

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE RESÍDUOS AGRO-INDUSTRIAIS E
SUA RELAÇÃO COM O POTENCIAL AGRONÔMICO DE UM
BIOFERTILIZANTE LÍQUIDO AERÓBICO - HORTBIO**

SABRINA MAGALY NAVAS CAJAMARCA

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF

ABRIL/2019



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE RESÍDUOS AGRO-INDUSTRIAIS E
SUA RELAÇÃO COM O POTENCIAL AGRONÔMICO DE UM
BIOFERTILIZANTE LÍQUIDO AERÓBICO - HORTBIO**

SABRINA MAGALY NAVAS CAJAMARCA

ORIENTADOR: Dr. CÍCERO CÉLIO DE FIGUEIREDO
CO-ORIENTADOR: Dr. CARLOS EDUARDO PACHECO DE LIMA

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: TESE/2019

BRASÍLIA/DF
ABRIL / 2019

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE RESÍDUOS AGRO-INDUSTRIAIS E
SUA RELAÇÃO COM O POTENCIAL AGRONÔMICO DE UM
BIOFERTILIZANTE LÍQUIDO AERÓBICO - HORTBIO**

SABRINA MAGALY NAVAS CAJAMARCA

**TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM AGRONOMIA**

Aprovada por:

CÍCERO CÉLIO DE FIGUEIREDO (Orientador)

Professor Doutor (FAV - Universidade de Brasília) e-mail: cicerocf@unb.br

MICHELLE SOUZA VILELA (Membro interno)

Professora Doutora (FAV - Universidade de Brasília) e-mail:
michellevilelaunb@gmail.com

ARMINDA MOREIRA DE CARVALHO (Membro externo)

Pesquisadora Doutora (Embrapa Cerrados) e-mail: arminda.carvalho@embrapa.br

LURDINEIDE DE ARAÚJO BARBOSA BORGES (Membro externo)

Professora Doutora e-mail: lurd.borges@gmail.com

Brasília/DF, 26 de abril de 2019

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CAJAMARCA, S. M. N. **Composição química de resíduos agro-industriais e sua relação com o potencial agronômico de um biofertilizante líquido aeróbico - HORTBIO.** Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília- Brasília, 2019; 120p. (Tese de Doutorado em Agronomia).

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Sabrina Magaly Navas Cajamarca

TÍTULO DA TESE DE DOUTORADO: Composição química de resíduos agro-industriais e sua relação com o potencial agronômico de um biofertilizante líquido aeróbico - HORTBIO. GRAU: Doutora ANO: 2019

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e para emprestar e vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem autorização do autor.

Sabrina Magaly Navas Cajamarca

CPF: 704.161.371-21

Email: sabrinacajamarca@gmail.com

Cajamarca, Sabrina Magaly Navas

Composição química de resíduos agro-industriais e sua relação com o potencial agronômico de um biofertilizante líquido aeróbico-HORTBIO/ Sabrina Magaly Navas Cajamarca. -- Brasília, 2019.

120f. : il.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Cícero Célio de Figueiredo

Co-orientador: Dr. Carlos Eduardo Pacheco Lima

Bibliografia

1. Biofertilizantes. 2. Composição química resíduos. 3. Potencial agronômico, 4. Nutrição de plantas. I. Cajamarca, Sabrina Magaly Navas. II. Universidade de Brasília. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Doutorado em Agronomia. III. Título. IV. Figueiredo, Cícero Célio de. V. Doutor

AGRADEÇO

Ao ser infinito

DEDICO

*A minha Mãezinha linda, María,
a você por ser a personificação do Amor*

OFEREÇO

A minha linda família

AGRADECIMENTOS

Ao Deus, e sua grande presença na minha vida, permitindo-me vencer meus medos e limitações, aquela presença infinita e misteriosa que estava e está nos momentos mais lindos e não muito lindos, ensinando-me seus propósitos na minha vida. Aquele ser que me permite ser!!! Infinitamente obrigada por tudo.

A meu orientador, Dr. Cícero Célio de Figueiredo quem acreditou em mim e ofereceu-me uma oportunidade. Um grande ser humano e professor, exemplo de dedicação e amor à ciência, muito obrigada pela orientação, amizade e preocupação comigo.

Ao meu co-orientador, Carlos Eduardo Pacheco de Lima pela paciência, vontade e disponibilidade de ajudar. Obrigada por me brindar, a oportunidade de ser parte da Embrapa Hortaliças abrindo um novo mundo de conhecimento e grandes pessoas. A Mariana Fontanelle pela personificação da coragem e paz.

Ao Juscimar da Silva obrigada pelos ensinamentos, amizade e conversas compartilhadas, incentivando-me a continuar caminhando.

Ao Ítalo Guedes pela disponibilidade, ajuda e conhecimentos oferecidos sempre que eu precisei. Aos pesquisadores Nuno Madeira, Francisco Vilela Resende, Raphael Melo, Carlos Ragassi, Alice Quezado, Carlos Lopez e Claudia Ribeiro pela amizade, conhecimentos e alegria transmitidos a cada momento.

A todas aquelas pessoas que ajudaram na logística, técnicos de laboratórios aos trabalhadores das áreas: beneficiamento de sementes, orgânica, eletricidade e transporte pela gentileza disponibilidade e ajuda oferecida sempre que precisei.

À banca avaliadora da defesa pelo tempo e dedicação que tiveram para ler meu trabalho e fazer importantes contribuições.

A todos os professores seres muito queridos, aos quais admiro vosso comprometimento, dedicação e respeito. Ao professor Ricardo Carmona pela amizade, conhecimento e alegria transmitida, à professora Marilusa Lacerda por ser um exemplo de fortaleza. À linda professora Thais Coser, pela forma maravilhosa de ensinar e sobretudo de saber escutar. Ao Tairone Leão Paiva, por Ser um ser real, sincero e descomplicado obrigada pela ajuda, palavras, grandes ensinamentos.

Aos meus colegas, estagiários e amigos da Embrapa Hortaliças com quem compartilhei extraordinários dias, Douglas Martíns, Leticia Gomes, Lucas Mendes, Tiago Pereira, Raphaella Russoline, Dyenne Leal e Rafael Ninhaus. Leticia e Douglas amigos muito

queridos, obrigada pela amizade e ajuda no desenvolvimento da minha tese. Tiago obrigado pela sua peculiar amizade.

Aos colegas do laboratório de solos da UnB Priscila Reis, Helen Neves, Tamires Dutra, Alisson e Stenio pessoas cheias de alegria e conhecimentos. Ao Márcio amigo das caronas, e falas descontraídas. Ao técnico Manuel Pereira de Oliveira pela ajuda e acolhida no laboratório de geoprocessamento.

A minha amiga Débora Albernaz anjo de Deus na terra, quem compartilhou comigo não só uma amizade, se não sua família e lar. Ao seu marido Jorgito obrigado pela amizade, paciência e ensinamentos, a Lucas e Helena, seres abençoados que alegam minha existência e me permitiram ser parte das suas vidas. A sua irmã gêmea Dianita e toda a família pela grande torcida no decorrer do caminho.

A minha amiga Flúvia Fernandes, por essa paz que só ela pode transmitir, obrigada pela vida compartilhada, faço extensivos meus agradecimentos a sua linda família Ranielle e Luiza seres que como ela, só transmitem paz.

Aos amigos com os quais construí a amizade cheia de diversidade a Carla Caixeta Ferreira por ser um exemplo de fortaleza. Carolina Alzate lâmpada de luz nos momentos mais escuros, Elizabeth Ruano, obrigada por compartilhar comigo seu grande valor como ser humano e profissional a Jazmín Magana e sua pequenina pessoas muito corajosas e bondosas. Aos amigos da Colina Bloco K: Cristi Elida por me oferecer sua casa e amizade no momento que mais precisei. A Humberto Borges quem alegro muitos dias de minha vida com sua feliz presença. A Flor Silvestre pela sua sinceridade e coragem. A minha amiga Julia e a multidão de lindos amigos que conheci por ser sua amiga.

À Capes instituição do Brasil que ajuda na construção e desenvolvimento da ciência e sonhos de muitos estudantes, pesquisadores, cientistas, e pessoas que acreditam.

À Universidade de Brasília pela sua pluralidade, diversidade e oportunidades de caminhos ao conhecimento e experiências de vida. A todos os lindos seres do Caminho, pelo amor em Deus que nos uniu.

Ao programa da Pós-Graduação em Agronomia. Ao, assistente Guilherme Queiroz pela amabilidade e disponibilidade para ajudar.

As minhas lindas amigas, do Equador seres que são parte da minha vida, Ruth Auquilla obrigada pela tua presença e incondicional amizade, a Samara Alvares um ser totalmente justo e cheio de graça.

A minha extensa família quem me permitiu partir e compreender que não ia me distanciar e sim me aproximar. Mamita linda a você fonte de fortaleza e amor infinito e imensurável, a meu Pai Luís quem sem medir esforços sempre trabalhou, para que seus filhos tivessem oportunidades que ele não conseguiu. Aos meus irmãos mais velhos Freddy, Jenny, Ligia e Patrício os quais cuidaram incondicionalmente de mim e aos meus irmãos mais novos Cristian, Adriana e Andrés os quais me permitiram lhes cuidar, com todos vocês construímos laços inquebrantáveis cheios de amor. Andrés um presente de Deus na minha vida, confio em ti. Aos meus sobrinhos Álvaro, Dani, Alex, Pame, Matias, José e Sofía que chegaram à minha vida com uma força e energia inesgotável, seres cheios de alegria e luz.

À Shakti Má uma pessoa que foi um pilar para o começo do desapego e de um novo olhar, pensar, e Ser, sempre está no meu coração.

RESUMO

O uso de biofertilizantes originados a partir resíduos orgânicos de atividades agrícolas, pecuárias, industriais e urbanas, é cada vez mais frequente e, é possível considerar que poderia pavimentar um caminho para a reciclagem o que representa uma oportunidade sustentável do gerenciamento de grandes quantidades de resíduos. No entanto para a integração nos diferentes processos de reaproveitamento, são requeridas informações detalhadas sobre a qualidade do material orgânico. A caracterização química poderia fornecer uma noção das propriedades nutricionais do resíduo e da existência ou não de elementos traços que podem comprometer a qualidade do mesmo. Além disso, a complexidade da composição de nutrientes demanda que o biofertilizante seja desenvolvido para uma cultura alvo. É por isto que o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de caracterizar diferentes resíduos agroindustriais, avaliar o potencial agrônomo deles na fabricação de um biofertilizante aeróbico e seu efeito na produção de três cultivares de alface crespa. A pesquisa foi desenvolvida na Embrapa Hortaliças, Gama, DF. No primeiro capítulo foi caracterizado o biofertilizante aeróbico Hortbio® e os diferentes resíduos agroindustriais utilizados para a produção do biofertilizante. Adicionalmente, um levantamento de dados secundários de biofertilizantes originados de diversos resíduos foi realizado. O conjunto de dados foi submetido a avaliação por meio de estatística descritiva sendo avaliados indicadores de dispersão através da determinação da média e coeficiente de variação (CV) de cada propriedade química medida. Conclui-se nesse capítulo que a geração de inventários detalhados da composição química dos resíduos utilizados é uma condição indispensável para a recomendação correta desse bioinsumo na agricultura. No capítulo II o objetivo foi avaliar o potencial agrônomo do biofertilizante resultante da digestão aeróbica de resíduos agroindustriais no desenvolvimento agrônomo e nutricional de três cultivares de alface, bem como identificar a concentração e dose ótima do biofertilizante. No primeiro momento, devido à elevada condutividade elétrica (CE) observada no biofertilizante um primeiro experimento foi conduzido na procura de determinar a melhor concentração (0%, 5%, 10%, 15%, 20% e 100%) para três cultivares de alface (BRS Leila, BRS Lélia e BRS Mediterrânea). E baseado na melhor concentração um segundo experimento foi desenvolvido para estimar a dose ótima do biofertilizante para a mesma cultura com base na necessidade do nitrogênio (N) (0 kg ha⁻¹ de N, 50 kg ha⁻¹ de N, 100 kg ha⁻¹ de N, 150 kg ha⁻¹ de N e 200 kg ha⁻¹ de N). O delineamento utilizado nos dois experimentos foi inteiramente casualizado (DIC) com esquema fatorial. As

concentrações de 5% e 10% de biofertilizante apresentaram melhores resultados nas diferentes cultivares. E a dose ótima foi a de 150 kg ha⁻¹ de N o que permitiu um melhor desenvolvimento de alface e maior fornecimento de nutrientes às plantas.

Palavras-chave: *Reciclagem, resíduos orgânicos, metais pesados, variabilidade de nutrientes.*

ABSTRACT

The use of biofertilizers by-product from organic changes in agricultural, livestock, industrial and urban activities is becoming more frequent, and it is more possible to find a path to recycling that represents an opportunity for the development of large amounts of waste. However, for the integration of several requirements reuse processes, there is information about the quality of the organic material. A chemical characterization that allows the identification of the nutritional properties of the residue and the existence or not of elements that could compromise the quality of the same. In addition, a number of biofertilizers compounds, to be develop for a target culture. The present study was developed to characterize agro-industrial residues, to evaluate the agronomic potential of an aerobic biofertilizer production and its effect on the production of three cultivars of crisp lettuce. The research was developed at Embrapa Hortaliças, in Gama, DF. In the first chapter was characterized the aerobic biofertilizer Hortbio[®] and the different agro-industrial residues as raw materials for the biofertilizer production. In addition, a secondary data collection of biofertilizers from residues was carried out. The data set was evaluated by means of a mean of dispersion indicators by measuring the proportion and coefficient of variation (CV) of each measured chemical property. It is concluded that the chapter on the generation of detailed inventories with a chemical title of nutrients and metals for raw materials and biofertilizers is an indispensable condition for a correct view of bio-input in agriculture. The objective of this chapter II was to evaluate the potential of the use of aerobic digestion biofertilizers of agro-industrial and non-agricultural and nutritional residues of three lettuce cultivars, as well as a concentration and optimal dose of biofertilizer. At the first moment, due to the high electrical conductivity (EC), there was no biofertilizer of a first experiment conducted in the search for higher concentration (0%, 5%, 10%, 15%, 20% and 100%) for three lettuce cultivars (BRS Leila, BRS Lélia and BRS Mediterrânea). Based on an

experiment that was developed to estimate an optimal dose of biofertilizer for the same crop based on the nitrogen dose (0 kg ha⁻¹ of N, 50 kg ha⁻¹ of N, 100 kg ha⁻¹ of N, 150 kg ha⁻¹ of N and 200 kg ha⁻¹ of N). The experimental design was completely randomized (DIC) with a factorial scheme. The concentration of 5% and 10% of biofertilizer has been positive in the results in the cultivars. And an optimum dose was 150 kg ha⁻¹ of N for a higher development of lettuce and greater source of vegetal resources.

