90 (8)	-2,59* (5)	0,20 (1)	-7,33° (13)	-4,19° (15)	-84,47° (14)	-3,80 (8)

⁽¹⁾ Contrastes: CONTR: controle, BIOEST: fatorial de todos os tratamentos bioestimulantes, AH: ácido húmico, BPCP: bactérias, AH+BPCP: ácido húmico e bactérias aplicados conjuntamente, AH & BPCP vs AH+BPCP: avaliação do efeito de interação da aplicação isolada (AH & BPCP) e combinada (AH+BPCP). ⁽²⁾ Contrastes médios: $(-x + y)$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽³⁾ Incremento relativo (%): $100(-x + y) / y$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽⁴⁾ Características de crescimento: ALTCa: altura da cabeça, CIRC: circunferência da cabeça, DIAM: diâmetro da cabeça, CMF: comprimento da maior folha, LMF: largura da maior folha, MFCa: massa fresca da cabeça, MSCa: massa seca da cabeça. °, *, **, grau de significância a 1, 5 e 10%, pelo teste F, respectivamente.

(...) continuação da **Tabela 8**.

Contrastes ⁽¹⁾	GL	Contrastes médios ⁽²⁾ (Incremento relativo) ⁽³⁾							
		Características de crescimento ⁽⁴⁾							
		ALT	ALTCa	CIRC	DIAM	CMF	LMF	MFCa	MSCa
		cm					g / planta		
CONTR vs AH	1	-1,18** (4)	-1,97** (15)	-2,49 (4)	-1,88* (10)	1,49° (3)	-1,49 (5)	-134,47° (21)	0,83* (2)
CONTR vs BPCP	1	-1,01* (3)	-1,56* (12)	0,18 (0,3)	0,05 (0,3)	-0,46* (1)	-1,77 (6)	-14,7** (2)	6,87 (15)
CONTR vs AH+BPCP	1	1,45 (4)	-0,87 (7)	-3,74* (7)	-0,71 (4)	-6,81° (13)	-5,82° (20)	-159,06° (24)	0,05 (0,1)
QMR	31	3,70	1,37	13,52	3,63	11,57	5,84	8.531,00	36,42
CV (%)		5,99	9,60	6,56	10,57	6,46	8,87	15,44	12,49

⁽¹⁾ Contrastes: CONTR: controle, AH: ácido húmico, BPCP: bactérias, AH+BPCP: ácido húmico e bactérias aplicados conjuntamente, AH & BPCP vs AH+BPCP: avaliação do efeito de interação da aplicação isolada (AH & BPCP) e combinada (AH+BPCP). ⁽²⁾ Contrastes médios: $(-x + y)$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽³⁾ Incremento relativo (%): $100(-x + y) / y$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽⁴⁾ Características de crescimento: ALTCa: altura da cabeça, CIRC: circunferência da cabeça, DIAM: diâmetro da cabeça, CMF: comprimento da maior folha, LMF: largura da maior folha, MFCa: massa fresca da cabeça, MSCa: massa seca da cabeça. °, *, **, grau de significância a 1, 5 e 10%, pelo teste F, respectivamente.

Tabela 9 – Contrastes médios, incremento relativo, quadrado médio do resíduo (QMR) e coeficiente de variação (CV) para acúmulo de nutrientes nas plantas de brócolis cv. Ninja BRO-68 em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas

Contrastes ⁽¹⁾	GL	Contrastes médios ⁽²⁾ (Incremento relativo) ⁽³⁾										
		Conteúdo de nutrientes minerais ⁽⁴⁾										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		g / planta					mg / planta					
CONTR vs BIOEST	1	-0,36* (15)	0,05° (24)	0,006 (1)	0,001 (4)	-0,01° (33)	-0,012** (14)	0,79° (24)	0,01 (6)	-0,54 (7)	-0,10** (12)	0,05 (4)
AH vs BPCP	1	0,67° (35)	0,05° (18)	0,09* (11)	0,004** (11)	0,0004 (2)	0,015° (21)	-0,08 (2)	0,03 (13)	0,98** (14)	-0,17* (26)	0,13 (10)
AH vs AH+BPCP	1	-0,06 (3)	-0,01 (5)	-0,05 (6)	0,007 (19)	-0,003 (15)	-0,004 (5)	-0,71* (16)	0,01 (4)	-1,12 (16)	0,01 (2)	0,08 (6)
BPCP vs AH+BPCP	1	-0,73 (29)	-0,06° (19)	-0,14 (15)	0,003 (8)	-0,003° (17)	-0,019 (22)	-0,63 (15)	-0,02* (7)	-2,1 (26)	0,16 (20)	-0,05 (4)
AH & BPCP vs AH+BPCP	1	-0,39° (18)	-0,04 (13)	-0,09* (11)	0,005 (13)	-0,003° (16)	-0,011° (14)	-0,67 (15)	-0,01 (2)	-1,61* (21)	-0,08** (10)	0,02 (1)

⁽¹⁾ Contrastes: CONTR: controle, BIOEST: fatorial de todos os tratamentos bioestimulantes, AH: ácido húmico, BPCP: bactérias, AH+BPCP: ácido húmico e bactérias aplicados conjuntamente, AH & BPCP vs AH+BPCP: avaliação do efeito de interação da aplicação isolada (AH & BPCP) e combinada (AH+BPCP). ⁽²⁾ Contrastes médios: $(-x + y)$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽³⁾ Incremento relativo (%): $100(-x + y) / y$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽⁴⁾ Conteúdo de nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, respectivamente. °, *, **, grau de significância a 1, 5 e 10%, pelo teste F, respectivamente.

(...) continuação da **Tabela 9**.

Contrastes ⁽¹⁾	GL	Contrastes médios ⁽²⁾ (Incremento relativo) ⁽³⁾										
		Conteúdo de nutrientes minerais ⁽⁴⁾										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		g / planta						mg / planta				
CONTR vs AH	1	-0,55*	0,04°	-0,006	-0,002*	-0,009°	-0,02*	1,05°	0	-0,49	-0,16*	-0,02
		(23)	(19)	(1)	(5)	(30)	(18)	(31)	(0)	(7)	(20)	(2)
CONTR vs BPCP	1	0,10*	0,09°	0,080*	0,002	-0,009	-0,0009**	0,97*	0,03	0,49	0,01	0,11
		(4)	(40)	(10)	(5)	(29)	(1)	(29)	(13)	(7)	(1)	(9)
CONTR vs AH+BPCP	1	-0,62°	0,03	-0,057	0,005**	-0,013°	-0,020°	0,34	0,01	-1,61	-0,15*	0,06
		(24)	(13)	(7)	(13)	(41)	(22)	(10)	(4)	(21)	(19)	(5)
QMR	31	0,211	0,002	0,013	0,00005	0,00003	0,0002	0,57	0,00	5,12	0,26	0,08
CV (%)		21,24	16,21	13,88	16,61	21,24	17,37	19,21	12,7	31,76	69,37	21,6

⁽¹⁾ Contrastes: CONTR: controle, AH: ácido húmico, BPCP: bactérias, AH+BPCP: ácido húmico e bactérias aplicados conjuntamente, AH & BPCP vs AH+BPCP: avaliação do efeito de interação da aplicação isolada (AH & BPCP) e combinada (AH+BPCP). ⁽²⁾ Contrastes médios: $(-x + y)$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽³⁾ Incremento relativo (%): $100(-x + y) / y$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽⁴⁾ Conteúdo de nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, respectivamente. °, *, **, grau de significância a 1, 5 e 10%, pelo teste F, respectivamente.

4.3 Rúcula

À resposta da rúcula aos BIOEST foi positiva, com incremento na produtividade e no conteúdo de nutrientes minerais (Tabela 10 e 11). Os tratamentos com BPCP e AH+BPCP foram os melhores em provocar tais incrementos (Figura 6).



Figura 6 – Aspecto visual das plantas de rúcula cv. Folha Larga em resposta aos tratamentos: CONTR (A), AH (B), BPCP (C) e AH+BPCP (D).

A comparação do CONTR com o fatorial, muitas vezes não apresentou incremento, uma vez que ao realizar a média, os valores do tratamento com AH eram mais baixos tendo impacto no resultado final, o que não significa que os tratamentos BIOEST não foram eficientes em promover o incremento do crescimento da rúcula.

As características de crescimento ALT, CMF e LMF não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos.

Quanto à biomassa fresca e seca todos os tratamentos BIOEST tiveram incremento estatisticamente significativo em relação ao CONTR. O tratamento que provocou maior incremento na MFPa da rúcula foi à combinação AH+BPCP, com 44% de aumento em relação ao CONTR. Esse aumento é importante uma vez que se trata da biomassa comercializável da planta. A média dos tratamentos com BIOEST foi 31% superior à massa fresca das plantas CONTR.

Já a MSPa apresentou um incremento de 36% nas plantas tratadas com BIOEST (CONTR vs BIOEST, Tabela 12), e o melhor tratamento foi BPCP, propiciando um incremento de 54% em relação ao CONTR.

Em relação ao conteúdo de nutrientes minerais houve incremento significativo de todos os elementos estudados. O tratamento BPCP foi o melhor a promover incremento do conteúdo de nutrientes (Tabela 13).

Os tratamentos BIOEST promoveram incremento superior ao CONTR para o N em 14%, o P em 22%, o K em 40%, o Ca em 1%, o Mg em 10%, o S em 44%, o B em 38%, o Cu e o Fe em 27%, o Mn em 49% e o Zn em 36% (CONTR vs BIOEST, Tabela 13).

O melhor tratamento para o incremento de nutrientes foi BPCP, com um incremento de 29% para o N, 42% para P, 54% para K, 24% para Ca, 37% para Mg, 65% para S, 67% para B, 48% para Cu, 57% para Fe, 18% para Mn e 89% para Zn, em relação ao CONTR (CONTR vs BPCP, Tabela 13).

Os resultados indicam que os bioestimulantes utilizados, principalmente as BPCP são eficientes em incrementar a produtividade e o conteúdo de nutrientes da rúcula, sendo recomendados. É possível que o tratamento com AH apresente incrementos mais expressivos se utilizadas outras doses, sendo importante fazer novos experimentos, para que a formulação de inoculantes consiga fornecer o máximo de produtividade às culturas. Como o tratamento AH não apresentou valores expressivos, a combinação AH+BPCP não se apresentou como a melhor indicação, sendo o tratamento BPCP o mais indicado no cultivo da rúcula.

Tabela 10 – Características de crescimento nas plantas de rúcula cv. Folha Larga em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas

Tratamentos ⁽¹⁾	Características de Crescimento ⁽²⁾				
	ALT	CMF	LMF	MFPa	MSPa
	cm			g / planta	
CONTR	34,25	31,54	10,97	34,64	2,73
AH	33,24	30,33	9,85	38,32	3,24
BPCP	32,88	30,38	10,75	48,05	4,20
AH+BPCP	35,61	32,86	12,01	49,74	3,72

⁽¹⁾ Tratamentos: CONTR: controle, AH: ácido húmico, BPCP: bactérias, AH+BPCP: ácido húmico e bactérias aplicados conjuntamente. ⁽²⁾ Características de crescimento: ALT: altura, CMF: comprimento da maior folha, LMF: largura da maior folha, MFCa: massa fresca da parte aérea, MSCa: massa seca da parte aérea.