Keywords: *recycling, organics waste, heavy metals, nutrients variability.*

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura 1: Esquema de elaboração do Biofertilizante líquido aeróbico: Hortbio®	20
---	----

CAPÍTULO I

Figura 1: Matérias primas utilizadas na fabricação do biofertilizante líquido Hortbio®	49
Figura 2: Embrapa Hortaliças – DF (Google Earth®). 1. Área do experimento. 2. Área de coleta dos microrganismos eficientes (EM), localizada na fitofisionomia do Cerrado.....	50
Figura 3: Sequencia dos equipamentos para análises químicas: (A) Analisador elementar CHN; (B) Forno micro-ondas (marca CEM, modelo Mars Xpress) utilizado para solubilização ácida; (C) Espectrofotômetro de emissão óptica com fonte de indução de plasma acoplado (ICP/OES, marca Shimadzu, modelo ICPE 9000) na Embrapa Hortaliças.....	51

CAPÍTULO II

Figura 1: Coleta de EM (após 10 dias) (A), elaboração do biofertilizante aeróbico (B), biofertilizante Hortbio aos 10 dias de elaboração (C).....	80
Figura 2: Transplante de alface (22 dias após a semeadura) (A), aplicação do biofertilizante Hortbio® (B), área experimental com três cultivares de alface crespa.....	82

LISTA DE TABELAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tabela 1: Composição de alguns resíduos agroindustriais normalmente utilizados na produção de fertilizantes orgânicos.....	7
Tabela 2: Representatividade de produção de alguns resíduos, animais, vegetais e frutas no Brasil.....	9
Tabela 3: Custos de produção de 100 L de biofertilizante líquido Hortbio®.....	21

CAPÍTULO I

Tabela 1: Propriedades químicas de diferentes matérias primas utilizadas na elaboração do biofertilizante aeróbico.....	53
Tabela 2: Micronutrientes em diferentes matérias primas utilizadas na elaboração do biofertilizante Hortbio®.....	57
Tabela 3: Metais pesados em diferentes matérias primas utilizadas na elaboração de biofertilizantes.....	58
Tabela 4: Características químicas de biofertilizantes originados de diferentes resíduos agroindustriais.....	60

CAPÍTULO II

Tabela 1: Características químicas do biofertilizante Hortbio® utilizado no experimento.....	80
Tabela 2: Condutividade elétrica do biofertilizante aeróbico quantificada em soluções contendo diferentes concentrações.....	81
Tabela 3: Resposta da massa fresca, número de folhas, diâmetro e altura do caule, de três cultivares de alface a cinco diferentes concentrações de Hortbio®.....	85
Tabela 4: Resposta da massa seca de três cultivares de alface crespa a cinco diferentes concentrações de biofertilizante aeróbico.....	85
Tabela 5: Absorção de nutrientes nas três cultivares de alface em resposta às diferentes concentrações de biofertilizante aeróbico.....	88
Tabela 6: Absorção de P e Mg em resposta às diferentes concentrações de biofertilizante aeróbico na cultura de alface.....	89

Tabela 7: Resposta da massa fresca, massa seca, número de folhas, diâmetro e altura do caule da cultura da alface a cinco diferentes concentrações de biofertilizante aeróbico.....	91
Tabela 8: Absorção de nutrientes pela alface submetida à aplicação de cinco doses do biofertilizante.....	93

LISTA DE SIGLAS

CE – CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Mt– MILHÕES DE TONELADAS

pH – POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

COT – CARBONO ORGÂNICO TOTAL

C/N – RELAÇÃO CARBONO NITROGÊNIO

C – CARBONO

Ca – CÁLCIO

Cd – CÁDMIO

Mg – MAGNÉSIO

Fe – FERRO

Na – SÓDIO

N – NITROGÊNIO

P – FÓSFORO

K – POTÁSIO

Pb – CHUMBO

EM– MICRORGANISMOS EFICIENTES

NF – NÚMERO DE FOLHA

MF – MASSA FRESCA

AC – ALTURA DO CAULE

DC – DIÂMETRO DO CAULE

MS – MASSA SECA

CH₄ – METANO

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. HIPÓTESES E OBJETIVOS	3
2.1. HIPÓTESES.....	3
2.2. OBJETIVOS	3
2.2.1. Objetivo Geral	3
2.2.2. Objetivos específicos	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS.....	4
3.2. CARACTERIZAÇÃO E DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES DE DIFERENTES RESÍDUOS ORGÂNICOS	6
3.2.1. Resíduos de origem animal	7
3.2.2. Resíduos de origem vegetal	9
3.3. TRATAMENTO DE RESÍDUOS PARA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES ORGÂNICOS.....	10
3.4. BIOFERTILIZANTES ORIGINADOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	12
3.4.1. Uso de biofertilizantes na cultura da alface	16
3.4.2. Biofertilizante líquido aeróbico - Hortbio®	19
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
CAPÍTULO I.....	43
1 HETEROGENEIDADE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE BIOFERTILIZANTES, POTENCIAL DE USO AGRONÔMICO E TEORES DE METAIS PESADOS DE DIFERENTES RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	44
1.1. RESUMO	44
1.2. ABSTRACT.....	44
1.3. INTRODUÇÃO	45
1.4. MATERIAL e MÉTODOS	48

1.4.1. Caracterização química de resíduos agroindustriais utilizados no biofertilizante aeróbico	48
1.4.2. Preparo do biofertilizante aeróbico	49
1.4.3. Determinação das propriedades químicas do biofertilizante aeróbico.....	51
1.4.4. Levantamento de dados referentes à composição química e concentrações de metais pesados de diferentes biofertilizantes.....	51
1.4.5. Análises estatísticas.....	52
1.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
1.5.1. Composição química de resíduos agroindustriais.....	52
1.5.2. Características físicas e químicas de biofertilizantes obtidos com diferentes matérias primas.....	59
1.6. CONCLUSÕES	62
1.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
CAPÍTULO II.....	74
2. PRODUTIVIDADE, ABSORÇÃO DE NUTRIENTES E TOLERÂNCIA À SALINIZAÇÃO EM RESPOSTA À BIOFERTILIZAÇÃO DE ALFACE CRESPA..	75
2.1. RESUMO	75
2.2. ABSTRACT.....	76
2.3. INTRODUÇÃO	76
2.4. MATERIAL E MÉTODOS	78
2.4.1. Localização e descrição da área de estudo	78
2.4.2. Produção do biofertilizante aeróbico	79
2.4.3. Primeiro experimento: Aplicação das concentrações de Hortbio® na produção de três cultivares de alface crespa	80
2.4.4. Segundo experimento: Aplicação das diferentes doses do biofertilizante na produção de três cultivares de alface crespa.....	81
2.4.5. Análises Laboratoriais e Sistema de irrigação para ambos experimentos	82
2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	83

2.5.1. Primeiro experimento: Efeito das diferentes concentrações de Hortbio® na produção de três cultivares de alface crespa.....	83
2.5.2. Segundo experimento: Efeito das diferentes doses do biofertilizante na produção de três cultivares de alface crespa.....	90
2.6. CONCLUSÃO	94
2.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

1. INTRODUÇÃO GERAL

O fornecimento de fertilizantes para a agricultura é essencial para garantir o êxito da produção agrícola. No ano 2017, a agricultura brasileira consumiu aproximadamente 24 milhões de toneladas de fertilizantes e, desse total, mais de 80% foram importados (AMA, 2018). Essa crescente demanda por fertilizantes e a redução das diferentes reservas mundiais podem ameaçar a segurança global alimentar (METSON et al., 2016). Apesar disso, devido à crescente demanda por alimentos de melhor qualidade obtidos por sistemas sustentáveis de produção, mudanças do sistema produtivo têm se fortalecido mundialmente, estimulando a produção de fertilizantes de base biológica.

Nos últimos 15 anos a área destinada à agricultura orgânica foi ampliada em quase 300%. Enquanto que a Suíça tem o maior consumo per capita de alimentos orgânicos, os EUA têm o maior mercado consumidor (43,1 milhões de dólares), a Índia lidera com o maior número de produtores orgânicos (835 mil agricultores), e a Austrália possui a maior área plantada (27,1 milhões de hectares) conforme relatado pela Federação Internacional de Movimentos Agrícolas Orgânicos (IFOAM, 2019). No Brasil, o Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos (CNPO) registra atualmente um total de 17.780 produtores orgânicos (BRASIL, 2019).

Concomitante ao crescimento da produção orgânica tem-se evidenciado um grande uso de biofertilizantes (RAO, 2014). Tanto que no ano de 2016 os biofertilizantes movimentaram 787 milhões de dólares (BIOFERTILIZERS MARKET SIZE ANALYSIS, 2018). O uso de biofertilizante é uma tecnologia promissora para sistemas agrícolas sustentáveis que, em uma escala global, promoveram um aumento de 20% na produção de hortaliças, cultivos de raiz e cereais (SHUTZ et al., 2018). Os microrganismos presentes nos biofertilizantes restabelecem o ciclo natural dos nutrientes, mantêm o teor ótimo de nutrientes no solo e também aumentam o conteúdo de matéria orgânica do solo, colaborando para a sustentabilidade e a fertilidade do solo (SINGH et al., 2011), ajudando na redução do uso de fertilizantes solúveis (NATH BHOWMIK; DAS, 2018).

A incorporação de diferentes tipos de resíduos orgânicos é uma prática comum na fabricação de biofertilizantes (DU, 2018). Relatos indicam o uso de diversos resíduos de abatedouro (GOUSTEROVA et al., 2008), penas de frango (GURAV; JADATH, 2013),

esterco suíno e bovino (BÓCOLI et al., 2016; ANDRADE et al., 2017), resíduos de camarão (FÁTIMA et al., 2018), resíduos do processamento de mandioca (INOUE et al., 2011; NEVES et al., 2017), bagaço de laranja (MENDES, 2017), entre outros. Todos esses materiais mostraram-se eficazes quando utilizados para compor biofertilizantes utilizados na produção de diversas culturas. A degradação de diferentes biomassas, por meio de processos biológicos na presença ou não de oxigênio, para a fabricação de biofertilizantes poderia apresentar-se como uma grande oportunidade para viabilizar o uso de grandes volumes de resíduos que são pobremente aproveitados, pavimentando um caminho para a reciclagem de nutrientes, minimizando danos ao meio ambiente (WANG et al., 2015; DU, 2018; XU, 2018).

Contudo, a fabricação de biofertilizantes é muito dependente da disponibilidade do resíduo, da composição química dos mesmos. E, a variabilidade das diversas fontes deveria estar acompanhada de uma constante caracterização nutricional, permitindo formular diretrizes para a elaboração desses bioinsumos (OENEMA, 2012; SADH et al., 2018). Da mesma forma um dos critérios relevantes para a seleção dos diferentes resíduos deveria ser atribuído à existência ou não de metais como o cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), chumbo (Pb), mercúrio (Hg), níquel (Ni) e zinco (Zn), que podem causar riscos de bioacumulação na cultura e conseqüentemente, comprometer a saúde do consumidor (POLECHOŃSKA et al., 2018).

A diversidade de biofertilizantes produzidos com resíduos orgânicos de diferentes atividades revela uma grande variabilidade de matéria prima utilizada e, os diferentes critérios para a aplicação nas culturas dificulta a estipulação de doses adequadas mais ainda quando se espera um produto com uma grande composição de nutrientes (CESTONARO et al., 2015; BOCOLI et al., 2016; MEKKI et al., 2017; XU; GELEEN, 2018). Um dos biofertilizantes que representa bem essa variabilidade é o biofertilizante aeróbico Hortbio[®], desenvolvido pela Embrapa Hortaliças com materiais considerados como resíduos de processamentos agroindustriais, de alta disponibilidade e de baixo custo, acessíveis para o agricultor. Além disso, é importante destacar a oportunidade da reciclagem de nutrientes e que uma das contribuições principais do biofertilizante é a grande diversidade de microrganismos disponíveis que, quando aplicado às plantas, o biofertilizante proposto estimula processos naturais para aumentar a absorção de nutrientes (BOMFIM, 2017).

O cenário atual indica que há escassez de informações científicas sobre a heterogeneidade da composição química das matérias primas e as características do biofertilizante produzido. Essa diversidade de nutrientes também requer que o biofertilizante seja desenvolvido para um cultivo alvo.

Portanto, esse estudo tem como objetivo avaliar as características químicas de resíduos agroindustriais utilizados na produção de um biofertilizante aeróbico Hortbio[®], seu potencial agrônomico e os efeitos das diferentes concentrações e doses na absorção de nutrientes e produtividade de três cultivares de alface crespa.

2. HIPÓTESES E OBJETIVOS

2.1. HIPÓTESES

- A caracterização química de diferentes resíduos, resultado de atividades agroindustriais e pecuárias, é um indicativo do potencial agrônomico e dos riscos ambientais de biofertilizantes produzidos com esses materiais.
- O biofertilizante Hortbio[®], produzido a partir de resíduos de atividades agroindustriais e pecuárias, é rico em nutrientes tanto quanto outros biofertilizantes comumente utilizados.
- O biofertilizante Hortbio[®] é eficiente para o fornecimento de nutrientes para a produção de três cultivares de alface.

2.2. OBJETIVOS

2.2.1. Objetivo Geral

Caracterizar diferentes resíduos agroindustriais e avaliar o potencial agrônomico deles na fabricação do biofertilizante líquido aeróbico Hortbio[®] e seu efeito na produção de três cultivares de alface crespa.

2.2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar as matérias primas do biofertilizante aeróbico líquido Hortbio® quanto à concentração de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Fe, S) e elementos traços Cd e Pb.
- Caracterizar o biofertilizante aeróbico Hortbio® quanto à concentração de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Fe, S, aos dez dias após a sua elaboração.
- Estimar a dose ótima de biofertilizante Hortbio® (0, 50, 100, 150, 200 kg ha⁻¹ N) levando em consideração parâmetros fitotécnicos e o estado nutricional da planta (teor de nutrientes), em três cultivares de alface crespa.
- Determinar a melhor concentração de biofertilizante (0% só água, 5%, 10%, 15%, 20% ou 100% só fertilizante), após diluição em água, para aplicação em três cultivares de alface crespa.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

O crescimento da população demanda um maior consumo de alimentos. Para isso, o aumento da produção agrícola tem implicado na remoção substancial de quantidades de nutrientes do solo que devem ser reabastecidos como um princípio básico para manter o seu estado de fertilidade (CHIEW et al., 2015; SINGH et al., 2015; VAN DIJK et al., 2016). No entanto, esse estado de fertilidade encontra-se ameaçado quando esses fertilizantes dependem de reservas globais não renováveis (MÖLLER et al., 2018), ou da mesma maneira quando os resíduos da produção ou processamento desses alimentos não são considerados como parte de um ciclo de nutrientes e incorporados novamente ao solo como uma solução promissora e sustentável para a agricultura (SANYAL; MAJUNDAR, 2015).

Na Índia, por exemplo, cerca de 350 milhões de toneladas (Mt) de resíduos orgânicos são gerados a partir de atividades agrícolas que no ano 2000 acumularam um total de 14,85 Mt de nutrientes de origem orgânica, com projeção para alcançar a 32,41 Mt até o ano de 2025 (SINGH et al., 2015). Nos EUA, resíduos originados do processamento

agrícola, alimentar e industrial, anualmente superam 300 Mt (FOOD WASTE, 2014). Na China, os resíduos orgânicos alcançaram 1,75 bilhões de toneladas no ano 2013, desses resíduos 56% foram resíduos agroindustriais (DAI et al., 2018). Só na década de 1990, as quantidades mundiais de palha de trigo e arroz foram 709,2 e 673,3 Mt, respectivamente (BELEWU; BABALOLA, 2009). Da produção total de sementes oleaginosas, 17 Mt de farelo foram provenientes de países como Índia, Brasil e Argentina (RAMACHADRAM et al., 2007). Além da grande quantidade e diversidade de resíduos agrícolas, a indústria de produtos de origem animal também é uma grande geradora de resíduos. Na Alemanha, por exemplo, são geradas aproximadamente 2,8 Mt de resíduos de abatedouros (FRICKE; BIDLINGMAIER, 2003).

Mundialmente, estima-se que cerca de 58 bilhões de galinhas são abatidas por ano, produzindo cerca de 40 bilhões de toneladas de penas de aves (TESFAYE et al., 2018). Na indústria pesqueira, a produção global alcançou 5,9 Mt de frutos do mar (camarão, caranguejo e lagosta), sendo descartado como resíduo de 35-45% de exoesqueletos de crustáceos (cabeça e tórax) (SHARP, 2013). Os resíduos de peixe consistem em mais de 60% da biomassa, incluindo cabeça, pele, órgãos de locomoção (CHALAMAIAH et al., 2012).

O Brasil encontra-se entre os cinco maiores produtores mundiais de algodão (1,128 Mt), semente de mamona (47 mil toneladas), milho (85,3 Mt), cana de açúcar (758 Mt), frutas (laranja, maçã, banana, uva) (27 Mt) e carne (38 Mt) (FAOSTAT, 2018). Isso possibilita ao país, ser um dos maiores geradores de expressivas quantidades de resíduos resultantes da colheita ou processamento de produtos agropecuários, como as tortas oleaginosas (amendoim, algodão, mamona, cacau), borra de café, bagaços de frutas e outros subprodutos da indústria de alimentos, resíduos das usinas de açúcar e álcool (torta de filtro, vinhaça e bagaço de cana) (KIEHL, 1985) e resíduos de abatedouro (MATTAR et al., 2014).

O balanço negativo de nutrientes pode ser uma ameaça potencial à qualidade do solo e à agricultura sustentável, já que os resíduos gerados pelas atividades agrícolas, normalmente, não retornam ao solo como compensação pela perda desses nutrientes (SINGH et al., 2015). Esta lacuna poderia ser preenchida pela reciclagem da enorme quantidade de resíduos através de tecnologias adequadas (IFOAM, 2013; CHIEW et al.,

2015, SINGH et al., 2015). Para que resíduos de diferentes atividades sejam reaproveitados na agricultura são necessárias informações detalhadas sobre a qualidade do material orgânico, além de uma melhor compreensão sobre os processos de decomposição desses resíduos. Estes são requisitos chave para o êxito no manejo integrado de nutrientes (SOUZA; RESENDE, 2014; RAO et al., 2014).

3.2. CARACTERIZAÇÃO E DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES DE DIFERENTES RESÍDUOS ORGÂNICOS

Nas atividades agrícolas o uso seguro dos resíduos orgânicos exige que suas matérias primas tenham uma cuidadosa caracterização. Entretanto, há muita variação na caracterização desses resíduos devido a vários fatores como: a presença de nutrientes (RAO et al., 2014), metodologia e calibração de equipamentos adotados e tipo de processamento agroindustrial, entre outros (SOUZA; RESENDE, 2014). Kiehl (1985) afirma que os diversos resíduos orgânicos podem variar muito em composição, taxa de mineralização e teor de N disponível, fatores que por sua vez sofrem influência das condições ambientais o que demanda uma maior atenção na caracterização desses materiais.

Na Tabela 1 são apresentadas as composições de alguns resíduos agroindustriais que podem ser utilizados na produção de fertilizantes orgânicos com os teores máximos e mínimos encontrados em diferentes estudos anteriormente realizados.