Tabela 11 – Acúmulo de nutrientes nas plantas de rúcula cv. Folha Larga em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas

Tratamentos ⁽¹⁾	Conteúdo de Nutrientes ⁽²⁾										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g / planta						mg / planta				
CONTR	0,13	0,02	0,18	0,010	0,002	0,005	0,21	0,02	1,34	0,52	0,13
AH	0,12	0,02	0,21	0,008	0,002	0,006	0,22	0,02	1,23	0,70	0,17
BPCP	0,16	0,02	0,28	0,013	0,003	0,008	0,35	0,03	2,11	0,98	0,23
AH+BPCP	0,14	0,02	0,26	0,010	0,002	0,007	0,30	0,03	1,77	0,64	0,13

⁽¹⁾ Tratamentos: CONTR: controle, AH: ácido húmico, BPCP: bactérias, AH+BPCP: ácido húmico e bactérias aplicados conjuntamente. ⁽²⁾ Conteúdo de nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, respectivamente.

Tabela 12 – Contrastes médios, incremento relativo, quadrado médio do resíduo (QMR) e coeficiente de variação (CV) para características de crescimento nas plantas de rúcula cv. Folha Larga em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas

Contrastes ⁽¹⁾	GL	Contrastes médios ⁽²⁾ (Incremento relativo) ⁽³⁾				
		Características de crescimento ⁽⁴⁾				
		ALT	CMF	LMF	MFPa	MSPa
		cm			g / planta	
CONTR vs BIOEST	1	-0,34 (1)	-0,35 (1)	-0,10 (1)	10,73° (31)	0,99° (36)
AH vs BPCP	1	-0,36** (1)	0,05 (0,2)	0,90 (9)	9,73* (25)	0,96° (30)
AH vs AH+BPCP	1	2,37* (7)	2,53* (8)	2,16° (22)	11,42° (30)	0,48* (15)
BPCP vs AH+BPCP	1	2,73 (8)	2,48 (8)	1,26 (12)	1,69° (4)	-0,48° (11)
AH & BPCP vs AH+BPCP	1	2,55° (8)	2,51* (8)	1,71* (17)	6,56° (15)	0 (0)

⁽¹⁾ Contrastes: CONTR: controle, BIOEST: fatorial de todos os tratamentos bioestimulantes, AH: ácido húmico, BPCP: bactérias, AH+BPCP: ácido húmico e bactérias aplicados conjuntamente, AH & BPCP vs AH+BPCP: avaliação do efeito de interação da aplicação isolada (AH & BPCP) e combinada (AH+BPCP). ⁽²⁾ Contrastes médios: $(-x + y)$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados.

⁽³⁾ Incremento relativo (%): $100 (-x + y) / y$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽⁴⁾ Características de crescimento: ALT: altura, CMF: comprimento da maior folha, LMF: largura da maior folha, MFCa: massa fresca da parte aérea, MSCa: massa seca da parte aérea. °, *, **, grau de significância a 1, 5 e 10%, pelo teste F, respectivamente.

(...) continuação da **Tabela 12**.

Contrastes ⁽¹⁾	GL	Contrastes médios ⁽²⁾ (Incremento relativo) ⁽³⁾				
		Características de crescimento ⁽⁴⁾				
		ALT	CMF	LMF	MFPa	MSPa
		cm			g / planta	
CONTR vs AH	1	-1,01 (3)	-1,21 (4)	-1,12* (10)	3,68° (11)	0,51* (19)
CONTR vs BPCP	1	-1,37* (4)	-1,16* (4)	-0,22 (2)	13,41° (39)	1,47° (54)
CONTR vs AH+BPCP	1	1,36 (4)	1,32 (4)	1,04 (9)	15,1° (44)	0,99° (36)
QMR	31	5,14	5,24	2,29	24,87	0,27
CV		6,67	7,32	13,89	11,68	14,96

⁽¹⁾ Contrastes: CONTR: controle, BIOEST: fatorial de todos os tratamentos bioestimulantes, AH: ácido húmico, BPCP: bactéria, AH+BPCP: ácido húmico e bactéria aplicados conjuntamente, AH & BPCP vs AH+BPCP: avaliação do efeito de interação da aplicação isolada (AH & BPCP) e combinada (AH+BPCP). ⁽²⁾ Contrastes médios: $(-x + y)$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽³⁾ Incremento relativo (%): $100(-x + y) / y$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽⁴⁾ Características de crescimento: ALTca: altura, CMF: comprimento da maior folha, LMF: largura da maior folha, MFCa: massa fresca da parte aérea, MSCa: massa seca da parte aérea. °, *, **, grau de significância a 1, 5 e 10%, pelo teste F, respectivamente.

Tabela 13 – Contrastes médios, incremento relativo, quadrado médio do resíduo (QMR) e coeficiente de variação (CV) para acúmulo de nutrientes nas plantas de rúcula cv. Folha Larga em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas

Contrastes ⁽¹⁾	GL	Contrastes médios ⁽²⁾ (Incremento relativo) ⁽³⁾										
		Conteúdo de nutrientes minerais ⁽⁴⁾										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		g / planta					mg / planta					
CONTR vs BIOEST	1	0,018* (14)	0,004* (22)	0,071° (40)	0,0001 (1)	0,0002 (10)	0,002° (44)	0,08° (38)	0,01° (27)	0,36* (27)	0,25° (49)	0,05° (36)
AH vs BPCP	1	0,037° (29)	0,007° (37)	0,063* (29)	0,004° (49)	0,0009° (57)	0,002** (26)	0,13° (59)	0,01° (41)	0,88° (72)	0,28° (40)	0,06° (36)
AH vs AH+BPCP	1	0,018** (14)	0,003 (17)	0,051° (24)	0,001 (17)	0,0003** (20)	0,0003 (4)	0,08* (36)	0,01* (23)	0,54° (44)	-0,06 (9)	-0,04 (24)
BPCP vs AH+BPCP	1	-0,019° (12)	-0,004° (15)	-0,012 (4)	-0,003° (22)	-0,0006° (24)	-0,001° (17)	-0,04° (14)	-0,004° (13)	-0,34° (16)	-0,34° (35)	-0,1° (44)
AH & BPCP vs AH+BPCP	1	-0,0003 (1)	-0,0004 (2)	0,019** (8)	-0,0007 (6)	-0,0001 (7)	-0,0006 (8)	0,02 (5)	0 (2)	0,1 (6)	-0,20* (24)	- 0,07° (35)

⁽¹⁾ Contrastes: CONTR: controle, BIOEST: fatorial de todos os tratamentos bioestimulantes, AH: ácido húmico, BPCP: bactérias, AH+BPCP: ácido húmico e bactéria aplicados conjuntamente, AH & BPCP vs AH+BPCP: avaliação do efeito de interação da aplicação isolada (AH & BPCP) e combinada (AH+BPCP). ⁽²⁾ Contrastes médios: $(-x + y)$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados.

⁽³⁾ Incremento relativo (%): $100(-x + y) / y$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽⁴⁾ Conteúdo de nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, respectivamente. °, *, **, grau de significância a 1, 5 e 10%, pelo teste F, respectivamente.

(...) continuação da **Tabela 13**.

Contrastes ⁽¹⁾	GL	Contrastes médios ⁽²⁾ (Incremento relativo) ⁽³⁾										
		Conteúdo de nutrientes minerais ⁽⁴⁾										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		g / planta					mg / planta					
CONTR vs AH	1	-0,0007*	0,0006*	0,034**	-0,002°	-0,0002°	0,001	0,01*	0,0	-0,11°	0,18*	0,04
		(1)	(3)	(19)	(17)	(13)	(31)	(5)	(5)	(8)	(35)	(31)
CONTR vs BPCP	1	0,036°	0,007°	0,096°	0,002°	0,0007°	0,003°	0,14°	0,01°	0,77°	0,46°	0,1°
		(29)	(42)	(54)	(24)	(37)	(65)	(67)	(48)	(57)	(89)	(77)
CONTR vs AH+BPCP	1	0,017**	0,004**	0,084°	-0,0003	0,00009	0,002**	0,09°	0,01°	0,43*	0,12	0,0
		(14)	(21)	(47)	(3)	(5)	(36)	(43)	(29)	(32)	(23)	(0)
QMR	31	0,0005	0,00002	0,0016	0,000004	0,0000001	0,000005	0,01	0,0	0,16	0,0002	0,002
CV (%)		16,41	19,54	16,94	19,44	19,05	33,02	37,70	15,8	24,8	2,36	26,1

⁽¹⁾ Contrastes: CONTR: controle, AH: ácido húmico, BPCP: bactérias, AH+BPCP: ácido húmico e bactérias aplicados conjuntamente, AH & BPCP vs AH+BPCP: avaliação do efeito de interação da aplicação isolada (AH & BPCP) e combinada (AH+BPCP). ⁽²⁾ Contrastes médios: $(-x + y)$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽³⁾ Incremento relativo (%): $100(-x + y) / y$, em que x e y são as médias dos tratamentos comparados. ⁽⁴⁾ Conteúdo de nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, respectivamente. °, *, **, grau de significância a 1, 5 e 10%, pelo teste F, respectivamente.

4.4 Crescimento relativo

O crescimento relativo busca estimar o efeito da interação dos tratamentos em cada espécie vegetal, alface, brócolis e rúcula. O crescimento relativo compara o resultado de cada espécie com seu próprio controle, que se considerou 100% e, assim, essa comparação permite averiguar qual tratamento foi melhor para cada espécie (Tabela 14). Utilizou-se para o contraste a característica massa seca da parte aérea, por ser a variável mais expressiva do crescimento e acúmulo real de nutrientes pela planta.

Tabela 14 - Crescimento relativo das plantas de alface cv. Vanda, brócolis cv. Ninja BRO-68 e rúcula cv. Folha Larga em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas

Tratamentos ⁽¹⁾	Crescimento relativo ⁽²⁾		
	Espécies Vegetais		
	Alface	Brócolis	Rúcula
CONTR	100% c	100% a	100% c
AH	126% b	102% a	119% bc
BAC	128% ab	115% a	154% a
AH+BAC	148% a	100% a	136% ab

⁽¹⁾ Tratamentos: CONTR: controle, AH: ácido húmico, BPCP: bactéria, AH+BPCP: ácido húmico e bactérias, aplicados conjuntamente. ⁽²⁾ Crescimento relativo: $100 + \{100[(x - y) / y]\}$, em que x é a média do tratamento e y é a média do CONTR. Crescimento relativo seguido por letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença estatisticamente significativa a 5% de significância pelo Teste Tukey.

Também foram realizados contrastes médios do crescimento relativo para comparar o efeito dos tratamentos entre as plantas, demonstrando qual planta reagiu melhor a cada tratamento quando comparadas entre si (Tabela 15).

Os resultados dos contrastes foram todos significativos a 99% de probabilidade. Os tratamentos bioestimulantes promoveram 26% de incremento em

relação ao controle para todas as hortaliças testadas (Tabela 15, CONTR vs BIOEST).

Tabela 15 – Contrastes médios do crescimento relativo entre plantas de alface cv. Vanda, brócolis cv. Ninja BRO-68 e rúcula cv. Folha Larga em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas

Tratamentos ⁽¹⁾	Contrastes médios ⁽³⁾ (Crescimento Relativo)		
	GL	Contrastes ⁽²⁾	CR (%)
CONTR	1	CONTR vs BIOEST	26°
AH	1	Alface vs Brócolis	-24°
AH	1	Alface vs Rúcula	-7°
AH	1	Brócolis vs Rúcula	17°
BPCP	1	Alface vs Brócolis	-24°
BPCP	1	Alface vs Rúcula	15°
BPCP	1	Brócolis vs Rúcula	39°
AH+BPCP	1	Alface vs Brócolis	-47°
AH+BPCP	1	Alface vs Rúcula	-11°
AH+BPCP	1	Brócolis vs Rúcula	36°
QMR	109		14,1
CV (%)			16

⁽¹⁾ Tratamentos: CONTR: controle, AH: ácido húmico, BAC: bactéria, AH+BAC: ácido húmico e bactéria aplicados conjuntamente. ⁽²⁾ Contrastes: CONTR: controle, BIOEST: média dos tratamentos, alface, brócolis e rúcula. ⁽³⁾ Contrastes médios: $(-x + y)$, em que x é a média do tratamento de uma espécie e y é a média do tratamento da espécie que se deseja comparar. °, grau de significância a 1%, pelo teste F.

A alface foi à espécie de melhor resposta aos tratamentos com bioestimulantes, seguida pela rúcula e não tendo o brócolis sido superior às outras duas espécies vegetais em nenhum dos tratamentos.

No tratamento AH, à alface teve um crescimento relativo 24% superior ao brócolis e 7% à rúcula, sendo à rúcula 17% superior ao brócolis. Já no tratamento BPCP, a rúcula apresentou as melhores respostas, sendo 15% superior a alface e 39% ao brócolis, com o alface obtendo resultados superiores ao brócolis de 24%. No

tratamento de aplicação combinada de AH+BPCP a alface expressou também resultados superiores ao brócolis de 47% e a rúcula de 11%, tendo a rúcula também resultados 36% superiores ao brócolis.

Assim, a alface no tratamento AH e AH+BPCP apresentaram melhores respostas de crescimento relativo que as outras espécies (alface > rúcula > brócolis) e no tratamento BPCP a rúcula foi o destaque, com crescimento relativo superior à alface e ao brócolis (rúcula > alface > brócolis).

Os tratamentos com bioestimulantes foram eficientes em incrementar a produtividade, o conteúdo de nutrientes e a qualidade comercial das espécies alface e rúcula, de maneira combinada ou isolada, cada uma com suas particularidades, confirmando a hipótese dessa pesquisa. No entanto, para o brócolis, houve efeito negativo para algumas variáveis.

Trabalhos prévios apresentam evidências das melhorias no crescimento e desenvolvimento de plantas de alface em resposta a aplicação de fertilizantes oriundos de substâncias húmicas, como Hernandez et al. (2013) e Rodda et al. (2006), com a aplicação de humatos extraídos de vermicomposto de esterco de curral promovendo a aceleração, aumento da produção e incremento do crescimento do sistema radicular, respectivamente. No trabalho de Gomes et al. (2003) bactérias endofíticas e epifíticas do gênero *Bacillus* spp. promoveram incremento nos teores foliares de nitrogênio, além de aumento da biomassa de plantas de alface. Sottero et al. (2006) utilizam rizobactérias do gênero *Pseudomonas* spp. para elevar o crescimento e realizar controle biológico de *Fusarium* sp. em alface.

As únicas características de crescimento da alface que não apresentaram incremento significativo foram à altura e o comprimento da maior folha, variáveis interligadas, e que podem não ter apresentado melhorias, em função de seu genótipo já expressar o seu máximo desenvolvimento nesses aspectos (FONTES, 2005).

As demais características de crescimento e todos os nutrientes minerais avaliados da alface apresentaram incrementos significativos. Incrementos obtidos na produção de vegetais com a aplicação de substâncias húmicas ocorrem em função de alterações provocadas por essas substâncias e pelas bactérias promotoras de crescimento, na absorção de nutrientes, no metabolismo e em diversas atividades

enzimáticas da planta (FAN et al., 2014 e 2015; HALPERN et al, 2015; RUZZI & AROCA, 2015; TAHIRI et al., 2016).

Hernandez et al. (2015) relataram aumento na produtividade e alterações no metabolismo de plantas de alface, tratadas com aplicação foliar de humatos isolados de vermicomposto. Essas alterações no metabolismo da alface incluíam o aumento do conteúdo total de proteínas nas folhas e indução de nitrato redutase e da atividade de fenilalanina amônia liase, as quais provocaram a aceleração do ciclo produtivo sem reduzir a qualidade comercial das plantas. O aumento da produtividade da alface, a redução de NO_3^- (nitrato) nas folhas, além da alteração de processos enzimáticos na planta e no solo, tratadas com substâncias húmicas de composto e de estrume animal, também é demonstrado por Shahein et al. (2014).

Haghighi et al. (2012) demonstraram que os ácidos húmicos aceleram a absorção de N e NO_3^- e o metabolismo do N em função do aumento da atividade enzimática de NO_3^- redutase, além de incrementar a atividade fotossintética devido ao aumento no teor de clorofila e na condutância do mesofilo, resultando em melhoria no rendimento da alface.

As BPCP também promovem aumento da produtividade, do crescimento, do conteúdo de nutrientes, na condutância estomática e do conteúdo de clorofila de plantas de alface (SAHIN et al., 2015; SUZUKI et al., 2014).

Além dos incrementos nas características de crescimento, o conteúdo de nutrientes da alface aumentou significativamente, assim como demonstrado por Tuefenkci et al. (2006).

O tratamento com melhor efeito sobre esse ganho de produtividade e no conteúdo de nutrientes minerais da alface foi à combinação AH+BPCP. Os benefícios do uso de inoculantes combinados de AH e BPCP, já foi relatado na cultura da cana-de-açúcar (MARQUES JÚNIOR et al., 2008), milho (CONCEIÇÃO et al., 2008; CANELLAS et al., 2013), abacaxi (BALDOTTO et al., 2010a) e tomate (OLIVARES et al., 2015)

Esse efeito da ação combinada de AH e BPCP ocorre por meio dos mecanismos de ação, de ambos os bioestimulantes, nas plantas, numa relação estreita, onde as bactérias penetram o tecido vegetal no momento de emergência de novas raízes laterais e pelos radiculares e/ou no processo de transporte de íons na

rizosfera, colonizando a planta e desencadeando processos de que irão favorecer a absorção e assimilação de nutrientes, entre outras ações (MARQUES JÚNIOR et al., 2008; BALDOTTO & BALDOTTO, 2014; CANELLAS & OLIVARES, 2014). Esses processos ocorrem a partir de mecanismos de ativação das enzimas da membrana plasmática e pela produção de fitormônios por AH e BPCP, promovendo assim o crescimento e desenvolvimento das plantas (CANELLAS et al., 2015; OLIVARES et al., 2015).

Alterações na arquitetura radicular, no metabolismo (primário e secundário) e nas atividades enzimáticas, assim como a já relatada presença de fitormônios nos AH e, sintetizadas pelas BPCP podem explicar os ganhos em produtividade da alface relatados no trabalho (CANELLAS et al., 2002; NARDI et al., 2002; BALDOTTO & BALDOTTO, 2014a.; CANELLAS & OLIVARES, 2014).

Trabalhos com aplicação de ácidos húmicos como bioestimulantes ou promotores de crescimento em brócolis são escassos. Yildirim et al. (2011) relatam aumento no crescimento, produtividade (cabeça e folhas), conteúdo de clorofila e nutrientes de brócolis cultivado com esterco e rizobactérias. O incremento da produtividade das folhas de brócolis é relatado por Hameed et al. (2015), com melhoria no estado nutricional e na concentração de substâncias antioxidantes em plantas tratadas com ácido húmico. Já Tanwar et al. (2013) demonstram efeitos positivos do uso combinado de fungos micorrízicos e bactérias *Pseudomonas fluorescens* e *Trichoderma viride*, no crescimento, produtividade e conteúdo de nutrientes minerais de cabeças de brócolis tratadas com micro-organismos benéficos.

O incremento na produção relatado nos trabalhos anteriores com plantas de brócolis, não foi alcançado neste estudo, embora tenha ocorrido incremento de algumas variáveis analisadas.

A baixa eficiência dos tratamentos com bioestimulantes, na promoção de incremento da produtividade e do conteúdo de nutrientes minerais do brócolis podem ser explicados por um dado apresentado por Hameed et al. (2015), que após o uso de diferentes concentrações de AH em plantas de brócolis, destacou uma concentração ótima (de 0,4%), ou seja, a mais eficiente em promover o crescimento da planta. A concentração de AH escolhida para esse trabalho se baseou em curvas prévias de melhor concentração, de experimentos com outras espécies vegetais (BALDOTTO et

al., 2010a; BALDOTTO & BALDOTTO, 2013), não sendo ajustada uma curva de concentração resposta específica para a espécie, sendo talvez esse um dos fatores que impediram a expressão de resultados positivos.

Canellas et al. (2011), demonstraram em experimento com tomates mutantes não suscetíveis aos efeitos do hormônio auxínico, a ausência, na planta mutante, de receptores a esse hormônio. Essa também poderia ser uma explicação, pois a cultivar de brócolis utilizada no experimento talvez não possua tais receptores, e, portanto, o brócolis não seja estimulado, ou seja, pouco estimulado, pela aplicação desses bioestimulantes.

Outras espécies vegetais já apresentaram efeitos negativos quando tratadas com biofertilizantes oriundos de substâncias húmicas, como por exemplo, o orégano, manjerição e tomilho, que apresentaram redução de biomassa e do teor de alguns micronutrientes (DE KREIJ & BAŞAR, 1995). Os autores atribuem essa redução ao fato das substâncias húmicas complexarem os metais (Fe, Mn, Zn e Cu) em formas menos disponíveis que na forma iônica, principalmente em valores de pH mais baixos.

Outra hipótese seria a de que os níveis endógenos de hormônios auxínicos na espécie, ou neste cultivar, já sejam suficientes para promover seu crescimento, não sendo necessária maior ação desse hormônio (BALDOTTO et al., 2012). Ou ainda, que a elevação da taxa do mesmo pode se apresentar tóxica para essa espécie / cultivar, uma vez que a necessidade desses hormônios pelas plantas se faz em concentrações muito baixas (AGUIAR et al., 2009).

Portanto, a realização de novos experimentos e a realização de uma curva de resposta à concentração de AH para o brócolis seria interessante para confirmar a eficiência dos ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas em estimular o crescimento e desenvolvimento dessa espécie.