Tabela 1. Composição química de resíduos agroindustriais (valores máximos e mínimos) normalmente utilizados na produção de fertilizantes orgânicos caracterizados em diferentes estudos

Resíduos agroindustriais	N	P	K	Ca	Mg	Cd	Pb	Fonte
	-----%-----					---mg kg ⁻¹ ---		
Bagaço de cana	0,27-0,6	0,06-0,1	0,13	0,12	0,06	-	-	Rocha et al. (2015); Dotaniya et al. (2016); Mokomele et al. (2019)
Farelo de mamona	2,8-5,4	0,3-1,07	0,11-1,23	0,36-3	0,2-0,5	1,22	0,01	Lacerda (2013); Silva et al. (2013); Olivares et al. (2013); Santos et al. (2014); Prates et al. (2014); Barbosa (2016); Hilioti et al. (2017)
Farelo de algodão	3,63-6,4	0,2-1,26	1,2	0,8	0,2	-	-	Roy (2006); Hamawand et al. (2016)
Farinha de ossos	2-5,25	11-12	0,34	23,4	0,48	0,2-0,3	0,4-10	Roy (2006); Möller; Schultheiß (2014)
Farinha sangue	11,5-13	0,07-0,8	0,4 - 0,9	1,2	0,37	-	-	Roy (2006), Polat et al. (2010)
Cinzas de madeira	-	0,18- ,5	1,4-2,91	7,5-12	0,7- ,5	0,8- 7	2,1-29	Kwiaton et al. (2014) Vestergard et al.(2018)

3.2.1. Resíduos de origem animal

Existe uma grande variedade de resíduos de origem animal, sendo o esterco um dos mais conhecidos e comumente utilizados como adubo orgânico (KIEHL, 2010). Além dos esterco, nos abatedouros, dependendo da espécie, os resíduos (ossos, sangue, penas, pelos e miudezas) alcançam de 25 a 45% do peso vivo do animal, que após diferentes processos podem gerar subprodutos ricos em nutrientes (SIMONS, 2018).

Os ossos, por exemplo, após carbonização podem se tornar farinha de ossos na forma de β -fosfato tricálcico (MATTAR et al., 2014), potencialmente utilizável como fertilizante rico em P (JENG et al., 2006). Möller (2015) aponta que existe uma grande variação ao caracterizar a farinha de osso, destacando a presença de nutrientes como o P, N e Ca. Processos de pirólise do mesmo resíduo evidenciaram concentrações aproximadas com 13% de P (SIMONS, 2018). Outra fonte importante de N e Fe, que corresponde de 7 a 11% dos resíduos dos abatedouros, é o sangue (WANG et al., 2018), sendo comercializado

como farinha de sangue seco. Possui elevados teores de nitrogênio que também é utilizado na elaboração de ração animal (KIEHL, 2010).

Grandes quantidades de resíduos da indústria de processamento de animais são utilizadas no mundo. Na Etiópia, anualmente o fluxo total de resíduos de abatedouros, seriam suficientes para compensar aproximadamente de 28 a 58% das importações anuais de fertilizantes de P (SIMONS et al., 2014). Na União Europeia, uma estimativa evidenciou que se fontes de P fossem eficientemente recicladas de atividades como sistemas de águas residuais, abatedouros (farinha de carne ou osso), resíduos orgânicos de alimentos industriais e domésticos, poderiam substituir aproximadamente 50 a 60% da importação atual de rocha fosfatada para uso da agricultura (ANTIKAINEN et al., 2005; OELOFSE et al., 2013; VAN DIJK et al., 2016; ZOBOLI et al., 2016). O potencial total de P proveniente de abatedouros é de aproximadamente 310 mil toneladas por ano, enquanto que os desperdícios alimentares têm um potencial anual de 215 mil toneladas por ano (VAN DIJK et al., 2016).

Nesses países da União Europeia, os resíduos de abatedouros superam a capacidade das indústrias para convertê-los em farinha de osso e sangue, como resultado uma parte significativa desse resíduo é incinerada. O excedente chega a 2,8 Mt na Alemanha, 2,5 Mt na França, 1,5 Mt no Reino Unido, 350 mil toneladas na Áustria e 500 mil toneladas na Dinamarca (DOBBELAERE, 2013). Nos EUA 37% das fontes de P reciclável seriam necessárias para satisfazer toda a demanda deste nutriente na cultura de milho colhido anualmente (METSON et al., 2016).

Ainda são escassas informações sobre as quantidades de nutrientes obtidos de diferentes fontes recicladas, como nos abatedouros do Brasil. Na Tabela 2 são apresentadas as quantidades de resíduos das atividades com bovinos e suínos produzidos no país.

Tabela 2. Representatividade de produção de alguns resíduos animais no Brasil no ano 2015

Produção	Produção - carne	Resíduo estimado	Total resíduo	Referências
	(t)	(%)	(t)	
Carne bovina	9.425.000	30	2.827.500	Möller 2015
Carne suína	3.431.670	30	1.029.501	

Fonte: FAOSTAT 2018 (Produção 2015), t = toneladas

3.2.2. Resíduos de origem vegetal

Atividades agrícolas, agroindústrias e a produção de bioenergia geram grandes quantidades de resíduos. Por exemplo, na cultura do milho, de toda a biomassa produzida, cerca de 50% são resíduos que comumente permanecem no campo, 30% são resíduos de diferentes processamentos, e aproximadamente 20% corresponde aos grãos. No cultivo do arroz, os principais resíduos resultantes do beneficiamento desta cultura são a palha e a casca que variam de 20 a 25% do peso total dos grãos (MATOS, 2014; DOTANIYA et al., 2016).

De forma geral esses resíduos apresentam em suas composições diferentes nutrientes (ROY 2006). Só nos resíduos de cereais (milho, aveia, arroz, trigo e sorgo) produzidos no Brasil, durante o ano 2016, o potencial total de teores de fornecimento de N alcançou a 0,77 Mt (FAOSTAT, 2018). Outro resíduo importante é o bagaço da cana que representa 35% do total produzido (ROCHA et al., 2015). E, no ano 2017, mais de 750 Mt de cana de açúcar foram moídas no país, o que gerou cerca de 250 Mt de resíduos sólidos (FAOSTAT, 2018).

Em termos de volume, estima-se que, no ano 2015, foram gerados no Brasil, aproximadamente 29 mil toneladas de casca de frutos de mamona, provenientes do beneficiamento dessa oleaginosa (FAOSTAT, 2018), já que cada tonelada de semente de mamona processada origina cerca de 620 kg de casca (SEVERINO et al., 2004). De forma semelhante, a produção de fibra de algodão gera grandes quantidades de resíduos, sendo que no ano de 2014; foram de aproximadamente 328 mil toneladas de farelo (FAOSTAT, 2018), levando em conta que a obtenção de 100 kg de algodão origina 23,26 kg de farelo

(LOPES, 2003). Os farelos de mamona e de algodão possuem elevados teores de N ao serem comparados com outros resíduos como: casca e palha de café, palha de arroz e milho, casca de feijão e diferentes esterco (SOUZA; RESENDE, 2014).

A maioria desses resíduos orgânicos agroindustriais, produto de diferentes atividades, pode ser considerada matéria-prima na fabricação de fertilizantes orgânicos. No entanto, um dos critérios para o uso de diferentes resíduos deve recair na existência ou não de teores elevados de metais pesados nesses resíduos. Um dos principais riscos que deve ser analisado é a presença dos metais cádmio (Cd), cromo (Cr), chumbo (Pb), mercúrio (Hg), níquel (Ni) (POLECHONSKA et al., 2018). Da mesma forma que existem estudos que destacam as consequências do uso excessivo de fertilizantes minerais solúveis no solo (AI et al., 2015) há uma falta de estimativas em longo prazo da presença ou ausência de contaminantes orgânicos, sobre a qualidade do solo incluindo a biodiversidade e impactos associados à saúde humana quando são usados adubos orgânicos provenientes de resíduos agroindustriais.

A utilização de alguns resíduos com elevado teor de metais tóxicos pode levar à contaminação de terras aráveis, com consequente acúmulo de metais pesados nas raízes das plantas, e/ou poluição do solo (DU et al., 2018). De tal maneira que, para o aproveitamento do resíduo vai depender da origem da cultura. A mamona, por exemplo, constituiria um resíduo com alto potencial de contaminação se fosse proveniente de atividades de fito remediação, já que tem mostrado eficiência de acumulação de metais, usados atualmente como plantas hiperacumuladoras de metais como o Cd e Pb (BAUDDH et al., 2015).

O desenvolvimento de métodos e estratégias de seleção para contaminantes é provavelmente o maior desafio na utilização de diferentes resíduos na produção de biofertilizantes. A avaliação prévia dos riscos potenciais relacionados ao uso de nutrientes reciclados pode permitir a fixação dos limites máximos de aplicação permitidos na legislação baseadas no conteúdo de nutrientes.

3.3. TRATAMENTO DE RESÍDUOS PARA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES ORGÂNICOS

Os resíduos orgânicos podem ser aplicados aos cultivos como fertilizantes (ESTRADA-BONILLA et al., 2017; METSON et al., 2016) ou condicionadores de solo (MÖLLER 2015). Contudo, a aplicação direta de resíduos brutos contendo formas orgânicas de nutrientes pode não produzir bons resultados em curto prazo porque as culturas comumente absorvem com maior facilidade formas inorgânicas de nutrientes como o nitrato (NO_3^-) e fosfato (PO_4^{3-}), disponibilizados após o processo de mineralização. Esses processos de conversão produzem também um aumento no pH devido à degradação dos resíduos durante a produção de composto, quando comparados com resíduos orgânicos não passam pelo processo de decomposição (NGAMPIMOL; KUNATHIGAN, 2008; ALFA et al., 2014).

Explorar a valorização dos resíduos orgânicos de diferentes atividades (alimentares, industriais, agrícolas e pecuárias), adotando estratégias de reciclagem para a recuperação de nutrientes aumenta cada vez mais. Exemplos nos processos de reciclagem de resíduos orgânicos como: compostagem (EPSTEIN, 1997; KIELH, 2010; MANCIUELA et al., 2018), vermicomposto (NAGAVALLEMMMA et al., 2004), biochar (ATKINSON et al., 2010) são muito frequentes e mostraram resultados eficazes na agricultura. Existem também classes de biofertilizantes, resultado do processo da hidrólise enzimática de proteína (animal ou vegetal), ou da digestão de diferentes resíduos (ALFA et al., 2014; OWAMAH et al., 2014; CORVELLEC et al., 2016).

Os sistemas de digestão podem ser aeróbicos e anaeróbicos eficazes no tratamento de quantidades massivas de resíduos orgânicos (POLPRASERT, 2007). Esse tipo de sistema tem sido utilizado em todo o mundo para converter resíduos orgânicos em biogás e um efluente rico em nutrientes essenciais para as plantas (IZUMI et al., 2010; AGYEMAN; TAO, 2014; SHEETS et al., 2015) sendo comumente utilizado como biofertilizante orgânico (NKOVA, 2014; SHEET et al., 2015). Dando uma oportunidade de sustentabilidade às diversas atividades destinadas para a produção de alimentos. É provável que diferentes resíduos melhorem o equilíbrio de nutrientes, e produzam um efeito sinérgico dos consórcios microbianos sobre eficiência e rendimento da fermentação ou digestão, produzindo uma maior multiplicação de microrganismos (KHALID et al., 2011). Durante o processo de digestão anaeróbica os microrganismos convertem a matéria orgânica em biogás composto principalmente de metano (60%) e dióxido de carbono (40%), que podem

ser utilizados como fonte de energia (KARLSSON et al., 2014). A digestão aeróbica envolve um sistema arejado com oxigênio e a atuação de microrganismos durante a degradação da matéria orgânica produzindo CO₂, nitratos e sulfatos (CHRISTY et al., 2014).

O desenvolvimento de biofertilizantes a partir de subprodutos pavimentou o caminho para a reciclagem e redução de resíduos, gerando benefícios para os agricultores, consumidores e meio ambiente (XU E GEELEN, 2018).

Nos EUA existem atualmente cerca de 248 digestores anaeróbicos em funcionamento que atuam no gerenciamento de esterco de fazendas pecuárias (bovino, suíno e aves) (AGSTAR, 2019). Na Suécia meridional, de uma população de 720 mil pessoas, que envolve em torno de 14 municípios, são reaproveitadas 401 mil toneladas de resíduos domiciliares para produção de biogás e biofertilizante (CORVELLEC, 2016).

3.4. BIOFERTILIZANTES ORIGINADOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Com a crescente compreensão do princípio subjacente de degradação de diferentes biomassas originadas de resíduos agropecuários (PAIVA et al., 2015, WANGAZ et al., 2015), industriais (INOUE et al., 2011), urbanos (CORVELLEC et al., 2016), por meio de processos biológicos na presença ou não de oxigênio, a fabricação de biofertilizante poderia apresentar-se como uma grande oportunidade de viabilizar volumes de resíduos que são pobremente aproveitados, minimizando danos ao meio ambiente e permitindo fechar ciclos de nutrientes dos diferentes resíduos (WANG et al., 2015; DU, 2018).

O crescimento do uso de biofertilizantes é consequência direta do crescimento da produção orgânica (IFOAM, 2019; RAO, 2015). Em uma escala global a aplicação de biofertilizantes é uma tecnologia promissora para a expansão de sistemas agrícolas sustentáveis. O uso de biofertilizantes tem provocado um aumento de aproximadamente 20% na produção de hortaliças, cultivos de raiz e cereais (SHUTZ et al., 2018). Um levantamento global revelou que apenas no ano de 2016 os biofertilizantes movimentaram cerca de 787 milhões de dólares. A América do Norte foi o maior mercado em 2014, seguido pela Europa que juntos representaram mais de 54% da receita global, onde a China

é o maior fornecedor nesse mercado atual (BIOFERTILIZERS MARKET SIZE ANALYSIS, 2018).

No Brasil, segundo o Decreto nº 10.831, de 18 de dezembro de 2008, Art. 2º, um biofertilizante é definido como “Produto que contém componentes ativos ou agentes biológicos capazes de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, melhorando o desempenho do sistema de produção e que seja isento de substâncias proibidas pela regulamentação de orgânicos”.

Pesquisas sobre a ação dos biofertilizantes são cada vez mais abrangentes (CORVELLEC et al., 2016; SCHÜTZ et al., 2018). Existe uma extensa revisão da definição do biofertilizante, termo que é derivado de “fertilizante biológico”, e que implica o uso de microrganismos vivos (BARMAN et al., 2017), conhecidos também como microrganismos eficientes (EM) e foi usado pela primeira vez pelo japonês Higa no ano de 1992 (ANSARI et al., 2015). Eles atuam melhorando a fertilidade do solo ao longo do tempo (BARMAN et al., 2017), já que aumentam a disponibilidade de nutrientes minerais, a atividade biológica no ambiente radicular (XIANG et al., 2012), promovendo ainda o crescimento dos microrganismos fixadores de N atmosférico (ALAMI et al., 2017), solubilizadores de P (OWAMAH et al., 2014) e Zn (MADHI et al., 2010).

Além disso, produzem compostos bioativos tais como hormônios, vitaminas e enzimas (SINGH et al., 2011), que estimulam desenvolvimento da cultura e podem induzir mudanças no metabolismo da planta e está relacionada com a tolerância ao estresse abiótico (LING et al., 2014; HONG; LEE, 2017) ou à inibição do desenvolvimento de agentes patogênicos que alteram a raiz (OWEN et al., 2015; PARAB et al., 2015). Que quando aplicado diretamente às plantas ou ao solo atuam colonizando a rizosfera ou o interior das plantas (MALUSA; VASSILEV, 2014).

Aumentam o teor de matéria orgânica do solo (SINGH et al., 2011; SHELAT et al., 2017), além de contribuir na estabilidade das frações da matéria orgânica, sendo mais resistentes à decomposição, o que é crucial para ajudar no aumento do sequestro de C no solo (DEBSKA et al., 2016). A aplicação de biofertilizante melhora ainda a estrutura do solo por proporcionar maior formação de agregados, ajudando na retenção da água disponível para a planta (BORKAR, 2015; YILMAZ; SÖNMEZ, 2017).

Existem bioinsumos com potencial para uso como os biofertilizantes, que figuram entre os principais insumos utilizados em sistemas agroecológicos (RAO et al, 2014). A utilização de diferentes tipos de resíduos orgânicos na fabricação de biofertilizantes é evidenciada com maior frequência, por isto um biofertilizante produto da hidrólise de resíduos de abatedouro foram usados para cultivar espécies forrageiras (GOUSTEROVA et al., 2008). Na Índia, a aplicação do biofertilizante, produto da degradação de penas de frango, foi principal fonte de nutrientes orgânicos para as bananeiras (GURAV; JADATH, 2013). Röder et al. (2015) aplicaram em mudas de repolho biofertilizante a base de melão de cana. Bócoli et al. (2016) utilizaram biofertilizante de esterco suíno na produção de milho. Andrade et al. (2017) com um biofertilizante anaeróbico de esterco de vaca, leguminosas, cinza de madeira e leite adubaram mudas de maracujá. Os resíduos de camarão depois de hidrolisados foram usados como biofertilizante na produção de trigo e batata (FÁTIMA et al., 2018).

Owamah et al. (2014) utilizaram um biofertilizante produzido a base de águas residuárias da produção de borracha na cultura do milho. Foi avaliado o crescimento e produção de matéria seca na cultura do mamão quando aplicado biofertilizante de esterco bovino mais folhas de feijão caupi (PAIVA et al., 2015). Outro biofertilizante aeróbico bovino quando aplicado na cultura da soja, beneficiou no crescimento inicial dessa cultura (SOUSA et al., 2018). Produto da digestão anaeróbica dos efluentes do processamento da mandioca (manipueira) foi utilizado como biofertilizante na cultura do Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) que é uma espécie utilizada para a manufatura de biodiesel (NEVES et al., 2017). Foi observado em uma pesquisa de campo o efeito do biofertilizante de águas residuais do processamento de batata doce no crescimento de plantas de chá (*Camélia sinensis*). O rendimento de chá, e os níveis de polifenol do chá foram significativamente maiores após aplicação do biofertilizante em relação ao controle (XU et al., 2014).

Entretanto, o manejo integrado de nutrientes por meio da aplicação de biofertilizantes originados de resíduos ainda apresenta grandes lacunas para o seu desenvolvimento (RAO et al., 2015). A qualidade do biofertilizante é muito dependente da forma de fabricação (MANCIUELA et al., 2018), das características químicas e físicas da matéria-prima. Por exemplo, as concentrações de N, P e K do biofertilizante podem estar ligadas à relação C/N inicial desses materiais (POLPRASERT, 2016), e aos valores da CE e

pH (MANYUCHI et al., 2013; ERSES et al., 2008). Há informações bem diversas a respeito da aplicação ou formas de uso do biofertilizante nas diferentes culturas. As fontes orgânicas de nutrientes, ao possuir uma composição muito variada, dificultam uma estipulação de doses adequadas.

Só no uso de culturas hortícolas, que constituem quase 10% de terras cultivadas em sistema orgânico (FAWZY et al., 2016) o uso de biofertilizantes diverge muito nas concentrações e formas de uso. Por exemplo, Garfí et al. (2011) usaram um biofertilizante de esterco de *Guinea pig*, e Fátima et al. (2018) um biofertilizante de resíduos de camarão, ambos fundamentaram todos os cálculos para adubação do cultivo de batata com base na demanda de nitrogênio pela cultura. O mesmo critério de necessidade de nitrogênio foi adotado para a cultura do pimentão quando usaram um biofertilizante de esterco suíno (SEDIYAMA et al., 2014). Concentrações de biofertilizante de urina de vaca aos 5% provocaram um aumento linear na produção de frutos de pimentão (OLIVEIRA et al., 2003). Oliveira et al. (2007), na cultura do inhame, sugeriram usar o biofertilizante de esterco bovino, parcelado em cinco tempos após o plantio (15, 30, 45, 60 e 75 dias), na concentração de 10%, aplicados na base da planta, obtendo a maior produção quando adubada só com esterco.

Na cultura da pimenta, a aplicação de três biofertilizantes (Supermagro, fermentado biológico e P + K) foi prévio ao transplante em uma concentração a 20%. E, durante o cultivo as aplicações foram via foliar e no solo, nas concentrações de 4 e 10%, respectivamente. Registrando maior massa do fruto após o uso de biofertilizantes líquidos, quando comparado ao tratamento adubação NPK (OLIVEIRA et al., 2014). Biofertilizante de lodo de esgoto hidrolisado, quando aplicadas por pulverização foliar (7,2 L ha⁻¹), provocou um aumento significativo na produção de milho verde e na concentração de nutrientes. Essas concentrações foram maiores com a taxa mais alta do biofertilizante (TEJADA et al., 2016).

De maneira geral, percebe-se que há uma falta de padronização para adotar concentrações e formas de uso do biofertilizante decorrente de resíduos, o que limita sua exploração, demandando pesquisas aguçadas. Se considerar em particular uma das folhosas mais cultivadas mundialmente como é a alface (NOUMEDEM et al., 2016; FAOSTAT, 2018), e adicionar a preferência dos consumidores por alimentos produzidos

organicamente, devido às preocupações com a saúde e o ambiente, é de fundamental importância aprofundar o conhecimento criterioso acerca do uso de biofertilizantes de resíduos, que são limitadas e inconsistentes, em termos de qualidade, doses e formas de aplicação para esta cultura.

3.4.1. Uso de biofertilizantes na cultura da alface

No ano 2016 a produção mundial da cultura de alface foi aproximadamente de 26,7 milhões de toneladas, sendo a China e os EUA responsáveis por 70% dessa produção (FAOSTAT, 2018). Segundo a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM), no ano 2014, esta cultura foi uma das folhosas mais consumidas no Brasil, e em termos de volume de produção, foi a terceira hortaliça com maior produção, englobando aproximadamente 90 mil hectares plantadas. Esses dados destacam a alface dentro da cadeia produtiva de hortaliças como a folhosa economicamente mais importante no país (ABCSEM, 2014).

A adubação nitrogenada na cultura da alface é fundamental, visto ser este o responsável por proporcionar folhas tenras, o principal alvo comercial (RESENDE et al., 2009; OLIVEIRA, 2010). Sugestões de adubação para uma produção de 21 t ha⁻¹ em um solo com uma disponibilidade média de P e K, segundo Guimarães (1999), é de 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 90 kg ha⁻¹ de K₂O, e 150 kg ha⁻¹ de N. Mas a aplicação de fertilizantes nitrogenados solúveis, embora seja fundamental para aumentar o rendimento, apresentam baixa eficiência de uso, pois em média, só 33% do total de N aplicado são realmente utilizados pelas plantas (RAUN; JOHNSON, 1999). A outra parte de N é perdida por escoamento superficial, lixiviação de nitratos (NO₃⁻), volatilização para a atmosfera e desnitrificação microbiana (VITOUSEK et al., 1997).

A exigência do consumidor por cultivos mais saudáveis que não causem dano ao meio ambiente obriga o produtor de folhosas a procurarem técnicas que substituam a aplicação de produtos químicos sintéticos como alternativas sustentáveis. Humus, composto, bokashi e biofertilizantes são utilizados na produção da cultura de alface, sempre tentando suprir as necessidades nutricionais do cultivo (SOUZA et al., 2005; MASARIRAMBI, 2012; KHOSRAVI et al., 2017). Nesse contexto, a obtenção de

parâmetros quanto aos efeitos positivos nas características físicas, químicas e biológicas do uso dos biofertilizantes em alface, bem como as recomendações de adubação pode ser de grande importância para uma expansão responsável do uso.

A falta de padronização dos critérios para tomada de decisões sobre a forma de aplicação, doses, concentrações são evidenciados nas diversas pesquisas quando utilizado biofertilizantes de diferentes resíduos. Biofertilizante de resíduos de pinhão manso e esterco bovino foram utilizados no cultivo de alface crespa e o critério para formular as doses a serem aplicadas foi fundamentado de acordo com a curva de absorção de nutrientes dessa cultura, definindo cinco doses (0, 75, 150, 225, 300 ml vaso⁻¹), sendo que a dose de 150 ml apresentou melhores resultados em todas variáveis avaliadas (ASSIS et al., 2016). Chiconato et al. (2013) utilizaram quatro doses de biofertilizante bovino (10, 20, 40 e 60 m³ ha⁻¹), e adubação química como controle, observando que as maiores doses de 60 m³ ha⁻¹ apresentaram melhores resultados para na produção da cultura. Os mesmos autores em outro estudo além da dose 60 m³ ha⁻¹ adicionaram três doses superiores (90, 120, 150 m³ ha⁻¹) do biofertilizante bovino. Os resultados mostraram que a dose 90 m³ ha⁻¹ de biofertilizante foi semelhante à testemunha com adubação mineral, destacando a potencialidade de substituição (CHICONATO et al., 2014).

Da mesma forma, Pereira et al. (2014) usando biofertilizante a base de esterco bovino, avaliaram a influência de diferentes doses aplicadas em solução via fertilização foliar sob diferentes concentrações (0, 10, 20 e 30%) em alface crespa cv. Verônica. A concentração com 20% foi a que resultou na maior taxa de crescimento absoluto e conseqüentemente maior desenvolvimento e crescimento de plantas de alface.

Oliveira et al. (2010) utilizaram biofertilizante de urina de vaca, via solo e foliar em seis concentrações (0; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; e 1,25%) aplicando 60 ml por planta, parceladas em quatro aplicações, sem obter diferenças significativas nos parâmetros físicos e químicos avaliados. No entanto Souza et al. (2010) testaram o mesmo fertilizante em alface crespa via foliar e observaram que a dose de 20 ml L⁻¹ proporcionou maior taxa de desenvolvimento foliar.

Da reciclagem da água residual de atividades piscícolas oxigenadas e não, foi formulado um biofertilizante e aplicado na concentração de 15% em um sistema hidropônico de alface destacando que o biofertilizante anaeróbico proporcionou maiores

valores de massa fresca Atribuindo essa vantagem ao elevado teor de N na forma de NH_4^+ (50 mg L^{-1}) quando comparado com o biofertilizante aeróbico ($0,7 \text{ mg L}^{-1}$) (GODDEK et al., 2016). Em um sistema hidropônico com produção de alface crespa, testaram-se quatro biofertilizantes produto de misturas de resíduos como bagaço de laranja, cama de frango e esterco bovino, fundamentando a aplicação na permanência da CE em $2,5 \mu\text{S cm}^{-1}$, as melhores respostas biométricas nessa cultura foram observadas com o biofertilizante resultado de esterco bovino mais cama de frango (MENDES, 2017). Outro estudo também em sistema hidropônico destacou o uso de um biofertilizante na forma líquida e sólida, produto da digestão anaeróbica de resíduos da silagem de milho (43%), trigo (22%), esterco de vaca (27%) e caules de uva (8%), como solução nutritiva para a produção de alface (baby leaf). Os melhores resultados nos parâmetros altura da planta e massa fresca foram registrados, quando aplicados na concentração 15% (RONGA et al., 2019).

A água residual do processamento de mandioca (manipueira) foi utilizada como biofertilizante no cultivo de alface lisa cv. Regina e as doses de aplicação (0, 100, 200, 300, 400, 500 ml) foram baseadas no teor de K, e as plantas que receberam aplicação de 200 ml da solução que correspondeu a $138,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de K apresentaram melhores características fitotécnicas (SANTOS et al., 2010). Em outro estudo, doses menores de manipueira foram aplicadas: 0, 5, 15, 25, 45 $65 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, correspondendo aos volumes de 0, 150, 450, 750, 1350 e 1950 ml. A determinação das doses foi levada em consideração a concentração de potássio existente no biofertilizante, no solo, e na exigência desse nutriente pela cultura de alface (DUARTE et al., 2012).

As quantidades de urina humana e manipueira aplicadas também foram estimadas com base nas concentrações de N e K presentes nos efluentes segundo a dose recomendada por Novais et al. (1991) (100 mg N kg^{-1} de solo e 150 mg K kg^{-1} de solo), aplicando 35 ml de urina vaso^{-1} , e 114 ml de manipueira vaso^{-1} apresentando os melhores resultados fitotécnicos quando comparados com a aplicação de NPK ou esterco de gado (ARAÚJO et al., 2017).

3.4.2. Biofertilizante líquido aeróbico - Hortbio®

Existem diversas vantagens dos biofertilizantes líquidos em relação àqueles em pó. Os biofertilizantes líquidos apresentam maior vida útil (de até dois anos), geralmente não sofrem efeitos em altas temperaturas, mantêm alta colonização de microrganismos, quando aplicadas à rizosfera da planta, sementes e solo. Isso porque o meio líquido permite a formação de células ou substâncias protetoras nesses microrganismos que favorecem o desenvolvimento de esporos ou cistos (HEGDE, 2002). Além disso, os biofertilizantes líquidos podem ser facilmente usados e armazenados pelos agricultores (VERMA et al., 2011; BORKAR, 2015).

O Hortbio® é um biofertilizante líquido aeróbico enriquecido, desenvolvido pela Embrapa Hortaliças – DF, que possui em sua composição materiais de fácil acesso ao produtor, como: farinha de sangue, farelo de arroz ou algodão, farelo de mamona, farinha de ossos, grãos ou sementes trituradas, cinzas, rapadura ou açúcar mascavo, fubá de milho ou polvilho de mandioca e água não clorada (Figura 1). Essa mistura deve ser inoculada com microrganismos eficientes (EM). A coleta dos EM utilizados na potencialização do biofertilizante pode ser de acordo com as recomendações do Caderno de Micro-organismos Eficazes (BONFIM et al., 2011). A adição de oxigênio ou aeração à mistura final pode ser durante 15 min a cada hora, com o auxílio de um compressor de ar e um temporizador durante trinta dias, em um local sombreado e fresco. De acordo com Souza et al (2012), o Hortbio® pode ser utilizado a partir do seu décimo dia de preparo, e mantido a temperatura ambiente e em lugares sombreados. Os custos de produção e as quantidades utilizadas para a produção de 100 L de Hortbio® encontram-se detalhados na Tabela 3. Os valores foram obtidos de diferentes lojas agrícolas do Distrito Federal.

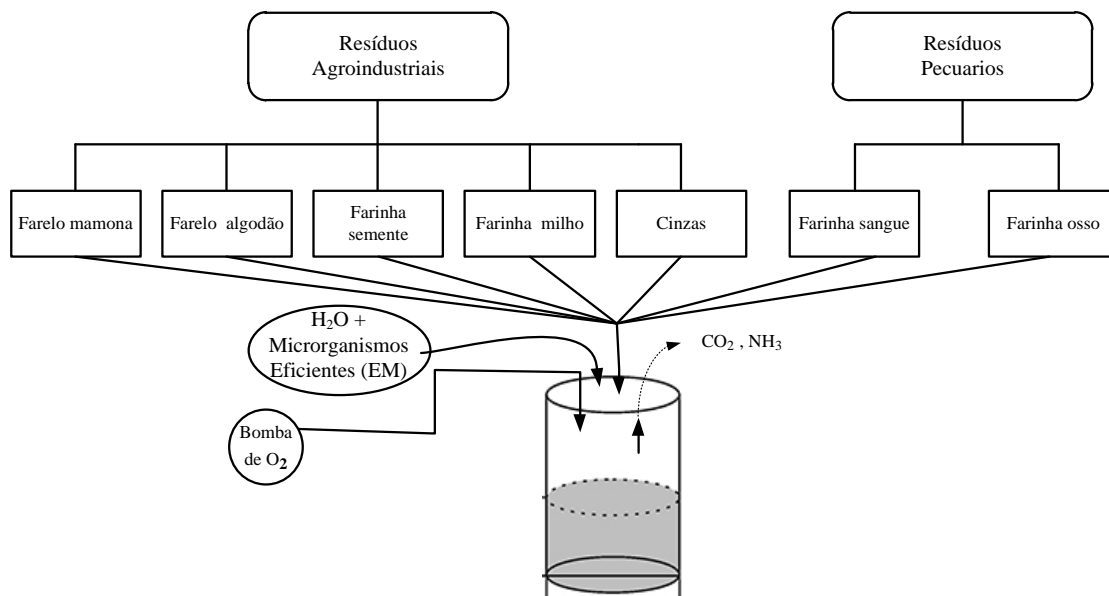


Figura 1. Esquema de elaboração do Biofertilizante líquido aeróbico: Hortbio®

Os microrganismos eficientes (EM) são culturas mistas e naturais de microrganismos benéficos que podem ser aplicados considerados inoculantes que aumentam a diversidade microbiana dos solos e rizosfera da planta esse conceito foi desenvolvido pelo professor Teruo Higa, Universidade do Ryukyus, Okinawa, Japão (HIGA; WIDIDANA, 1991). Uma caracterização molecular desenvolvida em uma pesquisa anterior dos EM coletados na mesma fitofisionomia identificaram-se predominância de filos de bactérias (*Firmicute*, *Proteobacterias*, *Actinobacterias*, *Bacteroides*) e fungos (*Ascomycota*, *Zygomycota*), Leveduras (*Ascomycota*, *Bacidiomycota*). Evidenciados em diferentes estudos como promotores de crescimento vegetal (BOMFIM, 2017).

Tabela 3. Custos de produção de 100 L de biofertilizante líquido Hortbio®

Materiais	Unidade	Quantidade	V. Unitário	V. Total \$R
Farinha de sangue	kg	1,1	7,9	8,69
Farinha de osso	kg	2,2	12	26,4
Farelo de mamona	kg	1,1	5	5,5
Farelo de algodão	kg	4,4	1,3	5,72
Grãos triturados	kg	1,1	1,2	1,32
Farinha de milho	kg	0,55	2,7	1,485
Cinzas	kg	1,1	11	12,1
Açúcar mascavo	kg	0,55	8,5	4,675
Inoculante EM	L	1	2,78	2,78
Energia	kW/ hora	60*	0,5	30
Total Produção				98,67

60*= tempo total de oxigenação (considerando 15 min de aeração a cada hora durante 10 dias)

Vários estudos já foram desenvolvidos com o uso desse biofertilizante. Na produção de mudas de pepino o biofertilizante foi pulverizado duas vezes por semana na concentração de 100 ml L⁻¹, obtendo maior vigor nas mudas quando foram tratadas com Hortbio® (SILVA et al., 2010). Na cultura do tomate o biofertilizante foi aplicado via fertirrigação, duas vezes por semana, enquanto que a pulverização na concentração aos 5% via foliar resultou maior número de frutos de tomate orgânico (ALBUQUERQUE et al., 2011). Ao avaliar os efeitos da aplicação de extrato húmico solúvel em água, biofertilizante Hortbio® e a combinação desses dois produtos sobre o crescimento vegetativo, e a capacidade de absorção de nutrientes em mudas de guanandi (*Callophyllum brasiliense*) foi ressaltado que a adição de Hortbio® evidenciou maiores teores de S, Zn, B, Mg, Mn e Cu nas plantas, enquanto a aplicação do extrato húmico aumentou os teores de K, Mg, S e B (BUSATO et al., 2016).