Quanto à aplicação de AH e BPCP em rúcula, não foi possível encontrar trabalhos anteriores que demonstrassem a resposta dessa espécie a esses bioestimulantes.

Os tratamentos bioestimulantes foram eficazes em incrementar a produtividade e o conteúdo de nutrientes da rúcula. Porém, as características de crescimento altura e comprimento da maior folha não apresentaram incremento,

assim como na alface, o que pode estar relacionado ao genótipo da espécie ou a insuficiência da concentração dos bioestimulantes.

No entanto, do ponto de vista da comercialização da planta, a parte mais importante, que é a massa fresca da parte aérea foi incrementada assim como o conteúdo de nutrientes minerais (ANDRIOLO, 2002).

Os tratamentos contendo bactérias foram os que apresentaram os maiores incrementos nas características de crescimento e no conteúdo de nutrientes para a rúcula, demonstrando como as BPCP são uma alternativa viável e de custo reduzido para o uso em sistemas agrícolas (RUZZI & AROCA, 2015).

A reação da planta a concentração de 20 mmol L⁻¹ de ácidos húmicos foi baixa, sendo importante a realização de mais trabalhos para a compreensão dos mecanismos de atuação desses bioestimulantes na rúcula, assim como as melhores concentrações a serem aplicadas. Dessa forma, sendo possível testar se a concentração usada de AH foi insuficiente, ou se, diferentemente de outras espécies, os ácidos húmicos não têm potencial bioestimulante na rúcula (ZANDONADI et al., 2014).

O conteúdo de nutrientes foi o fator que mais apresentou resposta positiva à aplicação dos bioestimulantes, tanto na rúcula, como nas outras duas hortaliças. Essa elevação pode ser explicada pela capacidade das bactérias promotoras de crescimento em plantas em aumentar a disponibilidade de alguns nutrientes no solo, e melhorar a capacidade da planta em absorvê-los, assim como a habilidade de fixar nitrogênio atmosférico (KUSS et al., 2007; BALDOTTO et al., 2010b). O incremento de nutrientes também é favorecido pela aplicação de AH, que alteram a complexação húmico-metal facilitando a absorção de nutrientes e tornam a membrana plasmática mais permeável e acessível ao transporte de íons (BALDOTTO & BALDOTTO, 2014a; CANELLAS et al., 2015). Infere-se que o efeito nutricional significativo, é fundamental para explicar o aumento de produtividade vegetal em resposta à aplicação de AH e BPCP.

É possível afirmar com os experimentos em três espécies vegetais distintas e a análise do crescimento relativo, que as espécies vegetais reagem de maneira diferente à aplicação do mesmo ácido húmico e bactérias promotoras de crescimento, cada uma requerendo o uso de concentrações ótimas específicas (BALDOTTO &

BALDOTTO, 2014a; CANELLAS & OLIVARES, 2014). Esse fato demonstra a necessidade do conhecimento científico sobre a ação dos bioestimulantes na fisiologia e morfologia dessas hortaliças, para determinação das espécies estimuladas, do melhor tipo de ácido húmico (relativo à fonte de extração) e das melhores concentrações, assim como das bactérias mais eficientes para cada planta. Com essa informação os produtores rurais poderão seguramente incorporar essa tecnologia e incrementarem sua produtividade.

As plantas de alface foram as que apresentaram melhor resposta aos tratamentos, ou seja, a aplicação de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento, utilizadas isoladamente ou em conjunto, apresentam efeitos positivos na sua produtividade e qualidade nutricional. No entanto, trabalhos com o brócolis são escassos, e com a rúcula não foram encontrados, uma evidência da necessidade de mais estudos com essas espécies.

Os benefícios dos incrementos observados nas hortaliças podem tornar os produtos mais competitivos no mercado, em função da agregação do conteúdo de nutrientes minerais e da qualidade comercial das mesmas, com menor ônus ambiental, uma vez que as fontes para obtenção de fertilizantes minerais são não renováveis.

A solução bioestimulante de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento agrega valor, e seu uso continuado, em parceria com o manejo adequado da matéria orgânica do solo e da fertilidade, constituem tecnologia para incrementar a produtividade e qualidade de hortaliças sem comprometer o ambiente. A aplicação de bioestimulantes na agricultura pode propiciar a redução e/ou otimização do uso da adubação mineral, tão dispendiosa e produzida com matéria prima finita, por uma alternativa sustentável e agroecológica que são os inoculantes combinados de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento (BALDOTTO & BALDOTTO, 2014a; CANELLAS et al., 2015; RUZZI & AROCA, 2015).

5 CONCLUSÕES

1- Os bioestimulantes à base de ácidos húmicos e bactérias diazotróficas endofíticas avaliados foram eficientes em incrementar a produtividade e o conteúdo de nutrientes minerais da alface (cv. Vanda) e rúcula (cv. Folha Larga) em sistemas de cultivo convencionais de forma isolada e combinada, sendo esta última mais efetiva de forma geral.

2- O melhor tratamento para incrementar a produtividade da alface, foi à combinação AH+BPCP, e da rúcula foi o tratamento BPCP, os quais permitiram incrementos significativos da biomassa fresca e seca da parte aérea dessas plantas, assim como do conteúdo de nutrientes.

3- O brócolis apresentou efeitos negativos para algumas variáveis e positivos para outras, não sendo possível concluir qual tratamento foi melhor para promover tais melhorias na biomassa e no conteúdo de nutrientes.

4- As espécies vegetais respondem de forma diferenciada aos ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento. O crescimento relativo das plantas em relação aos tratamentos demonstra que, nos tratamentos AH e AH+BPCP a alface foi a planta que apresentou crescimento relativo superior (alface > rúcula > brócolis) e no tratamento BPCP as melhores respostas foram da rúcula (rúcula > alface > brócolis).

5- Conclui-se que os ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas são bioestimulantes que constituem uma tecnologia no cultivo convencional de alface e rúcula, aumentando a produtividade e o conteúdo de nutrientes minerais.

6 REFERÊNCIAS

- AGUIAR, N. O.; CANELLAS, L. P.; DOBBSS, L. B.; ZANDONADI, D. B.; OLIVARES, F. L.; FAÇANHA, A. R. Distribuição de massa molecular de ácidos húmicos e promoção do crescimento radicular. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.6, p.1613-1623, 2009.
- AGUIRRE, E.; LEMÉNAGER, D.; BACAICOA, E.; FUENTES, M.; BAIGORRI, R.; ZAMARREÑO, A.M.; GARCÍA-MINA, J.M. The root application of a purified leonardite humic acid modifies the transcriptional regulation of the main physiological root responses to Fe deficiency in Fe-sufficient cucumber plants. **Plant physiology and biochemistry**, v.47, n.3, p.215-223, 2009.
- ALDERSON, M. P.; DOS SANTOS, A. B.; MOTA FILHO, C. R. Reliability analysis of low-cost, full-scale domestic wastewater treatment plants for reuse in aquaculture and agriculture. **Ecological Engineering**, v.82, p.6-14, 2015.
- ALMEIDA, H. C.; DA SILVEIRA, C. B.; ERNANI, P. R.; CAMPOS, M. L.; ALMEIDA, D. Composição química de um resíduo alcalino da indústria de papel e celulose (dregs). **Química Nova**, v.30, n.7, p.1669-1672, 2007.
- ALVAREZ, V. V. H & ALVAREZ, G. A. M. Comparações de médias ou testes de hipóteses? Contrastes! **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.24-34, 2006.
- ANDRADE, G. V. S.; SIMOES, M. P.; TOTOLA, M. R.; BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Identificação de bactérias diazotróficas isoladas da orquídea *Cymbidium* sp. pela análise de ácidos graxos metil-éster por cromatografia gasosa (GC-Fame). In: **Fertbio 2014**, Anais de Congresso, Araxá, 2014.
- ANDRIOLO, J. L. **Olericultura geral: princípios e técnicas**. Santa Maria: Ed. UFSM, 158p., 2002.
- ARANCON, N.Q.; EDWARDS, C.A.; LEE, S.; BYRNE, R. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. **European Journal of Soil Biology**, v.42, p.S65-S69, 2006.
- ARANTES, C. R. D. A.; JUNIOR, S. S.; CAMILI, E. C.; DIAMANTE, M. S.; PINTO, E. S. C. Produção e tolerância ao pendoamento de alface-romana em diferentes ambientes. **Revista Ceres**, v.61, n.5. p.558-566, 2014.
- ARMADA, E.; PORTELA, G.; ROLDÁN, A.; AZCÓN, R. Combined use of beneficial soil microorganism and agrowaste residue to cope with plant water limitation under semiarid conditions. **Geoderma**, v.232, p.640-648, 2014.

- ARNON, D. I. & STOUT, P. R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant physiology**, v.14, n.2, p.371-375, 1939.
- AZEVEDO, J. C. R. D. & NOZAKI, J. Análise de fluorescência de substâncias húmicas extraídas da água, solo e sedimento da lagoa dos Patos–MS. **Química Nova**, v.31, n.6, p.1324-1329, 2008.
- BALDANI, J. I.; CARUSO, L.; BALDANI, V. L.; GOE, S. R.; DÖBEREINER, J. Recent advances in BNF with non-legume plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, n.5, p.911-922, 1997.
- BALDOTTO, M. A.; CANELLAS, L. P.; CANELA, M. C.; SIMÕES, M. L.; MARTIN-NETO, L.; FONTES, M. P. F.; VELLOSO, A. C. X. Propriedades redox e grupos funcionais de ácidos húmicos isolados de adubos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, p.465-475, 2007.
- BALDOTTO, L. E. B. **Estrutura e fisiologia da interação entre bactérias diazotróficas endofíticas e epifíticas com abacaxizeiro cultivar 'Vitória' durante a aclimatização.** Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ. 137 p., 2009.
- BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A.; GIRO, V. B.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; BRESSAN-SMITH, R. Desempenho do abacaxizeiro 'Vitória' em resposta à aplicação de ácidos húmicos durante aclimatização. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.4, p.979-990, 2009.
- BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A.; CANELLAS, L. P.; BRESSAN-SMITH, R.; OLIVARES, F. L. Growth promotion of pineapple 'Vitória' by humic acids and Burkholderia spp. during acclimatization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.5, p.1593-1600, 2010a.
- BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A.; OLIVARES, F. L.; VIANA, A. P. & BRESSAN-SMITH, R. Seleção de bactérias promotoras de crescimento no abacaxizeiro cultivar Vitória durante a aclimatização. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p. 349-360, 2010b.
- BALDOTTO, M. A.; MUNIZ, R. C.; BALDOTTO, L. E. B.; DOBBSS, L. B. Root growth of Arabidopsis thaliana (L.) Heynh. treated with humic acids isolated from typical soils of Rio de Janeiro state, Brazil. **Revista Ceres**, v.58, n.4, p.504-511, 2011.
- BALDOTTO, L. E. B.; SILVA JÚNIOR, L. G.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; BALDOTTO, M. A. Initial growth of maize in response to application of rock phosphate, vermicompost and endophytic bacteria. **Revista Ceres**, v.59, n.2, p.;62-270, 2012.