Na produção de três cultivares de alface americana foi testada a eficiência de três biofertilizantes: Agrobio fabricado pela PESAGRO-RJ, Hortbio® e biofertilizante a base de

composto orgânico. A definição das doses aplicadas foi baseada na necessidade da cultura, 150 kg N ha⁻¹, de acordo com a recomendação de Guimarães (1999) e os teores de N no biofertilizante Agrobio. O parcelamento da quantidade do biofertilizante foi feito conforme a marcha de absorção do N estabelecido por Bar-Yosef (1999) e adaptado para a alface, fracionadas em oito semanas e aplicadas diariamente, observando melhores resultados quando foi utilizado o biofertilizante em estudo (LUDKE, 2009). Baseado no mesmo padrão da necessidade de N para a cultura de alface foram definidas as doses em outro estudo segundo o teor de N do Hortbio[®], na avaliação das características fitotécnicas de três tipos de alface (Crespa, Americana e Romana), destacando as doses de 50 e 100 kg N ha⁻¹ como as mais eficientes. Por outro lado, as doses 0, 200 e 250 kg ha⁻¹ de N apresentaram os menores valores de produtividade. Sendo que a alface romana não respondeu às diferentes doses do biofertilizante e apresentou pior rendimento quando comparada aos outros tipos de alface (BOMFIM, 2017).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AI, C.; LIANG, G.; SUN, J.; WANG, X.; HE, P.; ZHOU, W.; HE, X. Reduced dependence of rhizosphere microbiome on plant-derived carbon in 32-year long-term inorganic and organic fertilized soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 80, p.70-78, 2015.

ABCSEM Associação Brasileira de Comércio de Sementes e Mudanças. 2014. 2º levantamento de dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil. <http://www.abcsem.com.br/>. Acesso online (1/10/2018).

AGSTAR, 2019. Operating anaerobic digester projects farm project profiles. USEPA.<<http://www.epa.gov/agstar/projects/>>. Acesso online (24/01/2019).

AGYEMAN, F. O.; TAO, W. Anaerobic co-digestion of food waste and dairy manure: Effects of food waste particle size and organic loading rate. **Journal of Environmental Management**, v. 133, p. 268-274, 2014.

ALAMI, N. H.; AYU, S. A. T.; KUSWYASARI, N. D.; ZULAIKA, E. SHOVITRI. M. Effect of yeast based biofertilizer combined with bacteria on mustard plant growth. **International Journal of Applied Biology**, v. 1, n. 2 p. 46-57, 2017.

ALBURQUERQUE, J. A.; FUENTE, C.; CAMPOY, M.; CARRASCO, L.; NÁJERA, I.; BAIXAULI, C.; CARAVACA, F.; ROLDÁN, A.; CEGARRA, J.; BERNAL, M. P. Agricultural use of digestate for horticultural crop production and improvement of soil properties. **European Journal of Agronomy**, v. 43, p. 119-128, 2012.

ALFA, M. I.; ADIE, D. B.; IGBORO, S. B.; ORANUSI, U. S.; DAHUNSI, S. O.; AKALI, D. M. Assessment of biofertilizer quality and health implications of anaerobic digestion effluent of cow dung and chicken droppings. **Renewable Energy**, v. 63, p. 681-686, 2014.

AMA BRASIL. Available online: <http://amabrasil.agr.br/web/portfolio-item/producao-e-importacao-de-fertilizantes/>. Acesso online (22/11/2018).

ANDRADE, F. H. A.; ALVES, A. S.; ARAÚJO, C. S. P.; SOUSA, V. F. O.; OLIVEIRA, D. S.; NETO, M. A. B.; SILVA, A. F.; MORAIS, R. R. Cattle manure and liquid biofertilizer for biomass production of yellow passion fruit seedlings. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 17, p. 1430-1436, 2017.

ANSARI, M. F.; TIPRE, D. R.; DAVE, S. R. Efficiency evaluation of commercial liquid biofertilizers for growth of *Cicer arietinum* (chickpea) in pot and field study. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 4, p. 17-24, 2015.

ANTIKAINEN, R.; LEMOLA, R.; NOUSIAINEN, J. I.; SOKKA, L.; ESALA, M.; HUHTANEN, P.; REKOLAINEN, R. Stocks and flows of nitrogen and phosphorus in the finish food production and consumption system. **Agriculture, Ecosystem and Environmental**, v. 107, p. 287-305, 2005.

ATKINSON, C. J.; FITZGERALD, J. D.; HIPPS, N. A. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: A review. **Plant and Soil**, v. 337, p. 1-18, 2010.

ARAÚJO, N. C.; LIMA, V. L.; SENA, L. F.; RAMOS, J. G.; BORGES, V. E.; BANDEIRA, F. A. Produção Orgânica da alface em substrato fertilizado com água amarela e manipueira. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 8, p. 211-219, 2017.

ASSIS, B. P.; ASSIS, D. P.; GROSS, E. Influência de biofertilizante na produção da alface e em propriedades químicas de um argissolo. **Agrotropica**, v. 28, n. 1, p. 47-54, 2016.

BARBOSA, E. N. R. **Torta de mamona com suplementação enzimática para frangos de corte**. 2016. 108p. (Tese Doutorado), Universidade Federal do Ceará, Ceará.

BARMAN, M.; PAUL, S.; CHOUDHURY, A. G.; ROY, P.; SEN, J. Biofertilizer as prospective input for sustainable agriculture in India. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 11, p. 1177-1186, 2017.

BAR-YOSEF, B. Advances in fertigation. In: SPARKS, D. L. (Ed). **Advances in Agronomy** 65. New York: Academic Press, 1999. p. 1-77.

BAUDDH, K.; SINGH, R. P. Effects of organic and inorganic amendments on bio-accumulation and partitioning of Cd in *Brassica juncea* and *Ricinus communis*. **Ecological Engineering**, v. 74, p. 93-100, 2015.

BRASIL 2019. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos, CNPO.

<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/cadastro-nacional-produtores-organicos>. Acesso online (12/12/2018).

BELEWU, M. A.; BABALOLA, F. T. Nutrient enrichment of some waste agricultural residues after solid state fermentation using *Rhizopus oligosporus*. **Journal of Applied Biosciences**, v. 13, p. 695-699, 2009.

Biofertilizers Market Size, share & trends analysis report by product (nitrogen fixing, phosphate solubilizing), by application (seed treatment, soil treatment), and segment forecasts, 2012-2022. Available online: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/biofertilizers-industry>. Acesso online (12/09/2018).

BÓCOLI, M. E.; MANTOVANI, J. R.; MIRANDA, J. M.; MARQUES, D. J.; SILVA, A. B. Soil chemical properties and maize yield under application of pig slurry biofertilizer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 42-48, 2016.

BOMFIM, C. A.; **Biofertilizante Hortbio® : Características Microbiológicas e Efeito na Qualidade da Alface**. 2016. 147p. (Dissertação de Mestrado), Universidade de Brasília, Brasília DF.

BONFIM, F. P.; HONÓRIO, I. C.; REIS, I. L.; PEREIRA, A. J.; SOUZA, D. B. **Caderno dos Microrganismos-Instruções Práticas Sobre Uso Ecológico e Social do EM**, Viçosa - Minas Gerais, Universidade Federal de Viçosa, p. 2-32, 2011.

BORKAR, S. G. **Microbes as biofertilizers and their production technology**. Wood head Publishing India Pvt. Ltd., New Delhi, India, 2015. 197 p.

CHALAMAIAH, M.; DINESH KUMAR, B.; HEMALATHA, R.; JYOTHIRMAYI, T. Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review. **Food Chemistry**, v. 135, p. 3020-3038, 2012.

CHICONATO, D. A.; SIMONI, F.; GALBIATTI, J. A.; FRANCO, C. F.; CAMELO, A. D. Resposta da alface à aplicação de biofertilizante sob dois níveis de irrigação. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, p. 392-399, 2013.

CHICONATO, D. A.; GALBIATTI, J. A.; MALDONADO, W.; FRANCO, C. F.; CAMELO, A. D. Bovine biofertilizer and irrigation layers on lettuce development and leaf chlorophyll. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 2, p. 140-147, 2014.

CHIEW. A.Y. L.; SPÅNGBERGA, J.; BAKYB, A.; HANSSONA, P. A.; JÖNSSONA, H. Environmental impact of recycling digested food waste as a fertilizer in agriculture - A case study. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 95, p. 1-14, 2015.

CHRISTY, P. M.; GOPINATH, L. R.; DIVYA, D. A review on anaerobic decomposition and enhancement of biogas production through enzymes and microorganisms. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 34, p. 167-173, 2014.

CORVELLEC, H. Sustainability objects as performative definitions of sustainability: The case of food-waste-based biogas and biofertilizers. **Journal of Material Culture**, p.1-19, 2016.

DAI, Y.; SUN, Q.; WANG, W.; LU, L.; LIU, M.; LI, J.; YANG, S.; SUN, Y.; ZHANG, K.; XU, J.; ZHENG, W.; HU, Z.; YANG, Y.; GAO, Y.; CHEN, Y.; ZHANG, X.; GAO, F.; ZHANG, Y. Utilizations of agricultural waste as adsorbent for the removal of contaminants: A review. **Chemosphere**, v. 211, p. 235-253, 2018.

DĘBSKA, B.; DŁUGOSZ, J.; PIOTROWSKA-DŁUGOSZ, A.; BANACH-SZOTT, M. The impact of a bio-fertilizer on the soil organic matter status and carbon sequestration—results from a field-scale study. **Journal of Soils and Sediments**, v. 16, p. 2335-2343, 2016.

DOBBELAERE D. Statistical overview of the animal byproducts industry in the EU in 2012. **European Food Safety Authority Journal**, v. 9, p. 1945, 2012.

DOTANIYA, M. L.; DATTA, S. C.; BISWAS, D. R.; DOTANIYA. C. K.; MEENA, B. L.; RAJENDIRAN, R.; REGAR, K. L.; LATA, M. Use of sugarcane industrial by-products for improving sugarcane productivity and soil health. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 5, p. 185-194, 2016.

DUARTE, A. S.; SILVA, E. F. F.; ROLIM, M. M.; FERREIRA, R. F. A.; MALHEIROS, S. M.; ALBUQUERQUE, F. S. Uso de diferentes doses de manipueira na cultura da alface em substituição à adubação mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 262-267, 2012.

DU, C.; ABDULLAH, J. J.; GREETHAM, D.; FU, D.; YU, M.; REN, L.; LI, S.; LU, D. Valorization of food waste into biofertiliser and its field application. **Journal of Cleaner Production**, p. 1-51, 2018.

ESTRADA-BONILLA, G. A.; LOPES, C. M.; DURRER, A.; ALVES, P. R. L.; PASSAGLIA, N.; CARDOSO, E. J. B. N. Effect of phosphate-solubilizing bacteria on phosphorus dynamic and the bacterial community during composting of sugar cane industry waste. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 40, p. 308-313, 2017.

ERSES, A. S.; ONAY, T. T.; YENIGUN, O. Comparison of aerobic and anaerobic degradation of municipal solid waste in bioreactor landfills. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 5418-5426, 2008.

FAO. **World fertilizer trends and outlook to 2020**. Summary Report. 2017, p. 38.

FAOSTAT, 2018. FAOSTAT (Database). <http://data.fao.org/ref/262b79ca-279c-4517-93de-ee3b7c7cb553.html?version=1.0>. Acesso online (1/11/2018).

FÁTIMA, B.; ZAHRAE, M. F.; RAZOUK, R. Chitin/Chitosan's bio-fertilizer: Usage in vegetative growth of wheat and potato crops. **IntechOpen**, p. 331-354, 2018.

FAWZY, Z. F.; SHEDEED, S. I.; HASSAN, N. M. K. A Review of Organic Agricultural of Some Vegetables Crops. **American Journal of Food Science and Health**, v. 2, n. 3, p. 25-31, 2016.

FOOD WASTE, 2014. Projects using food waste to make biogas. American Biogas Council, <https://www.americanbiogascouncil.org/biogas_foodWaste.asp>. Acesso online (08/08/2018)

GARFÍ, M.; GELMAN, P.; COMAS, J.; CARRASCO, W.; FERRER, I. Agricultural reuse of the digestate from low-cost tubular digesters in rural Andean communities. **Waste Management**, v. 31, p. 2584-2589, 2011.

GODDEK, S.; SCHMAUTZ, Z.; SCOTT, B.; DELAIDE, B.; KEESMAN, K. J.; WUERTZ, S.; JUNGE, R. The effect of anaerobic and aerobic fish sludge supernatant on hydroponic lettuce. **Agronomy**, v. 6, n. 37, p. 1-12, 2016.

GOUSTEROVA, A.; NUSTOROVA, M.; CHRISTOV, P.; NEDKOV, P.; NESHEV, G.; VASILEVA-TONKOVA, E. Development of a biotechnological procedure for treatment of animal wastes to obtain inexpensive biofertilizers. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 24, p. 2647-2652, 2008.

GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H.; RIBEIRO, A. C. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilidade em Minas Gerais – 5ª Aproximação**, p.13-20, 1999.

GURAV, R. G.; JADHAV, J. P. A novel source of biofertilizer from feather biomass for banana cultivation. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, p. 4532-4539, 2013.

HAMAWAND, I.; SANDELL, G.; PITTAWAY, P.; CHAKRABARTY, S.; YUSAF, T.; CHEN, G.; SENEWEERA, S.; AL-LWAYZY, S.; BENNETT, J.; HOPF, J. Bioenergy from cotton industry wastes: A review and potential. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 66, p. 435-448, 2016.

HEGDE, S.V. Liquid biofertilizers in Indian agriculture. **Biofertilizer News Letter**, v. 12, p. 17-22, 2002.

HIGA, T.; WIDIDANA, G. N. **The concept and theories of effective microorganisms**. In: Proceedings of the first international conference on Kyusei Nature Farming, p. 1-32, 1991.

HILIOTI, Z.; MICHAILOF, C. M.; VALASIADIS, D.; ILIOPOULOU, E. F.; KOIDOU, V.; LAPPAS, A. A. Characterization of castor plant-derived biochars and their effects as soil amendments on seedlings. **Biomass and Bioenergy**, v. 105, p. 96 - 106, 2017.

HONG, S. H.; LEE, E. Y. Phytostabilization of salt accumulated soil using plant and biofertilizers: Field application. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 124, p. 188-195, 2017.

IFOAM. Consolidated Annual Report of IFOAM—Organics International; IFOAM-Organics International Head Office: Bonn, Germany, p. 1-32, 2019.

INOUE, K. R. A.; SOUZA, C. F.; MATOS, A. T.; SANTOS, N. T.; FERREIRA, W. F. M. Concentração de nutrientes em plantas de milho, adubadas com biofertilizantes, obtidos na digestão anaeróbia da manipueira. **Engenharia na Agricultura**, v. 19, n. 3, p. 236-243, 2011.

IZUMI, K.; OKISHIO, Y.; NAGAO, N.; NIWA, C.; YAMAMOTO, S.; TODA, T. Effects of particle size on anaerobic digestion of food waste. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 64, p. 601-608, 2010.

JENG, A. S.; HARALDSEN, T. K.; GRØNLUND, A.; PEDERSEN, P. A. Meat and bone meal as nitrogen and phosphorus fertilizer to cereals and rye grass. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 76, p. 183-191, 2006.

KARLSSON, T.; KONRAD, O.; LUMI, M.; SCHMEIER, N. P.; MARDER, M.; CASARIL, C. E.; KOCH, F. F.; PEDROSO, A. G. **Manual básico de biogás**. Lajes, Rio Grande do Sul: Ed. Univates, 2014, 69 p.

KHALID, A.; ARSHAD, M.; ANJUM, M.; MAHMOOD, T. DAWSON, L. The anaerobic digestion of solid organic waste. **Waste Management**, v. 31, p. 1737-1744, 2011.

KHOSRAVI, A.; ZAREI, M.; RONAGHI, A. Influence of biofertilizers and phosphate sources on the phosphorus uptake of lettuce and chemical forms of phosphorus in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 48, n. 22, p. 2701-2714, 2017.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492 p

KIEHL, E. J. **Novo fertilizantes orgânicos**. Piracicaba – SP. 1ª ed. 2010, p.248.

LACERDA, R. S. **Caracterização química, bioquímica e físico-química da torta de mamona para seu aproveitamento na produção de material biodegradável e na alimentação animal**. 2013. 209p. (Tese Doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo.

LING, N.; DENG, K.; SONG, Y.; WU, Y.; ZHAO, J.; RAZA, W.; HUANG, Q.; SHEN, Q. Agricultural variation of rhizosphere bacterial community in watermelon continuous mono-cropping soil by long-term application of a novel bioorganic fertilizer. **Microbiological Research**, v. 169, p. 570-578, 2014.

LOPES, A. M. **Uso de subprodutos do algodão na alimentação de ruminantes**. Universidade de Viçosa. Centro de ciências agrárias. Departamento de zootecnia. Métodos nutricionais e alimentação de ruminantes. Viçosa, 2003.

LUDKE, I. **Produção orgânica de alface americana fertirrigada com biofertilizantes em cultivo protegido**. 2009. 93p. (Dissertação de Mestrado), Universidade de Brasília. Brasília.

MA, Y.; YIN, Y.; LIU, Y. New insights into co-digestion of activated sludge and food waste: biogas versus biofertilizer, **Bioresource Technology**, v. 241, p. 448-453, 2017.

MADHI, S. S.; HASSAN, G. S.; SAMOON, S. A.; RATHER, H. A. DAR, S. A.; ZEHRA, B. Bio-fertilizers in organic agriculture. **Journal of Phytology**, v. 2, n. 10, p. 42-54, 2010.

MALUSÁ, E.; VASSILEV, N. A contribution to set a legal framework for biofertilisers. **Applied Microbiology Biotechnology**, v. 98, n. 15, p. 6599-6607, 2014.

MANCIULEA, I.; DUMITRESCU, L.; BOGATU, C.; DRAGHICI, C.; LUCACI, D. Compost based on biomass wastes used as biofertilizers or as sorbents. **Nearly Zero Energy Communities**, v. 1, p. 566-585, 2018.

MANYUCHI, M. M.; CHITAMBWE, T.; PHIRI, A.; MUREDZI, P.; KANHUKAMWE, Q. Effect of vermicompost, vermiwash and application time on soil physicochemical properties. **International Journal Chemical Environmental Engineering**, v. 4, n. 4, p. 216-220, 2013.

MASARIRAMBI, M. T.; MBOKAZI, B. M.; WAHOME, P. K.; OSENI, T. O. Effects of kraal manure, chicken manure and inorganic fertilizer on growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Commander) in a semi-arid environment. **Asian Journal of Agricultural Sciences**, v. 4, n. 1, p. 58-64, 2012.

MATTAR, E. P. L.; JUNIOR, F. E. F.; OLIVEIRA, E. Caracterização físico-química de cinza de osso bovino para avaliação do seu potencial uso agrícola. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, p. 65-70, 2014.

MATOS, A. T. **Tratamento e Aproveitamento Agrícola de Resíduos Sólidos**. Viçosa, Minas Gerais: Ed. UFV, 2014.

MENDES, L. A.; **Avaliação das transformações químicas e do potencial agrônomo de biofertilizantes líquidos produzidos a partir de resíduos agroindustriais para o manejo sustentável em agricultura orgânica**. 2017. 166p. (Tese de Doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo.

METSON, G. S.; MACDONALD, G. K.; HABERMANA, D.; NESME, T.; BENNETT, E. M. Feeding the corn belt: Opportunities for phosphorus recycling in U.S. agriculture. **Science of the Total Environment**, v. 542, p. 1117-1126, 2016.

MOKOMELE, T.; SOUSA, L. C.; BALANB, V.; RENSBURG, E. V.; DALE, E. D.; GÖRGENS, J. F. Incorporating anaerobic co-digestion of steam exploded or ammonia fiber expansion pretreated sugarcane residues with manure into a sugarcane based bioenergy-livestock nexus. **Bioresource Technology**, v. 272, p. 326-336, 2019.

MÖLLER, K. Assessment of alternative phosphorous fertilizers for organic farming: Meat and bone meal. **Improve-P**. p. 1-8, 2015.

MÖLLER, K.; SCHULTHEIß, U. Organische handelsdungemittel im ökologischen landbau - Charakterisierung und empfehlungen four die praxis. **KTBL-Schrift 499**, 2014, Darmstadt, 392 p.

MÖLLER, K.; OBERSON, A.; BUNEMANN, K. E.; COOPER, J.; FRIEDEL, J. K.; GLASNER, N.; HÖRTENHUBER, S.; LØES, A. K.; MÄDER, P.; MEYER, G.; MÜLLER, T.; SYMANCZIK, S.; WEISSENGRUBER, L.; WOLLMANN, I.; MAGID, J. Improved phosphorus recycling in organic farming: navigating between constraints. **Advances in Agronomy**, v. 147, p. 160-192, 2018.

NAGAVALLEMMMA, K. P.; WANI, S. P.; LACROIX, S.; PADJAMA, V. V.; RAO, B.; SAHRAWAT, K. L. **Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer**. Global theme on agroecosystems. Report No.8. India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 20 p. 2004.

NATH BHOWMIK, S.; DAS, A. Biofertilizers: A sustainable approach for pulse production. In: MEENA, R.; DAS, A.; YADAV, G.; LAL, R. **Legumes for soil health and sustainable management**. Springer, Singapore, p. 279-304, 2018.

NEVES, A. C.; BERGAMINI, C. N.; LEONARDO, O. R.; GONÇALVES, M. P.; ZENATTI, D. C.; HERMES, E. Effect of biofertilizer obtained by anaerobic digestion of cassava effluent on the development of crambe plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 10, p. 681-685, 2017.

NGAMPIMOL, H.; KUNATHIGAN, V. The study of shelf life for liquid biofertilizer from vegetable waste. **Australian Journal of Technology**, v. 11, n. 4, p. 204-208, 2008.

NKOA, R. Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, p. 473-492, 2014.

NOUMEDEM, J. A. K.; DJEUSSI, D. E.; HRITCU, L.; MIHASAN, M.; KUETE, V. **Medicinal Spices and Vegetables from Africa**, p. 439-449, 2017.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília, EMBRAPA. p. 189-253, 1991.

OELOFSE, M.; JENSEN, L. S.; MAGID, J. The implications of phasing out conventional nutrient supply in organic agriculture: Denmark as a case. **Organic Agriculture**, v. 3, p. 41-55, 2013.

OENEMA, O.; CHARDON, W.; EHLERT, P.; VAN DIJK, K. SCHOUMANS, O.; RULKENS. **Phosphorus fertilizers from by-products and wastes**. Proceedings, 717, International Fertiliser Society, Leek, United Kingdom, p. 1-52, 2012.

OLIVARES, A. R.; CARRILLO-GONZÁLEZ, R.; GONZÁLEZ, M. C. CH.; SOTO, M. R. H. Potential of castor bean (*Ricinus communis* L.) for phytoremediation of mine tailings and oil production. **Journal of Environmental Management**, v. 114, p. 316-323, 2013.

OLIVEIRA A. P.; PAES, R. A.; SOUZA, A. P.; DORNELAS, C. S. M. **Rendimento de pimentão adubado com urina de vaca e NPK**. In: 43º Congresso Brasileiro de Olericultura, Recife. Resumos, 2003.

OLIVEIRA, P. A. D.; BARBOSA, A. H. D.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; OLIVEIRA, A. N. P. Produção da batata-doce adubada com esterco bovino e biofertilizante (*Ipomoea batata* (L.) Lam.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1722-1728, 2007.

OLIVEIRA, N. L. C.; PUIATTI, M.; SANTOS, R. H. S.; CECON, P. R.; BHERING, A. S. Efeito da urina de vaca no estado nutricional da alface. **Revista Ceres**, v. 57, n. 4, p. 506-515, 2010.

OLIVEIRA, J. R.; GOMES, R. L. F.; ARAÚJO, A. S. F.; MARINI, F. S.; LOPES, J. B.; ARAÚJO, R. M. Estado nutricional e produção da pimenteira com o uso de biofertilizantes líquidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1241-1246, 2014.

OWAMAH, H. I.; DAHUNSI, O. S.; ORANUSI, U. S.; ALFA, M. I. Fertilizer and sanitary quality of digestate biofertilizers from the co-digestion of food waste and human excreta. **Waste Management**, v. 34, p. 747-752, 2014.

OWEN, D.; WILLIAMS, A. P.; GRIFFITH, G. W.; WITHERS, P. J. A. Use of commercial bio-inoculants to increase agricultural production through improved phosphorous acquisition. **Applied Soil Ecology**, v. 86, p. 41-54, 2015.

PAIVA, E. V.; SÁ, F. V. S.; MESQUITA, E. F.; BARBOSA, M. A.; SOUTO, L. S.; SOUSA, F. M.; CAVALCANTE, L. F.; BERTINO, A. M. P. Growth and efficiency of water use of papaya cultivars (*Carica papaya* L.) under doses of bovine biofertilizer in hydroponics cultivation. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 22, p. 2315-2321, 2015.

PARAB, N.; SINGH, D. K.; PANDEY, J. P. N.; GUPTA, P. K.; MISHRA, S.; BHONDE, S. R. Effect of coal fly ash with biofertilizers on onion yield, soil fertility and nutrient uptake under field conditions. **International Journal Environmental Sciences**, v. 4, n. 2, p. 81-93, 2015.

PEREIRA, M. A. B.; TAVARES, A. T.; SILVA, E. H. C.; SIEBENEICHLER, S. C.; NASCIMENTO, I. R. Response to the foliar application of biofertilizer doses in lettuce. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 7, n. 2, p. 55-62, 2014.

POLAT; E.; DEMIR, H.; ERLER, F. Yield and quality criteria in organically and conventionally grown tomatoes in Turkey. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 4, p. 424-429, 2010.

POLECHÓŃSKA, L.; KLINK, A.; DAMBIEC, M.; RUDECKI, A. Evaluation of *Ceratophyllum demersum* as the accumulative bioindicator for trace metals. **Ecological Indicators**, v. 93, p. 274-281. 2018.

POLPRASERT, C. **Organic Waste Recycling Technology and Management**. Bangkok Thailand. 3rdedition, 515 p. 2007.

PRATES, S. B.; GENUNCIO, F. C.; FERRARI, G. C.; NASCIMENTO, A. C.; ALVEZ, G. C.; PALERMO, P. D.; ZONTA, E. Acúmulo de nutrientes e produtividade de crambe em função da fertilização com torta de mamona e serpentinito. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 810-816, 2014.

RAMACHANDRAN, S.; SINGH, S. K.; LARROCHE, C.; SOCCOL, C. R.; PANDEY, A. Oil cakes and their biotechnological applications - A review. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 2000-2009, 2007.

RAO, K. M.; SINGH, P. K.; RYINGKUN, H. B. K.; MAYING, B. Use of bio-fertilizers in vegetable production. **Indian Horticulture Journal**, v. 4, n. 1, p. 73-76, 2014.

RAO, D. L. N.; BALACHANDAR, D.; THAKURIA, D. Soil biotechnology and sustainable agricultural intensification. **Indian Journal Fertilizers**, v. 11, n. 10, p. 87-105, 2015.

RAUN, W. R.; JOHNSON, G. V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. **Agronomy Journal**, v. 91, n. 3, p. 357-363, 1999.

RESENDE, G. M.; ALVARENGA, M. A.; YURI, J. E.; SOUZA, R. J.; MOTA, J. H.; CARVALHO, J. G.; JÚNIOR, J. C. Rendimento e teores de macronutrientes em alface tipo americana em função de doses de nitrogênio e molibdênio em cultivo de verão. **Ciência Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 153-163, 2009.

ROCHA, J. M. G.; NASCIMENTO, V. M.; GONÇALVES, A. R.; SILVA, V. F. N.; MARTÍN, C. Influence of mixed sugarcane bagasse samples evaluated by elemental and physical-chemical composition. **Industrial Crops and Products**, v. 64, p. 52-58, 2015.

RÖDER, C.; MÓGOR, A. F.; SZILAGYI-ZECCHIN, V. J.; FABBRIN, E. G. S.; GEMIN, L. G. Uso de biofertilizante na produção de mudas de repolho. **Revista Ceres**, v. 62, n. 5, p. 502-505, 2015.

RONGA, D.; SETTIA, L.; SALVARANI, C.; LEOA, R.; BEDIN, E.; PULVIRENTI, A.; MILC, J.; PECCHIONI, N.; FRANCA, E. Effects of solid and liquid digestate for hydroponic baby leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivation. **Scientia Horticulturae**, v. 244, p. 172-181, 2019.

ROY, R. N.; FINCK, A.; BLAIR, G. J.; TANDON, H. L. S. **Plant nutrition for food security**. FAO. A guide for integrated nutrient management. Fertilizer and plant nutrition bulletin 16, 2006, 366p.

SADH, P. K.; DUHAN, S.; DUHAN, J. S. Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: A review. **Bioresources and Bioprocessing**, v. 5, n. 1, p. 1-15, 2018.

SANYAL, S. K.; MAJUNDAR, K. **Nutrient mining in Indian agriculture: Past trends and future challenges**. JAT, M. L.; MAJUMDAR, K.; MCDONALD, A.; SIKKA, A. K.; PARODA, R. S. 2015. Book of extended summaries. National dialogue on efficient nutrient management for improving soil health, 2015, New Delhi, India, TAAS, ICAR, CIMMYT, IPNI, CSISA, FAI, p. 56.

SANTOS, V. H. M.; ARAÚJO, A. C.; SANTOS, D. M. R.; LIMA, N. S.; LIMA, C. L. C.; SANTIAGO, A. D. Uso de manipueira como fonte de potássio na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em casa de vegetação. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 729-733, 2010.

SANTOS, N. A. V.; MAGRIOTIS, Z. M.; SACZK, A. A.; FÁSSIO, G. T. A.; VIEIRA, S.S. Kinetic study of pyrolysis of castor beans (*Ricinus communis* L.) presscake: An alternative use for solid waste arising from the biodiesel production. **Energy and Fuels**, v. 29, n. 4, p. 1-26, 2014.

SCHÜTZ, L.; GATTINGER, A.; MEIER, M.; MÜLLER, A.; BOLLER, T.; MÄDER, P.; MATHIMARAN, N. Improving crop yield and nutrient use efficiency via biofertilization - A global meta-analysis. **Frontiers Plant Science**, v. 8, p. 1-13, 2018.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, M. R.; VIDIGAL, S. M.; PINTO, C. L. O.; JACOB, L. L. Nutrição e produtividade de plantas de pimentão colorido, adubadas com biofertilizante de suíno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 588-594, 2014.

SEVERINO, L. S. COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 5, p. 1-7, 2004.

SHARP, R. A review of the applications of chitin and its derivatives in agriculture to modify plant-microbial interactions and improve crop. **Yields Agronomy**, v. 3, p.757, 2013.

SHEETS, J. P.; YANG, L.; GE, X.; WANG, Z.; LI, Y. Beyond land application: Emerging technologies for the treatment and reuse of anaerobically digested agricultural and food waste. **Waste Management**, v. 44, p. 94-115, 2015.

SHELAT, H. N.; VYAS, R. V.; JHALA, Y. K. Biofertilizers and PGPR for evergreen agriculture In: VERMA, D. K.; SRIVASTA, V. (eds). **Microorganisms in Sustainable Agriculture, Food and the Environment**. New York: Apple Academic Press, p. 262-285, 2017.

SILVA, P. S.; SOUZA, R. B.; TAKAMORI, L. M.; SOUZA, W. S.; SILVA, G. P. P. SOUZA, J. M. M. Produção de mudas de pimentão em substrato de coco verde fertirrigadas com biofertilizante em sistema orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 2714-2720, 2010.

SILVA, L. V. B. D.; LIMA, V. L. A.; SILVA, N. B. V.; SOFIATTI, V.; PEREIRA, T. L. P. Torta de mamona residual e irrigação com efluente sobre crescimento e produção de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1264-1270, 2013.

SIMONS, A.; SOLOMON, D.; CHIBSSA, W.; BLALOCK, G.; LEHMANN, J. Filling the phosphorus fertilizer gap in developing countries. **Nature Geoscience**, v. 7, n. 3, p. 3, 2014.

SIMONS, M. A.; GARRICK, B.; NESIN, B. **Indigenous bone fertilizer for food security and growth**. Ithaca, EUA 2018.

SINGH, J. S.; PANDEY, V. C.; SINGH, D. P. Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainable agriculture and environmental development. **Agriculture, Ecosystem & Environmental**, v. 40, p. 339-353, 2011.

SINGH, Y.; SINGH, P.; SIDHU, H. S.; JAT, M. L. **Organic resources for agriculture: Availability, recycling potential and strategies to convert waste to national resource.** JAT, M. L.; MAJUMDAR, K.; MCDONALD, A.; SIKKA, A. K.; PARODA, R. S. 2015. Book of extended summaries. National dialogue on efficient nutrient management for improving soil health, 2015, New Delhi, India, TAAS, ICAR, CIMMYT, IPNI, CSISA, FAI, p. 56.

SOUZA, J. L.; REZENDE, P. **Manual de horticultura orgânica.** 2.ed. Viçosa: Aprenda fácil, 2014. 841p.

SOUZA, P. A.; NEGREIROS, M. Z.; MENEZES, J. B.; BEZERRA-NETO, F.; SOUZA, G. L. F. M.; CARNEIRO, C. R.; QUEIROGA, R. C. F. Características químicas de alface cultivada sob efeito residual da adubação com composto orgânico. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 23, n.3, p. 754-757, 2005.