- BALDOTTO, M. A.; GOBO, A. A. R.; SALOMÃO, M. S. M. B.; REZENDE, C. E.; CAMARGO, P. B. Frações da matéria orgânica e propriedades redox de substâncias húmicas em sedimentos de oceanos profundos. **Química Nova**, v.36, p.1288-1295, 2013.
- BALDOTTO, M. A. & BALDOTTO, L. E. B. Gladiolus development in response to bulb treatment with different concentrations of humic acids. **Revista Ceres**, v.60, n.1, p.138-142, 2013.
- BALDOTTO, M. A. & BALDOTTO, L. E. B. Ácidos Húmicos. **Revista Ceres**, v.61, p.856-881, 2014a.
- BALDOTTO, L. E. B. & BALDOTTO, M. A. Adventitious rooting on the Brazilian red-cloak and sanchezia after application of indole-butyric and humic acids. **Horticultura Brasileira**, v.32, n.4, p.434-439, 2014b.
- BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A.; GONTIJO J. B.; OLIVEIRA F. M.; GONÇALVES, J. Aclimatização de orquídea (*Cymbidium* sp.) em resposta à aplicação de ácidos húmicos. **Ciência Rural**, 44:830-833, 2014c.
- BALDOTTO, L. E. B. & BALDOTTO, M. A. Growth and production of ornamental sunflower grown in the field in response to application of humic acids. **Ciência Rural**, v.45, n.6, p.1000-1005, 2015.
- BERBARA, R. L. L. & GARCÍA, A. C. Humic substances and plant defense metabolism. In: Parvaiz, A., Mohd, R.W. (eds). **Physiological mechanisms and adaptation strategies in plants under changing environment**. Volume 1. Springer, New York, p.297-319, 2014.
- BEZERRA, P. S. G.; GRANGEIRO, L. C.; DE NEGREIROS, M. Z.; DE MEDEIROS, J. F. Utilização de bioestimulante na produção de mudas de alface. **Científica**, v.35, n.1, p.46-50, 2007.
- BLANCHARD, R. W.; REHM, G.; CALDWELL, A. C. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. **Proceedings-Soil Science Society of America**, v.29, n.1, p.71-72, 1965.
- BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, n.113, p.73-85, 1974.
- BRASIL. **Lei n. 11.326 de 24 de julho de 2006**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111326.htm>. Acesso em: 27 Jan. 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n.23, de 31 de agosto de 2005**. Aprova as definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais

e biofertilizantes destinados à agricultura. Diário Oficial da União, Brasília, n.173, 08. set. 2005, Seção 1, p.12.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n.27, de 05 de junho de 2006**. Aprova os limites máximos de agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas admitidos nos fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes destinados à agricultura. Diário Oficial da União, Brasília, n.110, 09. jun. 2006, Seção 1, p.15.

BREMNER, J.M. Total nitrogen In: BLACK, C. A., ed. **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. part 2, p.1149-1178.

CANBOLAT, M. Y.; BILEN, S.; CAKMAKCI, R.; SAHIN, F.; AYDIN, A. Effect of plant growth-promoting bacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. **Biology and Fertility of Soils**, v.42, n.4, p.350-357, 2006.

CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; OKOROKOVA-FACANHA, A. L. & FACANHA, A. R. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. **Plant Physiology**, v.130, n.4, p.1951-1957, 2002.

CANELLAS, L. P. & SANTOS, G. A.. **Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. Campos dos Goytacazes, UENF, 2005. 309 p.

CANELLAS, L. P.; ZANDONADI, D. B.; BUSATO, J. G.; BALDOTTO, M. A.; SIMÕES, M. L.; MARTIN-NETO, L.; FAÇANHA, A. R.; SPACCINI, R.; PICCOLO, A. Bioactivity and chemical characteristics of humic acids from tropical soils sequence. **Soil Science**, v.173, n.9, p.624-637, 2008a.

CANELLAS, L. P.; TEIXEIRA JUNIOR, L. R. L.; DOBBSS, L. B.; SILVA, C. A., MEDICI, L. O.; ZANDONADI, D. B.; FAÇANHA, A. R. Humic acids crossinteractions with root and organic acids. **Annals of Applied Biology**, v.153, n.2, p.157-166, 2008b.

CANELLAS, L. P.; SPACCINI, R.; PICCOLO, A.; DOBBSS, L. B.; OKOROKOVA-FACANHA, A. L.; DE ARAÚJO SANTOS, G.; OLIVARES, F. L.; FAÇANHA, A. R. Relationships between chemical characteristics and root growth promotion of humic acids isolated from Brazilian oxisols. **Soil Science**, v.174, n.11, p.611-620, 2009.

CANELLAS, L. P.; DANTAS, D. J.; AGUIAR, N. O.; PERES, L. E. P.; ZSOGON, A.; OLIVARES, F. L.; DOBBSS, L. B.; FAÇANHA, A. R.; NEBBIOSO, A. & PICCOLO, A. Probing the hormonal activity of fractionated molecular humic components in tomato auxin mutants. **Annals of Applied Biology**, v.159, n.2, p.202-211, 2011.

- CANELLAS, L. P.; BALMORI, D. M.; MÉDICI, L. O.; AGUIAR, N. O.; CAMPOSTRINI, E.; ROSA, R. C.; FAÇANHA, A. R.; OLIVARES, F. L. (2013). A combination of humic substances and *Herbaspirillum seropedicae* inoculation enhances the growth of maize (*Zea mays* L.). *Plant and soil*, v. 366, n. 1-2, p. 119-132, 2013.
- CANELLAS, L. P. & OLIVARES, F. L. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v.1, p.3-14, 2014.
- CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; AGUIAR, N. O.; JONES, D. L.; NEBBIOSO, A., MAZZEI, P.; PICCOLO, A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v.196, p.15-27, 2015.
- CANTARUTTI, R. B.; ALVAREZ, V. V. H.; RIBEIRO, A. C. Amostragem do Solo. IN: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.177.
- CARVALHO, C.; KIST, B.; POLL, H. **Anuário Brasileiro de Hortaliças**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2013. 88 p. ISSN 2178-0897. Disponível em: <http://www.icna.org.br/sites/default/files/artigo/Anuario_hortalicas_2013>. Acesso em: 21 Ago. 2015.
- CAVALCANTE, I. H. L.; DA SILVA, R. R. S.; ALBANO, F. G.; DE LIMA, F. N.; MARQUES, A. D. S. Foliar spray of humic substances on seedling production of papaya (pawpaw). **Journal of Agronomy**, v.10, n.4, p.118-122, 2011.
- CECILIO FILHO, A. B.; SCHIAVON JUNIOR, A. A.; CORTEZ, J. W. M. Produtividade e classificação de brócolos para indústria em função da adubação nitrogenada e potássica e dos espaçamentos entre plantas. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.1, p.12-17, jan./mar. 2012.
- CETEC (Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais). **Estudos básicos para o Diagnóstico Ambiental do Município de Betim**. Belo Horizonte – Dezembro/1994.
- CHEN, Y. & AVIAD, T. Effects of humic substances on plant growth. In: Maccarthy P, Capp CE, Malcolm RL & Bloom PR (Eds.) **Humic substances in soil and crop sciences: selected readings**. Madison, American Society of America. p.161-186, 1990.
- CHEN, Y; CLAPP, C. E.; MAGEN, H. Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo-iron complexes. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.50, n.7, p.1089-1095, 2004.
- CHEN, L.; DODD, I. C.; THEOBALD, J. C.; BELIMOV, A. A.; DAVIES, W. J. The rhizobacterium *Variovorax paradoxus* 5C-2, containing ACC deaminase,

- promotes growth and development of *Arabidopsis thaliana* via an ethylene-dependent pathway. **Journal of Experimental Botany**, v.64, p.1565-1573, 2013.
- CHOUDHARY, D. K.; SHARMA, K. P.; GAUR, R. K. Biotechnological perspectives of microbes in agro-ecosystems. **Biotechnology Letters**, v.33, p.1905-1910, 2011.
- CLAPP, C. E. & HAYES, M. H. B. Sizes and shapes of humic substances. **Soil Science**, v.164, n.11, p.777-789, 1999.
- COELHO, G. S. **Manejo da irrigação na cultura do brócoli tipo “Cabeça única” em ambiente protegido**. 60 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- CONCEIÇÃO, P. M.; VIEIRA, H. D.; CANELLAS, L. P.; MARQUES JÚNIOR, R. B.; OLIVARES, F. L. Corn seed coating with humic acids and endophytic diazotrophic bacteria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.545-548, 2008.
- CONTESTO, C.; MILESI, S.; MANTELIN, S.; ZANCARINI, A.; DESBROSSES, G.; VAROQUAUX, F.; BELLINI, C.; KOWALCZYK, M.; TOURAINÉ, B. The auxin-signaling pathway is required for the lateral root response of *Arabidopsis* to the rhizobacterium *Phyllobacterium brassicacearum*. **Planta**, v.232, p.1455-1470, 2010.
- COMETTI, N. N. Composto nitrogenado e açúcares solúveis em tecidos de alface orgânica, hidropônica e convencional. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.4, p.748-753, 2004.
- CORDELL, D.; DRANGERT, J. O.; WHITE, S. The story of phosphorus: global food security and food for thought. **Global Environmental Change**, v.19, n.2, p.292-305, 2009.
- CORRÊA, M. N.; FERNANDES, G.; PRADO, R.; NATALE, W. Propriedades químicas do solo tratado com resíduo orgânico da indústria processadora de goiabas. **Current Agricultural Science and Technology**, v.1, n.2, p.241-243, 2012.
- COSTA, C. P. & SALA, F. C. A evolução da alfacultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília-DF, v. 23, n.1, p.158-159, jan/mar. 2005.
- DA CUNHA, F. F.; GODOY, A. R.; MAGALHÃES, F. F.; DE CASTRO, M. A.; LEAL, A. J. F. Irrigação de diferentes cultivares de rúcula no nordeste do Mato Grosso do Sul. **Water Resources and Irrigation Management**, v.2, n.3, p.131-141, 2013.
- DA LUZ, L. G.; MEDEIROS, S. C. P.; MANFRON, P. A.; AMARAL, A. D.; MULLER, L.; TORRES, M. G. & MENTGES, L. A questão do nitrato em alface

- hidropônica e a saúde humana. **Ciência Rural** (Santa Maria), v.38, n.8, p.2388-2394, nov. 2008.
- DA SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.108-114, 2007.
- DA SILVA, J. A.; DE OLIVEIRA, A. P.; ALVES, G. D. S.; CAVALCANTE, L. F.; DE OLIVEIRA, A. N.; ARAÚJO, M. A. Rendimento do inhame adubado com esterco bovino e biofertilizante no solo e na folha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.16, n.3, p.253-257, 2012.
- DE FARIA LEITE, G.; DA CUNHA NETO, F. R. & DE RESENDE, A. V. Produtividade agrícola da cana-de-açúcar adubada com dejetos líquidos de suínos. **Ciência Agrotecnológica**, v.33, n1, p. 132-138, 2009.
- DE KREIJ, C. & BAŞAR, H. Effect of humic substances in nutrient film technique on nutrient uptake. **Journal of plant nutrition**, v.18, n.4, p.793-802, 1995.
- DÖBEREINER, J. A importância da fixação biológica de nitrogênio para a agricultura sustentável. **Biotecnologia Ciência**, p.2-3, 1997.
- DÖBEREINER, J.; BALDANI, V. L. D. & BALDANI, J. I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas**. Embrapa Agrobiologia, Seropédica. 66p., 1995.
- DÖBEREINER, J.; ANDRADE, V. O. & BALDANI, V. L. D. **Protocolos para Preparo de Meios de Cultura da Embrapa Agrobiologia**. Seropédica, Rio de Janeiro. 1999. 39p.
- DU JARDIN, Patrick. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 3-14, 2015.
- EL-MOHAMEDY, R. S. R., & AHMED, M. A. Effect of biofertilizers and humic acid on control of dry root rot disease and improvement yield quality of mandarin (Citrus reticulata Blanco). **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v.5, n.2, p.127-137, 2009.
- EL-GHAMRY, A. M.; EL-HAI, K. A.; GHONEEM, K. M. Amino and humic acids promote growth, yield and disease resistance of faba bean cultivated in clayey soil. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v.3, p.731-739, 2009.
- ENDERS, T. A. & STRADER, L. C. Auxin activity: Past, present, and future. **American journal of botany**, v.102, n.2, p. 180-196, 2015.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas em Solos. 2013. 352p.

- FAÇANHA, A. R.; FAÇANHA, A. L. O.; OLIVARES, F. L.; GURIDI, F.; SANTOS, G. D. A.; VELLOSO, A. C. X.; CANELLAS, L. P. Bioatividade de ácidos húmicos: efeitos sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.9, p.1301-1310, 2002.
- FAN, H. M.; WANG, X. W., SUN, X., LI, Y. Y., SUN, X. Z.; ZHENG, C. S. Effects of humic acid derived from sediments on growth, photosynthesis and chloroplast ultrastructure in chrysanthemum. **Scientia Horticulturae**, v.177, p.118-123, 2014.
- FAN, H. M., LI, T., SUN, X., SUN, X. Z.; ZHENG, C. S. Effects of humic acid derived from sediments on the postharvest vase life extension in cut chrysanthemum flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v.101, p.82-87, 2015.
- FAO, IFAD & WFP. The State of Food Insecurity in the World 2014. **Strengthening the enabling environment for food security and nutrition**. Rome, FAO. 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/publications/sofi/2014/en/>>. Acesso em: 02 Out. 2015.
- FERNÁNDEZ-GÓMEZ, M. J.; NOGALES, R.; PLANTE, A.; PLAZA, C.; FERNÁNDEZ, J. M. Application of a set of complementary techniques to understand how varying the proportion of two wastes affects humic acids produced by vermicomposting. **Waste Management**, v.35, p.81-88, 2015.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. Viçosa: UFV, 422p., 2008.
- FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G.J.; GOMES, L.A.A.; ALMEIDA, K.; MORAES, S.R.G.; TEIXEIRA, C.M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.1, p.146-150, 2006.
- FONTES, P. C. R. **Olericultura: teoria e prática**. UFV, Viçosa. 1ªed. 486p., 2005.
- FURLANI, P. R.; PURQUERIO, L. F. V. Avanços e desafios na nutrição de hortaliças. In: **Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças**. MELLO PRADO, R. et al. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FUNDUNESP, p. 45-62, 2010.
- GARCÍA, A. C.; SANTOS, L. A.; IZQUIERDO, F. G.; SPERANDIO, M. V. L.; CASTRO, R. N.; BERBARA, R. L. Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress. **Ecological Engineering**, v.47, p.203-208, 2012.
- GARG, S. K.; BHATNAGAR, A.; KALLA, A.; NARULA, N. In vitro fixation, phosphate solubilization, survival and nutrient release by *Azotobacter* strains in an aquatic system. **Bioresource Technology**, v.80, n.2, p.101-109, 2001.

- GLICK, B.R., JACOBSON, C.B., SCHWARZE, M.M.K., PASTERNAK, J.J. 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase mutants of the plant-growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2 do not stimulate canola root elongation. **Canadian Journal of Microbiology**, v.40, p.911-915, 1994.
- GONTIJO JB, SILVEIRA KC, OLIVEIRA FM, GONÇALVES J, BALDOTTO MA & BALDOTTO LEB (2013) Caracterização de bactérias diazotróficas associadas às raízes e folhas de *Cymbidium* sp.. **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciências do Solo**, de 28 de Julho a 2 de Agosto de 2013, Florianópolis – SC. Resumo expandido.
- GOMES, A. M. A.; MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B.; MESQUITA, J. C. P. Isolamento, seleção de bactérias e efeito da utilização de *Bacillus* spp. na produção de mudas orgânicas de alface. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.4, p.699-703, 2003.
- HAGER, A. Role of the plasma membrane H⁺-ATPase in auxin-induced elongation growth: historical and new aspects. **Journal of plant research**, v.116, n.6, p.483-505, 2003.
- HAGHIGHI, M.; KAFI, M.; FANG, P. Photosynthetic activity and N metabolism of lettuce as affected by humic acid. **International Journal of Vegetable Science**, v.18, n.2, p.182-189, 2012.
- HALDAR, S. & SENGUPTA, S. Plant-microbe Cross-talk in the Rhizosphere: Insight and Biotechnological Potential. **The open microbiology journal**, v.9, n.1, p.1-7, 2015.
- HALPERN, M.; BAR-TAL, A.; OFEK, M.; MINZ, D.; MULLER, T.; YERMIYAHU, U. Chapter Two-The Use of Biostimulants for Enhancing Nutrient Uptake. **Advances in Agronomy**, v.130, p.141-174, 2015.
- HAMEED M, SULTANA B, ANWAR F, ASLAM M, MUSHTAQ M & MUNIR H Changes in proximate composition, biochemical and antioxidant attributes of broccoli (*Brassica oleracea* L.) in relation to foliar application of selected plant growth regulators. **Pakistan Journal of Botany**, v.47, n.5, p.1685-1691, 2015.
- HEIL, C. A. Influence of humic, fulvic and hydrophilic acids on the growth, photosynthesis and respiration of the dinoflagellate *Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller. **Harmful Algae**, v.4, p.603-618, 2005.
- HERNANDEZ, O. L.; HUELVA, R.; GURIDI, F.; OLIVARES, F. L.; CANELLAS, L. P. Humatos isolados de vermicomposto como promotores de crescimento em cultivo orgânico de alface. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, v.22, n.1, p.70-75, 2013. Disponível em: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S207100542013000100012&lng=es&nr=iso>. Acesso em: 27 Out. 2015.

- HERNANDEZ, O. L.; CALDERÍN, A.; HUELVA, R.; MARTÍNEZ-BALMORI, D.; GURIDI, F.; AGUIAR, N. O.; CANELLAS, L. P. Humic substances from vermicompost enhance urban lettuce production. **Agronomy for Sustainable Development**, v.35, n.1, p.225-232, 2015.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário – 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: Mar. 2015. ISSN 0103-6157 (meio impresso)
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Estações meteorológicas 83587, 83581 e 83632. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso em: Ago. 2015.
- INOCÊNCIO, M. F.; PAIM, L. R.; NOVELINO, J. O.; NORILER, A. V.; PEDROSO, F. W.; MIGLIORANÇA, M. V. S. Características agrônomicas da alface fertilizada com superfosfato triplo e ninhos de cupim. **Agrarian**, v.2, n.4, p.83-93, 2009.
- INTERNATIONAL HUMIC SUBSTANCES SOCIETY (IHSS). **Natural Organic Matter Research. Isolation of IHSS Samples**. Disponível em: <www.humicsubstances.org>. Acesso em: Jan. 2015.
- JANNIN, L.; ARKOUN, M.; OURRY, A.; LAÎNÉ, P.; GOUX, D.; GARNICA, M.; FUENTES, M.; FRANCISCO, S. S.; BAIGORRI, R.; CRUZ, F.; HOUDUSSE, F.; GARCIA-MINA, J. M.; YVIN, J. C.; ETIENNE, P. 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.
- JETIYANON, K. & KLOEPPER, J. W. Mixtures of plant growth-promoting rhizobacteria for induction of systemic resistance against multiple plant diseases. **Biological Control**, v.24, n.3, p.285-291, 2002.
- KANCHISWAMY, C.N.; MALNOY, M.; MAFFEI, M.E. Chemical diversity of microbial volatiles and their potential for plant growth and productivity. **Frontiers in plant science**, v. 6, p.151, 2015.
- KARADENIZ, A.; TOPCUOGLU, S. F.; INAN, S. Auxin, gibberellin, cytokinin and abscisic acid production in some bacteria. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v.22, n.10, p.1061-1064, 2006.
- KARAKURT, Y.; UNLU, H.; UNLU, H.; PADEM, H. The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of pepper. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v.59, n.3, p.233-237, 2009.

- KESBA, H. H. & AL-SHALABY, M. E. Survival and reproduction of *Meloidogyne incognita* on tomato as affected by humic acid. **Nematology**, v.10, n.2, p.243-249, 2008.
- KESBA, H. H. & EL-BELTAGI, H. S. Biochemical changes in grape rootstocks resulted from humic acid treatments in relation to nematode infection. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v.2, n.4, p.287-293, 2012.
- KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: Kiehl, 4.ed. 173p., 2004.
- KIMOTO, T. Nutrição e Adubação de repolho, couve-flor e brócolis. **In: Simpósio-Nutrição e Adubação de Hortaliças**, Jaboticabal, 1993. Anais. Jaboticabal, UNESP., p.149-178, 1993.
- KIRKBY, E.A. & RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **Informações agrônômicas**, v. 118, n. 2, p. 1-24, 2007.
- KLOPPER, J. W.; RODRIGUEZ-UBANA, R.; ZEHNDER, G. W.; MURPHY, J. F.; SIKORA, E.; FERNÁNDEZ, C. Plant root-bacterial interactions in biological control of soilborne diseases and potential extension to systemic and foliar diseases. **Australasian Plant Pathology**, v.28, n.1, p.21-26, 1999.
- KONONOVA, M. M. **Matéria orgânica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación**. Barcelona, Oikos-Tou. 365p., 1982.
- KUSS, A. V.; KUSS, V. V.; LOVATO, T.; FLÔRES, M. L. Fixação de nitrogênio e produção de ácido indol acético in vitro por bactérias diazotróficas endofíticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.10, p.1459-1465, 2007.
- LAKSHMANAN, V.; CASTANEDA, R.; RUDRAPPA, T.; BAIS, H.P. Root transcriptome analysis of *Arabidopsis thaliana* exposed to beneficial *Bacillus subtilis* FB17 rhizobacteria revealed genes for bacterial recruitment and plant defense independent of malate efflux. **Planta**, v.238, p.657-668, 2013.
- LIMA, A. A.; ALVARENGA, M. A. R.; RODRIGUES, L.; CARVALHO, J. G. Concentração foliar de nutrientes e produtividade de tomateiro cultivado sob diferentes substratos e doses de ácidos húmicos. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.1, p.63-69, 2011.
- LODEWYCKX, C.; ANGRONVELD, J.; PORTEOUS, F.; MOORE, E. R. B.; TAGHAVI, S.; MEZGEAY, M. & VAN DER LELIE, D. Endophytic bacteria and their potential applications. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.21,n.6, p.583-606, 2002.
- LUENGO, R. F. A.; PARMAGNANI, R. M.; PARENTE, M. R.; LIMA, M. F. B. F. Tabela de Composição Nutricional das Hortaliças. **Embrapa Hortaliças - Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças**. 2ª ed., Brasília, 2011. ISSN 1415 – 2312.