SOUZA, R. B.; VILELA, F. R.; LÜDKE, I.; COUTO, J. R. **Composição do Hortbio.** Brasília - DF. EMBRAPA Hortaliças- CNPH, 2012. 8p.

SOUZA, G. G.; RODRIGUES, V.; SOARES, S. C.; DAMASCENO, I. N.; FIUSA, J. M.; SARAIVA, S. E. L. Irrigation with saline water in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in a soil with bovine biofertilizers. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 9, p. 604-609, 2018.

TEJADA, M.; RODRÍGUEZ-MORGADO, B.; GÓMEZ, I.; FRANCO-ANDREU, L.; BENÍTEZ, C.; PARRADO, J. Use of biofertilizers obtained from sewage sludges on maize yield. **European Journal of Agronomy**, v. 78, p. 13-19, 2016.

TESFAYE, T.; SITHOLE, B.; RAMJUGERNATH, D. Valorization of waste chicken feathers: Optimization of decontamination and pre-treatment with bleaching agents using response surface methodology. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 8, p. 21-37, 2018.

VAN DIJK, K. C.; LESSCHEN, J. P.; OENEMA, O. Phosphorus flows and balances of the European Union Member States. **Science of the Total Environment**, v. 542, p. 1078-1093, 2016.

VERMA, M.; SHARMA, S.; PRASAD, R. Liquid biofertilizers: advantages over carrier based biofertilizers for sustainable crop production. **International Society of Environmental Botanists**, v. 17, p. 1-2, 2011.

VESTERGARD, M.; BANG-ANDREASEN, T.; BUSS, S. M.; CRUZ-PAREDES, C.; BENTZON-TILIA, S.; EKELUND, F.; KJØLLER, R.; MORTENSEN, L. H.; RØNN, R. The relative importance of the bacterial pathway and soil inorganic nitrogen increase across an extreme wood-ash application gradient. **Global Change Biology Bioenergy**, v. 10, p. 320-334, 2018.

VITOUZEK, P. M.; ABER, J. D.; HOWARTH, R. W.; LIKENS, G. E.; MATSON, P. A.; SCHINDLER, D. W.; SCHLESINGER, W. H.; TILMAN, D. G. Human alteration of the global nitrogen cycle: Causes and consequences. **Ecological Applications**, v. 7, p. 737-750, 1997.

WANG, H.; LIU, S.; ZHAI, L.; ZHANG, J.; REN, T.; FAN, B.; LIU, H. Preparation and utilization of phosphate biofertilizers using agricultural waste. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, n. 1, p. 158-167, 2015.

WANG, S.; HAWKINS, G. L.; KIEPPER B. H.; DAS, K. C. Treatment of slaughterhouse blood waste using pilot scale two-stage anaerobic digesters for biogas production. **Renewable Energy**, p. 1-41, 2018.

XIANG, W.; ZHAO, L.; XU, X.; QIN, Y.; YU, G. Mutual information flow between beneficial microorganisms and the roots of host plants determined the bio-functions of biofertilizers. **American Journal of Plant Sciences**, v. 3, p. 1115-1120, 2012.

XU, S.; BAI, Z.; JIN, B.; XIAO, R.; ZHUANG, G. Bioconversion of wastewater from sweet potato starch production to *Paenibacillus polymyxa* biofertilizer for tea plants. **Scientific Reports**, v. 4, p. 1-7, 2014.

XU, L.; GEELLEN, D. Developing biostimulants from agro-food and industrial by-products. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1-25, 2018.

YILMAZ, E.; SÖNMEZ, M. The role of organic/bio-fertilizer amendment on aggregate stability and organic carbon content in different aggregate scales. **Soil & Tillage Research**, v. 168, p. 118-124, 2017.

ZOBOLI, O.; ZESSNER, M.; RECHBERGER, H. Supporting phosphorus management in Austria: potential, priorities and limitations. **Science of the Total Environment**, v. 565, p. 313-323, 2016.

CAPÍTULO I

Heterogeneity in the chemical composition of biofertilizers, potential agronomic use, and heavy metal contents of different agro-industrial wastes

Artigo publicado na revista: Sustainability em 03 de abril de 2019

DOI:10.3390/su11071995

1 HETEROGENEIDADE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE BIOFERTILIZANTES, POTENCIAL DE USO AGRONÔMICO E TEORES DE METAIS PESADOS DE DIFERENTES RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

1.1. RESUMO

Diversos resíduos agroindustriais, pecuários e alimentares são reutilizados na elaboração de biofertilizantes. Essa diversidade de matéria-prima pode causar um desbalanço nutricional, além de incrementar metais pesados, podendo inviabilizar o produto final. Dessa forma, uma caracterização química das matérias-primas e a sua influência na produção sustentável e segura de biofertilizantes precisam ser melhor compreendidas. Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi caracterizar quimicamente resíduos agroindustriais empregados na fabricação de um biofertilizante líquido aeróbico. Foram analisados os teores de macro e micronutrientes, além de elementos traços de sete resíduos utilizados como matérias-primas na elaboração de um biofertilizante aeróbico. Adicionalmente, um levantamento de dados secundários de biofertilizantes originados de diferentes resíduos foi realizado e evidenciou uma grande heterogeneidade na composição química desses resíduos com impactos diretos na eficiência agrônômica dos biofertilizantes. Os biofertilizantes aeróbicos que não possuíram esterco como matéria-prima apresentaram maiores concentrações de Ca, Mg e Fe. Além disso, a caracterização evidenciou que alguns materiais podem ser potenciais contaminantes do solo pelos elevados teores de metais traços, especialmente o Cádmiio. Conclui-se que a geração de inventários detalhados com a composição química de nutrientes e metais pesados das matérias primas e dos biofertilizantes produzidos é uma condição indispensável para a recomendação correta desse bioinsumo na agricultura.

Palavras chave: reciclagem, resíduos agroindustriais, metais pesados.

1.2. ABSTRACT

Several agro-industrial, livestock and food wastes are recycling in the elaboration of biofertilizers. This diversity of raw material can cause a nutritional imbalance, besides

increasing heavy metals, which could make the final product unfeasible. Thus, a chemical characterization of the raw materials and their influence on the sustainable and safe production of biofertilizers need to be better understood. In this context, the objective of the present study was to evaluate the chemical characteristics of agro-industrial residues used in the manufacture of an aerobic liquid biofertilizer. Were analyzed the macro and micronutrients contents, trace metals of seven waste used as raw materials in the elaboration of a biofertilizer. In addition, a survey of secondary biofertilizers data from different residues was carried out evidencing a great heterogeneity in the chemical composition of these residues with direct impacts on the agronomic efficiency of the biofertilizers. The characterization revealed that some materials may be contaminants of the soil due to high levels of trace metals, especially cadmium. It is concluded that the generation of detailed inventories such as the nutrient and heavy metal contents of the raw materials and biofertilizers produced is indispensable for the correct recommendation of this biological-based input in agriculture.

Keywords: recycling; agro-industrial residues; heavy metals.

1.3. INTRODUÇÃO

O crescente esforço pela intensificação de sistemas agrícolas sustentáveis provocou um aumento do uso de biofertilizantes (MALUSÁ et al., 2012; XIANG, 2012). Um levantamento global revelou que apenas no ano de 2016 os biofertilizantes movimentaram cerca de 787 milhões de dólares (BIOFERTILIZERS MARKET SIZE ANALYSIS, 2018). Isso tem permitido uma redução considerável do uso de fertilizantes químicos (NATH BHOWMIK; DAS, 2018) e ampliado a adoção de insumos de base biológica na agricultura.

Já está bem consolidado que o uso de biofertilizantes pode aumentar a produtividade das culturas. Apesar da grande diversidade, conforme a formulação usada, o biofertilizante pode aumentar em 20% a produtividade de cereais, vegetais, legumes e cultivos de raiz (SCHÜTZ et al., 2018). A aplicação de biofertilizantes com microrganismos solubilizadores de fosfato aumentaram o potencial do biofertilizante elevando a produção das culturas em até 50% (ANSARI et al., 2015). Além de aumentar a produtividade, o uso de biofertilizantes pode elevar os teores de carbono orgânico e

nutrientes, além de enriquecer a microbiota do solo, ao longo do tempo, comparado ao uso de fertilizantes convencionais (BURAGOHAIN et al., 2018).

Diferentes biomassas como resíduos da agricultura (WANG et al., 2015), da indústria (RAVINDRAN; JAISWAL, 2016), da pecuária (PAIVA et al., 2015; BÓCOLI et al., 2016), da agroindústria (MANCIULEA et al., 2018; ORTS et al., 2018) e domésticos (CORVELLEC, 2016) têm sido utilizada na elaboração de biofertilizantes. Essa diversidade de matérias primas, além de ser uma solução ambientalmente sustentável para o manejo dos diferentes resíduos, representa uma excelente oportunidade de reciclagem de nutrientes que podem enriquecer os solos (JASTRZEBSKA et al., 2018), especialmente aqueles de regiões tropicais que apresentam baixa fertilidade natural.

Estima-se que as atividades agrícolas brasileiras utilizaram, no ano de 2017, cerca de 24 milhões de toneladas de fertilizantes. Apesar da importância da agricultura para a economia brasileira, mais de 80% dos fertilizantes utilizados foram importados em 2017 (AMA, 2018). Portanto, a produção de fertilizantes orgânicos a partir de resíduos diversos é uma opção claramente possível para aumento da sustentabilidade econômica, social e ambiental da agricultura brasileira. No que tange aos resíduos agropecuários, por exemplo, o Brasil encontra-se entre os maiores produtores mundiais, por exemplo, de algodão (COÊLHO, 2018), óleo de mamona, milho (SOUZA et al., 2017), e é um dos maiores exportadores de carne (CARVALHO; DE ZEN, 2017). Todas essas atividades geram grandes quantidades de resíduos que representam excelentes matérias primas para a produção de fertilizantes orgânicos. Apesar do potencial de reutilização dos resíduos e da grande área destinada à agricultura (cerca de 64 milhões ha, 7,6% do território nacional), o Brasil não figura sequer entre os 10 países com maior área cultivada em sistema orgânico (FESS; BENEDITO, 2018), demonstrando grande potencial de crescimento desta atividade e do uso dos insumos necessários.

Uma das hipóteses para explicar o baixo uso dos insumos orgânicos na agricultura é a heterogeneidade da composição química das diversas formulações de fertilizantes disponíveis. É possível que essa desuniformidade esteja relacionada à baixa disponibilidade de dados referentes à composição química de tais bioinsumos e de suas matérias primas, o que dificulta o planejamento da elaboração das formulações. Além disso, devido às diferentes variedades entre as matérias-primas para obter um biofertilizante, espera-se um

produto com diversos nutrientes (CESTONARO et al., 2015; BOCOLI et al., 2016; MEKKI et al., 2017; XU; GELEEN, 2018). No geral, o estudo evidencia dois grandes grupos de fontes de resíduos que têm sido usados para produzir biofertilizantes: um é baseado em esterco de animais diferentes (BOCOLI et al., 2016) e o outro é composto por resíduos agroindustriais (fábrica de mandioca, azeite e batata doce) e águas residuárias domésticas (resíduos domésticos processamento) (DEBSKA et al., 2016; MEKKI et al., 2017). Mesmo dentro do mesmo grupo, a variabilidade ainda é observada. Por exemplo, dois tipos de biofertilizantes de esterco bovino apresentam diferença nas concentrações de N, com valores que variam de 1,8 a 8 g⁻¹ L (CESTONARO et al., 2015; ANDRADE et al. 2017).

Pesquisas recentes mostraram que a contribuição principal do presente biofertilizante é a diversidade de microrganismos disponíveis. As bactérias dos gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Gluconacetobacter*, e *Corynebacterium*, como também fungos e leveduras (BOMFIM, 2016). Quando aplicado às plantas estimulam processos fisiológicos naturais ajudando na absorção de nutrientes. As bactérias atuam diretamente na produção de metabólitos relacionados que atuam no crescimento da planta (auxinas, giberelinas e citocininas) (ISLAS-VALDEZ et al., 2017), na síntese de antibióticos, sideróforos e ácido hidrocianâmico (HCN) que reduzem a atividade de patógenos (OLANREWAJU et al., 2017). Além disso esses microrganismos estimulam ainda o desenvolvimento das raízes e, conseqüentemente, da planta. As bactérias do gênero *Pseudomonas* também presentes no biofertilizante solubilizam o P transformando a formas disponíveis para as plantas através da hidrólise de componentes fosfatados (BURAGOHAİN et al., 2018). Portanto, como o destacado anteriormente, o biofertilizante proposto é uma alternativa ao uso de biofertilizantes tradicionais de esterco animais. Isto é devido às características nutricionais e bioestimulantes presentes.

Outro ponto importante é a avaliação de contaminantes nesses insumos, como a presença de metais pesados que, quando se encontra em altas concentrações, podem causar bioacumulação em plantas cultivadas e contaminação do solo (POLECHOŃSKA et al., 2018).

Portanto, tem-se um cenário em que a caracterização química de resíduos agroindustriais e domésticos se torna de suma importância para permitir o preparo de

formulações mais homogêneas e seguras, de modo a aumentar a confiabilidade de uso dos insumos orgânicos, garantindo índices de produtividade e qualidade dos produtos adequados às exigências do mercado.

Diante da escassez de informações sobre a composição química de diferentes resíduos agroindustriais, o presente trabalho tem por objetivos: i) caracterizar quimicamente resíduos agroindustriais utilizados na produção de um biofertilizante aeróbico, avaliar seu potencial de uso agrônômico, associados a esses resíduos; ii) sistematizar informações de teores de nutrientes de diferentes biofertilizantes utilizados na agricultura, de forma a confirmar a existência de heterogeneidade nessas formulações.

1.4. MATERIAL E MÉTODOS

1.4.1. Caracterização química de resíduos agroindustriais utilizados no biofertilizante aeróbico

A escolha dos diferentes materiais foi fundamentada na disponibilidade do resíduo, o baixo custo e a capacidade fornecimento de nutrientes (KIEHL, 2010; SOUZA; REZENDE, 2014). Os resíduos agroindustriais como: farelo de algodão, farelo de mamona, sementes trituradas de leguminosas (soja, feijão), farinha de milho, farinha de osso, farinha de sangue e cinzas foram caracterizados quimicamente no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Hortaliças, (Figura 1). Para as análises dos resíduos, amostras de cada material foram moídas e peneiradas em peneira de malha de 0,074 mm (200 mesh). Foram avaliadas três amostras distintas de cada um dos resíduos citados, de modo a permitir a determinação de medidas de dispersão dos dados obtidos.

Posteriormente, para a determinação de macro, micronutrientes e metais pesados, 500 mg de cada material peneirado foram submetidos a solubilização úmida nitroperclórica. Após a solubilização, as amostras foram analisadas por espectrometria de emissão óptica com fonte de indução de plasma acoplado ICP-OES (marca Shimadzu, Kyoto, Japão modelo ICPE 9000). O teor de N total foi obtido por solubilização com ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio, com posterior destilação pelo método de Kjeldahl (BREMNER,

1996). Carbono orgânico total (COT) foi determinado por combustão em analisador elementar Perkin Elmer 2400 CHNS.



Figura 1. Principais matérias primas utilizadas na fabricação do biofertilizante aeróbico líquido Hortbio®

1.4.2. Preparo do biofertilizante aeróbico

A formulação de biofertilizante aeróbico líquido, proposto pela Embrapa Hortaliças, denominado Hortbio®, foi recomendada com o intuito de incentivar o reaproveitamento de resíduos agroindustriais de comum produção no Brasil, visando ao uso em cultivos de hortaliças. É um produto não comercial cujo modo de preparo está disponível em Embrapa (2018). Neste caso, foi preparada uma formulação do biofertilizante, conforme descrito a seguir e, posteriormente, alíquotas dessa formulação foram utilizadas para determinação das propriedades químicas previamente mencionadas, seguindo os protocolos abaixo descritos. O preparo do biofertilizante foi realizado no setor de agricultura orgânica e as análises de caracterização químicas foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Hortaliças.



Figura 2. Embrapa Hortaliças – DF (Google Earth®). 1. Área do experimento. 2. Área de coleta do EM, localizada na fitofisionomia do Cerrado.

O inoculante EM foi coletado em solo de área de cerradão localizada na Embrapa Hortaliças (15°56'61.8S e 48°08'42.7O) (Figura 2). Na coleta dos micro-organismos do solo, foram utilizados 700 g de arroz cozido e colocados em bandejas de plástico, protegidos com sombrite, e exposto por um período de sete dias no solo, de acordo com as recomendações do Caderno de Micro-organismos Eficazes (BONFIM et al., 2011).