- MARQUES JÚNIOR, R. B.; CANELLAS, L. P.; SILVA, L. G.; OLIVARES, F. L. Promoção de enraizamento de microtoletes de cana-de-açúcar pelo uso conjunto de substâncias húmicas e bactérias diazotróficas endofíticas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n. 3 p.1121-1128, 2008.
- MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; LEAL, F. L. L.; CAETANO, A. C. da S.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 639-644, Set. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612006000300024&lng=en&nr m=iso>. Acesso em: 20 Out. 2015.
- MIRZA, M. S.; AHMAD, W.; LATIF, F.; HAURAT, J.; BALLY, R.; NORMAND, P.; MALIK, K. A. Isolation, partial characterization, and the effect of plant growth promoting bacteria (PGPB) on micro-propagated sugarcane in vitro. **Plant and Soil**, v.237, p.47-54, 2001.
- MOGHADAM, H. R. T.; KHAMENE, M. K.; ZAHEDI, H. Effect of humic acid foliar application on growth and quantity of corn in irrigation withholding at different growth stages. **Maydica**, v.59, n.2, p.124-128, 2014.
- MORA, V.; BACAICOA, V.; ZAMARREÑO, A. M.; AGUIRRE, E.; GARNICA, M.; FUENTES, M.; GARCÍA-MINA, J. M. Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. **Journal of plant physiology**, v.167, n.8, p.633-642, 2010.
- MORA, V.; BAIGORRI, R.; BACAICOA, E.; ZAMARREÑO, A.M.; GARCÍA-MINA, J.M. The humic acid-induced changes in the root concentration of nitric oxide, IAA and ethylene do not explain the changes in root architecture caused by humic acid in cucumber. **Environmental and Experimental Botany**, v.76, p.24-32, 2012.
- MOREIRA, M. A.; DANTAS, F. M.; BIANCHINI, F. G.; VIÉGAS, P. R. A. Produção de mudas de berinjela com uso de pó de coco. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.12, n.2, p.163-170, 2010.
- MOURA, K. K. C. F.; NETO, F. B.; DE LIMA, J. S. S.; MOURA, K. H. S. Avaliação econômica de rúcula sob diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, v.21, n.2, p.113-118, 2008.
- MUSCOLO, A.; SIDARI, M.; ATTINÀ, E.; FRANCIOSO, O.; TUGNOLI, V.; NARDI, S. Biological activity of humic substances is related to their chemical structure. **Soil Science Society of America Journal**, v.71, n.1, p.75-85, 2007.
- NAKAGAWA, J.; KAMITSUJI, M. K.; PIERI, J. C.; VILLAS BÔAS, R. L. Efeitos do bagaço, decomposto por ação de biofertilizante, na cultura da alface. **Científica**, v.21, n.1, p.169-177, 1993.

- NANZIPIERI, P.; MUCCINI, L.; CIARDI, C. Microbial biomass and enzyme activities: production and persistence. **Soil Biology and Biochemistry**, v.15, n.6, p.679-685, 1983.
- NARDI, S.; CONCHERI, G.; PIZZEGHELLO, D.; STURARO, A.; RELLA, R.; PARVOLI, G. Soil organic matter mobilization by root exudates. **Chemosphere**, v.41, p.653-658, 2000.
- NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A.; VIANELLO, A. Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v.34, n.11, p.1527-1536, 2002.
- NARDI, S.; CARLETTI, P.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A. **Biological activities of humic substances**. In: Senesi, N., Xing, B., Huang, P.M., Eds. Biophysico-chemical processes involving natural nonliving organic matter in environmental systems. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, p.305-339, 2009.
- NEBBIOSO, A., & PICCOLO, A. Basis of a humeomics science: chemical fractionation and molecular characterization of humic biosuprastructures. **Biomacromolecules**, v.12, n.4, p.1187-1199, 2011.
- NEBBIOSO, A. & PICCOLO, A. Advances in humeomics: enhanced structural identification of humic molecules after size fractionation of a soil humic acid. **Analytica chimica acta**, v.720, p.77-90, 2012.
- NEBBIOSO, A.; PICCOLO, A.; LAMSHÖFT, M.; SPITELLER, M. Molecular characterization of an end-residue of humeomics applied to a soil humic acid. **RSC Advances**, v.4, n.45, p.23658-23665, 2014.
- NEVES, J. M. G., DA SILVA, H. P., & DUARTE, R. F. Uso de substratos alternativos para produção de mudas de moringas. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v.5, n.1, p.173-177, 2010.
- NUNES, M. U. C.; CUNHA, A. O.; DE CARVALHO, L. M. Efeitos de fontes alternativas de adubos orgânicos na produtividade de repolho x coentro em sistema ecológico de produção. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, p.1234-1237, 2007.
- OECD/Food and Agriculture Organization of the United Nations. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2015**. OECD Publishing, Paris, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en>. Acesso em: 01 Out. 2015.
- OLIVARES, F.L., AGUIAR, N.O., ROSA, R.C.C., CANELLAS, L.P., 2015. Substrate biofortification in combination with foliar sprays of plant growth promoting bacteria and humic substances boosts production of organic tomatoes. **Scientia Horticulturae**, v.183, p.100-108, 2015.

- OLSEN, P. E.; SANDE, E. S.; EYSER, H. H. **The enumeration and identification of rhizobial bacteria in legume inoculant quality control procedures.** Paia: NifTAL Center. 105p., 1996.
- PARRA-COTA, F. I.; PEÑA-CABRIALES, J. J.; SANTOS-VILLALOBOS, S. S.; MARTÍNEZ-GALLARDO, N. A.; DÉLANO-FRIER, J. P. Burkholderia ambifaria and B. caribensis promote growth and increase yield in grain amaranth (Amaranthus cruentus and A. hypochondriacus) by improving plant nitrogen uptake. **PLoS ONE**, v.9, n.2, e88094, 2014. Doi:10.1371/journal.pone.0088094
- PICCOLO, A. Humus and soil conservation. In: Piccolo, A. (Ed.), **Humic substances in terrestrial ecosystems.** Editora Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, p. 225–264, 1996.
- PICCOLO, A. The supramolecular structure of humic substances. **Soil science**, v.166, n.11, p.810-832, 2001.
- PICCOLO, A. The supramolecular structure of humic substances: a novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. **Advances in Agronomy**, v.75, p.57-134, 2002.
- PIRES, A. M. M. & MATTIAZZO, M. E. Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura. **Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica**, 2008. 9p
- PLANCHAMP, C.; GLAUSER, G.; MAUCH-MANI, B. Root inoculation with Pseudomonas putida KT2440 induces transcriptional and metabolic changes and systemic resistance in maize plants. **Frontiers in plant science**, v.5, p.1-10, 2014.
- PORCEL, R.; ZAMARREÑO, A. M.; GARCÍA-MINA, J. M.; AROCA, R. Involvement of plant endogenous ABA in Bacillus megaterium PGPR activity in tomato plants. **BMC Plant Biology**, v.14, p.36, 2014.
- PRIMO, D. C.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, v.7, n.5, p.1-13, 2011.
- PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar. **Relatório Institucional do PRONAF.** SAF/MDA, 2012. Disponível em: < http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_img_21/RG_2012_-SAF-MDA.pdf >. Acesso em: 27 Jan. 2016.
- PUGLISI, E.; FRAGOULIS, G.; DEL RE, A. A.; SPACCINI, R.; PICCOLO, A.; GIGLIOTTI, G.; SAID-PULLICINO, D.; TREVISAN, M. Carbon deposition in soil rhizosphere following amendments with compost and its soluble fractions, as evaluated by combined soil–plant rhizobox and reporter gene systems. **Chemosphere**, v.73, p.1292–1299, 2008.

- PUGLISI, E.; FRAGOULIS, G.; RICCIUTI, P.; CAPPÀ, F.; SPACCINI, R.; PICCOLO, A.; TREVISAN, M.; CRECCHIO, C. Effects of a humic acid and its size-fractions on the bacterial community of soil rhizosphere under maize (*Zea mays* L.). **Chemosphere**, v.77, p.829–837, 2009.
- PUGLISI E, PASCAZIO S, SUCIU N, CATTANI I, FAIT G, SPACCINI R, CRECCHIO C, PICCOLO A, TREVISAN M Rhizosphere microbial diversity as influenced by humic substance amendments and chemical composition of rhizodeposits. **Journal of Geochemical Exploration**, v.129, p.82–94, 2013.
- PURQUERIO, L. F. V.; DEMANT, L. A. R.; GOTO, R.; VILLAS BOAS, R. L. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.464-470, 2007.
- QUAGGIOTTI, S.; RUPERTI, B.; PIZZEGHELLO, D.; FRANCIOSO, O.; TUGNOLI, V. & NARDI, S. Effect of low molecular size humic substances on nitrate uptake and expression of genes involved in nitrate transport in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.398, p.803-813, 2004.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.177.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>. 2011.
- ROCHA, J. C. & ROSA, A. H. **Substâncias húmicas aquáticas: interações com espécies metálicas**. São Paulo, UNESP. 120p., 2003.
- RODDA, M. R. C.; CANELLAS, L. P.; FAÇANHA, A. R.; ZANDONADI, D. B.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. D. & SANTOS, G. D. A. Estímulo no crescimento e na hidrólise de ATP em raízes de alface tratadas com humatos de vermicomposto. II-Efeito da fonte de vermicomposto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.657-664, 2006.
- RODRIGUES, A. C.; HAAS, A.; BOZZETTO, C.; GARLET, G.; RITTER, L. G.; DA CONCEIÇÃO, S. R. & RENZ, V. D. Monitoramento e avaliação de aspectos relacionados à compostagem de lodo de abatedouro de frangos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.18, n.1, p.166-171, 2014a.
- RODRIGUES, L. F. O. S.; GUIMARÃES, V. F.; SILVA, M. B.; PINTO JUNIOR, A. S.; KLEIN, J. & COSTA, A. C. P. R. Características agronômicas do trigo em função de *Azospirillum* brasileiro, ácidos húmicos e nitrogênio em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.31-37, 2014b.

- RODRÍGUEZ, F. J.; SCHLENGER, P.; GARCÍA-VALVERDE, M. Monitoring changes in the structure and properties of humic substances following ozonation using UV–Vis, FTIR and ¹H NMR techniques. **Science of The Total Environment**, v.541, p.623-637, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969715307889>>. Acesso em: 20 Nov. 2015.
- RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; SELMAN, G. Expression of a mineral phosphate solubilizing gene from *Erwinia herbicola* in two rhizobacterial strains. **Journal of Biotechnology**, v.84, n.2, p.155-161, 2000.
- ROSSI, F.; FABRI, E. G.; SALA, F. C.; RONDINO, E.; MINAMI, K.; MELO, P. C. T. & COSTA, C. P. Caracterização varietal de rúcula (*Eruca sativa*) cultivada. **Horticultura Brasileira**, v.22, p.391-394, 2004.
- RUZZI, M. & AROCA, R. Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v.196, p. 124-134, 2015.
- SALOMON, M. V.; BOTTINI, R.; DE SOUZA, G. A.; COHEN, A. C.; MORENO, D.; GIL, M.; PICCOLI, P. Bacterial isolated from roots and rhizosphere of *Vitis vinifera* retard water losses, induce abscisic acid accumulation and synthesis of defense-related terpenes in vitro cultured grapevine. **Physiology Plant**, v.151, p.359-374, 2014.
- SAHIN, U.; EKINCI, M.; KIZILOGLU, F. M.; YILDIRIM, E.; TURAN, M.; KOTAN, R.; ORS, S. Ameliorative effects of plant growth promoting bacteria on water-yield relationships, growth, and nutrient uptake of lettuce plants under different irrigation levels. **HortScience**, v.50, n.9, p.1379-1386, 2015.
- SANTOS, G. de A, & CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Gênese. 544p., 1999.
- SANTOS, R. H. S.; SILVA, F. D.; CASALI, V. W. D.; CONDE, A. R. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.11, p.1395-1398, 2001.
- SANTOS, D. H.; SILVA, M. D. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.443-449, 2011.
- SANTOS, C. H.; NICOLODELLI, G.; ROMANO, R. A.; TADINI, A. M.; VILLAS-BOAS, P. R.; MONTES, C. R. & MILORIA, D. M. Structure of Humic Substances from Some Regions of the Amazon Assessed Coupling 3D Fluorescence Spectroscopy and CP/PARAFAC. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.26, n.6, p.1136-1142, 2015.

- SHAHEIN, M. M.; AFIFI, M. M.; ALGHARIB, A. M. Assessing the effect of humic substances extracted from compost and biogas manure on yield and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, v.14, n.10, p.996-1009, 2014.
- SCHNITZER, M. & KHAN, S. U. **Humic substances in the environment**. New York, Marcel Dekker. 327p., 1972.
- SILVA, F. A. M.; VILLAS BÔAS, R. L.; SILVA, R. B. Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n.1, p.131-137, mar. 2010.
- SILVA, T. F. & MELLONI, R. Densidade e diversidade fenotípica de bactérias diazotróficas não simbióticas em solos da reserva biológica Serra dos Toledos, Itajubá (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.2, p.359-371, 2011.
- SILVA, A. C.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; DOBBSS, L. B.; AGUIAR, N. O.; FRADE, D. O. R.; REZENDE, C. E.; PERES, L. E. P. Promoção do crescimento radicular de plântulas de tomateiro por substâncias húmicas isoladas de turfeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.5, p.1609-1617, 2011.
- SNYDER, C. S.; BRUULSEMA, T. W.; JENSEN, T. L.; FIXEN, P. E. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.133, n.3, p.247-266, 2009.
- SOARES, B.; CANTOS, G. A. Qualidade parasitológica e condições higiênico-sanitárias de hortaliças comercializadas na cidade de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. **Revista brasileira de epidemiologia**, São Paulo, v. 8, n. 4, p. 377-384, Dez. 2005. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415790X2005000400006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 01 Out. 2015.
- SOTTERO, A. N.; FREITAS, S. S.; MELO, A. M. T.; TRANI, P. E. Rizobactérias e alface: colonização rizosférica, promoção de crescimento e controle biológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.225-234, 2006.
- SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. 2ª ed. New York, Oxford, 2008. 330p.
- STEDUTO, P.; FAURÈS, J.; HOOGEVEEN, J. M.; WINPENNY, J.; BURKE, J. Coping With Water Scarcity: An Action Framework for Agriculture and Food Security. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome, 2012.
- STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2ªed. New York, John Wiley & Sons, 496p., 1994.

- SUINAGA, F. A. & HENZ, G. P. Tipos de Alface Cultivados no Brasil. **Embrapa Hortaliças**. ISSN 1414-9850. Brasília, DF. 7 p., nov. 2009. (Comunicado Técnico 75)
- SUTTON, R. & SPOSITO, G. Molecular structure in soil humic substances: the new view. **Environmental Science & Technology**, v.39, n.23, p.9009-9015, 2005.
- SWIFT, R.S. Macromolecular properties of soil humic substances: fact, fiction, and opinion. **Soil Science**, v.164, n.11, p.790-802, 1999.
- SUZUKI, W.; SUGAWARA, M.; MIWA, K.; MORIKAWA, M. Plant growth-promoting bacterium *Acinetobacter calcoaceticus* P23 increases the chlorophyll content of the monocot *Lemna minor* (duckweed) and the dicot *Lactuca sativa* (lettuce). **Journal of bioscience and bioengineering**, v.118, n.1, p.41-44, 2014.
- TAHIRI, A.; DESTAIN, J.; DRUART, PH.; THONART, PH. Propriétés physico-chimiques et biologiques des substances humiques en relation avec le développement végétal. **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement**, v.18, n.3, p.336-345, 2014.
- TAHIRI, A.; DELPORTE, F.; MUHOVSKI, Y.; ONGENA, M.; THONART, P.; DRUART, P. Change in ATP-binding cassette B1/19, glutamine synthetase and alcohol dehydrogenase gene expression during root elongation in *Betula pendula* Roth and *Alnus glutinosa* L. Gaertn in response to leachate and leonardite humic substances. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.98, p.25-38, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0981942815301595>>. Acesso em: 20 Nov. 2015.
- TANWAR, A.; AGGARWAL, A.; KAUSHISH, S.; CHAUHAN, S. Interactive effect of AM fungi with *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* on growth and yield of broccoli. **Plant Protection Science**, v.49, n3, p.137-145, 2013.
- TRANI, P. E. **Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido**. Campinas: Instituto Agronômico, Centro de Horticultura. 2012. 25p. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas179.pdf>. Acesso em: 17 Out. 2015.
- TREVISAN, S.; FRANCIOSO, O.; QUAGGIOTTI, S.; NARDI, S. Humic substances biological activity at the plant-soil interface: from environmental aspects to molecular factors. **Plant signaling & behavior**, v.5, n.6, p.635-643, 2010.
- TREVISAN, S.; BOTTON, A.; VACCARO, S.; VEZZAROA, A.; QUAGGIOTTI, S.; NARDI, S. Humic substances affect *Arabidopsis* physiology by altering the expression of genes involved in primary metabolism, growth and development. **Environmental and Experimental Botany**, v.74, p.45-55, 2011.

- TUEFENKCI, S.; TÜRKMEN, Ö.; SÖNMEZ, F.; ERDINC, C.; SENSOY, S. Effects of humic acid doses and application times on the plant growth, nutrient and heavy metal contents of lettuce grown on sewage sludge-applied soils. **Fresenius Environmental Bulletin**, v.15, n.4, p.295-300, 2006.
- VAN DUYN, M. A. S.; PIVONKA, E. Overview of the health benefits of fruit and vegetable consumption for the dietetics professional: selected literature. **Journal of the American Dietetic Association**, v.100, n.12, p.1511-1521, 2000. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000282230000420X>>. Acesso em: 23 Mar. 2015.
- VAUGHAN, D.; MALCOLM, R. E.; ORD, B. G. Influence of humic substances on biochemical processes in plants. In: **Soil organic matter and biological activity**. D. Vaughan, and R. E. Malcolm (eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 77-108, 1985.
- VELHO, L. P. S & DAL MAGRO, T. Seletividade do herbicida oxyfluorfen em pré-transplante na cultura do brócolis. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p.373-376, 2015.
- VERLINDEN, G.; PYCKE, B.; MERTENS, J.; DEBERSAQUES, F.; VERHEYEN, K.; BAERT, G.; BRIES, J. & HAESAERT, G. Application of humic substances results in consistent increases in crop yield and nutrient uptake, **Journal of Plant Nutrition**, v.32, n.9, p.1407-1426, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/01904160903092630>>. Acesso em: 20 Mar. 2015.
- VERMA, S. C.; LADHA, J. K.; TRIPATHI, A. K. Evaluation of plant growth promoting and colonization ability of endophytic diazotrophs from deep water rice. **Journal of Biotechnology**, v.91, n.2, p.127-141, 2001.
- VESSEY, J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant Soil**, v.255, p.571-586, 2003.
- VIANCELLI, A.; KUNZ, A.; FONGARO, G.; KICH, J. D.; BARARDI, C. R. M.; SUZIN, L. Pathogen inactivation and the chemical removal of phosphorus from swine wastewater. **Water, Air & Soil Pollution**, v.226, n.8, p.1-9, 2015.
- VILELA, N. J. & HENZ, G. P. Situação atual da participação das hortaliças no agronegócio brasileiro e perspectivas futuras. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 17, n. 1, p. 71-89, 2000.
- VILLAS BÔAS, R.L.; PASSOS, J.C.; FERNANDES, M.; BÜLL, L.T.; CEZAR, V.R.S.; GOTO, R. Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.28-34, jan-mar 2004.

- VISSER, S. A. Physiological action of humic substances on microbial cells. **Soil Biology and Biochemistry**, v.17, n.4, p.457-462, 1985.
- WERSHAW, R. L. & AIKEN, G. R. Molecular size and weight measurements of humic substances. In: Aiken GR, Mcknight DM, Wershaw RL & Maccarthy P (Eds.) **Humic substances in soil, sediment and water**. New York, Wiley. p.477-492, 1985.
- WERSHAW, R. L. Model for humus in soils and sediments. **Environmental Science & Technology**, v.27, n.5, p.814-816, 1993.
- WOLF, B. Improvements in azomethine-H method for determination of boron. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.5, n.1, p.39-44, 1974
- XU, D. B.; WANG, Q. J.; WU, Y. C.; YU, G. H.; SHEN, Q. R. & HUANG, Q. W. Humic-like substances from different compost extracts could significantly promote cucumber growth. **Pedosphere**, v.22, p.815-824, 2012.
- YILDIRIM, E.; KARLIDAG, H.; TURAN, M.; DURSUN, A.; GOKTEPE, F. Growth, nutrient uptake, and yield promotion of broccoli by plant growth promoting rhizobacteria with manure. **HortScience**, v.46, n.6, p.932-936, 2011.
- ZANDONADI, D. B.; CANELLAS, L. P.; FACANHA, A. R. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H⁺ pumps activation. **Planta**, v.225, n.6, p.1583-1595, 2006.
- ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; MEDICI, L. O.; SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v.32, n.1, p.14-20, jan./mar. 2014.