Os materiais utilizados na produção do biofertilizante foram: farinha de sangue (1,1 kg); farelo de algodão (4,4 kg); farelo de mamona (1,1 kg); farinha de ossos (2,2 kg); sementes trituradas (1,1 kg); cinza de madeira (1,1 kg); rapadura (0,55 kg); fubá de milho (0,55 kg) enriquecido com 1 L de inoculante de Microrganismos Eficientes (EM) que foram caracterizadas como uma mistura de bactérias (*Bacillus*, *Gluconobacter*, *Enterobacter*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Corynobacteria*), leveduras (*Pichia kudriarzervi*, *Meyerozyma guillermondy*) e fungos (*Penicillium*, *Aspergillus* e *Trichoderma*) (BOMFIM, 2016). A estes materiais foi adicionada água não clorada até atingir um volume final de 100 L. A mistura final foi armazenada em um local fresco e sombreado com aeração por 15 minutos a cada hora, com o auxílio de um compressor de ar e um temporizador durante 40 dias.

1.4.3. Determinação das propriedades químicas do biofertilizante aeróbico

Após o preparo do biofertilizante, alíquotas de 150 mL foram coletadas no 10º dia após início do preparo do Hortbio®. Logo em seguida as amostras foram filtradas, congeladas e, na sequência, liofilizadas durante 12 h. Após a liofilização, as amostras foram pesadas, moídas e peneiradas em peneira com malha de 0,074 mm (200 mesh). Para a determinação dos nutrientes e metais pesados 0,500 g de cada material foi submetido a solubilização ácida ($\text{HNO}_3:\text{HCl}$, 3:1, v/v) utilizando forno micro-ondas (marca CEM, modelo Mars Xpress, Charlotte, USA). Após a solubilização, o teor dos elementos químicos nos extratos foi dosado em espectrofotômetro de emissão óptica com fonte de indução de plasma acoplado (ICP/OES, Shimadzu, Kyoto, Japan, modelo ICPE 9000). Após cada 20 amostras, foi utilizada uma solução padrão multielementar (Fluka Multielement (10 mg L^{-1}) como referência para calibrar o equipamento, para corrigir efeito de matriz e possível instabilidade do aparelho. As quantidades dos nutrientes acumulados foram obtidas pela razão entre o teor de cada nutriente e a porcentagem de massa seca que foi de 6,8%. A determinação de N e C foi realizada por combustão em analisador elementar Perkin Elmer 2400 CHNS (Figura 5-3).

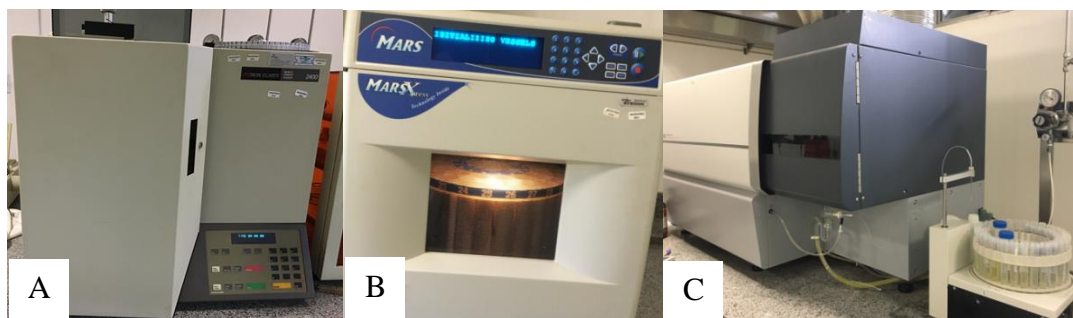


Figura 3. (A) Analisador elementar CHN (B) Forno micro-ondas (marca CEM, modelo Mars Xpress) utilizado para solubilização ácida (C). Espectrofotômetro de emissão óptica com fonte de indução de plasma acoplado (ICP/OES, marca Shimadzu, modelo ICPE 9000) na Embrapa Hortaliças.

1.4.4. Levantamento de dados referentes à composição química e concentrações de metais pesados de diferentes biofertilizantes

De forma a compreender a heterogeneidade de formulações de biofertilizantes, no que se refere ao fornecimento de nutrientes e concentração de metais pesados, foram buscados na literatura registros de dados referentes aos seguintes atributos químicos desses insumos: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), concentração de carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), sódio (Na), zinco (Zn), cádmio (Cd), chumbo (Pb), além da relação C/N. Foram levantados dados referentes a 14 diferentes formulações de biofertilizantes.

1.4.5. Análises estatísticas

O conjunto de dados obtidos foi submetido à avaliação por meio de estatística descritiva, sendo avaliadas indicadores de dispersão por meio da determinação da média, desvio-padrão, erro-padrão e coeficiente de variação de cada propriedade química mensurada.

1.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.5.1. Composição química de resíduos agroindustriais

As propriedades químicas dos diferentes resíduos utilizados na elaboração do biofertilizante Hortbio[®] são apresentadas na Tabela 1. Para facilitar a comparação com as fontes utilizadas, os teores de macronutrientes no biofertilizante também são apresentados na Tabela 1. Como pode-se observar, cada resíduo apresentou características específicas entre eles, percebe-se que os resíduos de farelo de algodão, farelo de mamona e farinha de sangue possuem teores elevados de N, sendo 5,57; 6,72 e 12,34%, respectivamente. Devido aos maiores valores de P (44,88 g kg⁻¹), Mg (58,91 g kg⁻¹) e Ca (141,98 g kg⁻¹) na farinha de osso esse material é considerado uma importante fonte desses nutrientes para a composição do biofertilizante. As cinzas de madeira representaram as principais fontes de K (84,44 g kg⁻¹) e Ca (175,32 g kg⁻¹).

Contudo, a depender da fonte da matéria prima esses valores totais podem variar. Assim o maior teor de determinado elemento em qualquer resíduo não significa que é a

escolha adequada como, por exemplo, as cinzas de madeira que contém uma mistura elevada de sais, principalmente cátions de Ca, K, Fe, mas também se observa um elevado teor de Na que em concentrações elevadas podem ser tóxicas para a maioria das plantas superiores. Outro fator importante a ser lembrado é que os teores totais de nutrientes dos diferentes resíduos, não são totalmente solúveis e no momento de formar parte do biofertilizante, a biodigestão pode interferir ao longo do processo tornando-os indisponíveis.

Tabela 1. Propriedades químicas de diferentes matérias primas utilizadas na elaboração do biofertilizante aeróbico Hortbio®

Materiais ^a	-----% -----			----- g kg ⁻¹ -----				
	N	C	P	K	Ca	Mg	S	Na
F. Algodão	5,57 ± 0,98	32,32 ± 0,98	7,45 ± 0,22	16,58 ± 0,67	2,06 ± 0,03	4,46 ± 0,18	2,78 ± 0,04	0,38 ± 0,05
F. Mamona	6,72 ± 0,29	27,94 ± 0,25	7,50 ± 0,34	14,44 ± 0,61	6,40 ± 0,08	5,37 ± 0,18	4,03 ± 0,19	0,54 ± 0,10
F. Milho	1,11 ± 0,50	-	1,13 ± 0,06	3,80 ± 0,10	0,19 ± 0,03	0,52 ± 0,004	0,83 ± 0,01	0,49 ± 0,02
F. Sangue	12,34 ± 0,49	35,37 ± 0,43	2,32 ± 0,38	5,40 ± 0,18	5,26 ± 0,42	0,22 ± 0,02	5,01 ± 0,25	15,42 ± 0,5
F. Sementes	4,88 ± 0,03	38,91 ± 1,57	4,35 ± 0,48	34,83 ± 0,79	4,02 ± 0,33	2,53 ± 0,34	2,62 ± 0,50	1,04 ± 0,01
F. Osso	0,03 ± 0,01	2,22 ± 0,01	44,88 ± 1,55	ND	141,98 ± 13,2	55,55 ± 4,30	4,34 ± 0,06	3,49 ± 0,18
Cinza	0,040 ± 0,01	-	7,62 ± 0,07	84,44 ± 1,25	175,32 ± 3,42	34,53 ± 2,33	6,64 ± 0,18	21,62 ± 0,16
Hortbio®	4,5	20,00	0,81	2,93	3,91	1,00	0,46	-

ND = não detectado; valores médios ± erro padrão; n = 3; a = resíduos agroindustriais.

Nitrogênio

O teor de N dos resíduos de farinha de sangue, farelo de mamona e sementes trituradas superam em 20, 11 e 8 vezes os teores médios presentes em esterco fresco de gado, búfalo e cabra respectivamente, caracterizado por Nath et al. (2009). Andrade et al. (2017), caracterizou esterco de gado após um período de compostagem de 35 dias. E ao comparar com os teores de N da farinha de sangue do presente estudo foi dez vezes inferior. A caracterização de resíduos de alimentos urbanos evidenciou um teor de N similar àqueles observados na farinha de milho, e cinco vezes menor ao teor de N da farinha de sangue (MA et al., 2017). Ao ser comparado com resíduos de frutos do mar, a farinha de sangue também apresenta duas vezes mais N na sua composição (FATIMA et al., 2018).

Com a caracterização de outras fontes de nutrientes é possível a mistura de um material de menor concentração com outro mais enriquecido, facilitando práticas de adubação pela redução das quantidades aplicadas, como observado no trabalho de Chatterjee (2015). Que para alcançar uma produtividade de 11 t ha⁻¹ de alface foram aplicados 20 t ha⁻¹ de esterco bovino. E, com a adição da farinha de sangue (proporção 1:1) reduziria a dose em 10 vezes, ou seja, seria necessária a aplicação de 10 toneladas de esterco mais 0,5 t ha⁻¹ de farinha de sangue.

Cabe destacar a importância de estudar outras fontes do nutriente em questão também por não existirem fontes minerais ricas em nitrogênio que sejam permitidas pela legislação brasileira no que tange á agricultura orgânica, diferente do que ocorre com outros nutrientes como o P, K, Ca, Mg, que são encontrados em fontes minerais como rochas fosfatadas, potássicas, e calcários.

Fósforo

O P é um nutriente importante na produção agrícola, cuja fonte principal é mineral não-renovável e não substituível, demandando estratégias que permitam reusar ou reciclar esse nutriente (WITHERS et al., 2015). De acordo com Mattar et al. (2014), a farinha de osso é uma fonte que pode ser potencialmente utilizável como fertilizante e é constituída predominantemente por hidroxiapatita [Ca₅(PO₄)₃(OH)].

O teor de P total da farinha de osso encontrado no trabalho foi de 45 g kg⁻¹ (Tabela 1), inferior ao intervalo de 50 a 160 g kg⁻¹ apresentado no trabalho de Möller (2015). Foram observadas outras formas de transformação da farinha de ossos como cinzas ou o biochar, que enriqueceram os teores de P, superando duas vezes os valores encontrados na farinha de osso do estudo (MÖLLER, 2015; SIMONS et al., 2017).

Ylivainio et al. (2008) testaram a farinha de osso, esterco de gado e superfosfato simples, como fonte de P no cultivo de pastagem e evidenciaram similar produção a partir do terceiro ano de condução. Do mesmo modo Chen et al. (2011), ao avaliar a aplicação de fertilizante convencional e farinha de carne e osso nas culturas de trigo e cevada, não observaram diferenças significativas na produção das duas culturas.

Potássio

As cinzas de madeira foram as principais fontes de K entre os materiais estudados ($84,44 \text{ g kg}^{-1}$) (Tabela 1). Além das cinzas, a farinha de sementes representou a segunda fonte mais rica em K (34 g kg^{-1}). Os teores de K das cinzas do estudo foram duas a três vezes superiores aos encontrados em cinzas de casca de abeto e ao valor médio de cinzas de madeira de um grande banco de dados na Suécia (KWIATON et al., 2014; VESTERGÅRD et al. 2018). Basak et al. (2018) e Lima et al. (2007) caracterizaram pó de rocha de mica feldspato e biotita, respectivamente, e obtiveram teores de K próximos a 16 g kg^{-1} , que, ao serem comparados com os teores apresentados no presente estudo para cinzas de madeira e farinha de sementes, são seis e duas vezes inferiores, respectivamente.

Quando comparadas com fontes minerais solúveis como o KCl, os teores de K nas cinzas de madeira e farinha de sementes são cerca de cinco vezes menores. Por outro lado, cama de frango compostada obtida por Mekki et al. (2017) apresentou menores teores de K comparada às principais fontes desse nutriente no presente estudo (cinzas e farinha de sementes). Na agricultura, rochas potássicas são as principais fontes de potássio usadas na fabricação de fertilizantes, mas seus impactos ambientais durante a mineração, são motivo de preocupação (SHARMA et al., 2018). No ano 2010 o Brasil importou aproximadamente 90% desse mineral (IBRAM, 2011). A procura para substituir parcialmente esse nutriente com outras matérias-primas consideradas como resíduos de diferentes atividades podem minimizar esses impactos.

Cálcio

As principais fontes de Ca no presente estudo foram farinha de osso e cinzas com teores de 14 e 17%, respectivamente (Tabela 1). Vestergård et al. (2018) e Qin et al. (2017) que caracterizaram cinzas de resíduos de madeira encontraram teores de Ca próximos aos obtidos neste trabalho, de 12%. Mattar et al. (2014) evidenciaram maiores concentrações de Ca (30%) em cinzas de ossos. Kolahchi e Jalali (2012) caracterizaram oito diferentes resíduos agroindustriais encontrando teores de Ca de 0,4% em resíduos de beterraba e 8% no esterco aviário. Pesquisas consistentes dos benefícios da adição de cinzas de diferentes

resíduos (madeira, bagaço de cana, casca de arroz, oliveira) revelam a influência positiva da adição nas culturas. No solo, por exemplo, evidencia-se um aumento do pH (QIN et al., 2017) do carbono orgânico, seus estoques (GOMEZ et al., 2016; BENBI et al., 2017; GAO et al., 2016), e do carbono inorgânico. Foi observado também uma diminuição de emissões de CO₂ (ZHAO et al., 2017), aumento de macronutrientes (NOYCE et al., 2016) e consequentemente, maior produtividade das culturas.

Sódio

Os maiores teores de Na foram obtidos nas cinzas, seguidos pela farinha de sangue, farinha de ossos e farinha de sementes (Tabela 1). As demais matérias primas apresentaram valores de Na menores que 1 g kg⁻¹. A presença de Na na planta ajuda na expansão celular, balanço de água e regulação osmótica (SUBBARAO et al., 2010). Apesar da sua importância, a presença elevada desse elemento contribui para o aumento da salinidade do biofertilizante, aumentando a condutividade elétrica do solo, e reduzindo significativamente o rendimento da maioria das culturas (MUNNS; TESTER, 2008). As hortaliças, em geral, são sensíveis ao aumento da condutividade elétrica do solo (COLLA et al., 2015). A salinidade é um fenômeno complexo que afeta os processos metabólicos da planta, alterando os parâmetros fisiológicos e bioquímicos (NEVES et al., 2017).

Micronutrientes

As limitações na produção agrícola provocadas pela deficiência de micronutrientes já foi reportada em solos de diferentes partes do mundo, como na América do Sul (FAGERIA; NASCENTE, 2014) e na Índia (DWIVEDI et al., 2016). As fontes caracterizadas no presente estudo contêm altos teores de micronutrientes como Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) (Tabela 2).

Tabela 2. Micronutrientes em diferentes matérias primas utilizadas na elaboração do biofertilizante Hortbio®

Materiais ^a	Fe	Mn	mg kg ⁻¹		
			Co	Cu	Zn
F. Algodão	80,80 ± 6,51	14,30 ± 0,09	ND	ND	50,91 ± 1,56
F. Mamona	202,67 ± 20,66	54,93 ± 2,28	ND	ND	109,44 ± 3,81
F. Milho	63,13 ± 2,08	2,65 ± 0,06	ND	ND	11,81 ± 0,61
F. Sangue	3453,33 ± 124,93	13,67 ± 0,94	ND	ND	27,77 ± 1,49
Sementes	172,67 ± 29,01	29,97 ± 5,00	ND	ND	58,44 ± 6,43
F. Osso	823,67 ± 117,3	27,33 ± 0,97	ND	ND	ND
Cinza	15133,3 ± 777,9	1096,67 ± 2,72	ND	706,40 ± 85,96	276,77 ± 21,56
Hortbio®	121,15	ND	ND	ND	8,76

ND= não detectado; valores médios ± erro padrão; n = 3; a = resíduos agroindustriais.

A farinha de sangue e as cinzas apresentaram altos teores de Fe, com valores de 3453,33 e 15133,33 mg kg⁻¹, respectivamente. Os maiores fornecimentos de Mn (1096,67 mg kg⁻¹) e Zn (276,77 mg kg⁻¹) são também observados nas cinzas. Já a farinha de milho contém os menores teores de Fe, Mn e Zn dentre todos os resíduos caracterizados (Tabela 2).

As cinzas de madeira destacam-se como principais fornecedores de Zn (276,77 mg kg⁻¹) e o farelo de mamona (109,4 mg kg⁻¹) (Tabela 2). Estudos de outros autores destacam como fornecedores de Zn: o esterco de porco e galinha, com teores que variam de 65 a 72 mg kg⁻¹ (VOÇA et al., 2005), esterco de gado com teores próximos a 250 mg kg⁻¹ (ALBURQUERQUE et al., 2012) e, em resíduos urbanos os teores de Zn foram 30 mg kg⁻¹ (MA et al., 2017). Na Inglaterra no ano 2002 aproximadamente 40% das entradas de Zn para a produção agrícola foram fornecidas por esterco das diferentes atividades pecuárias (NICHOLSON et al., 2003).

Nos principais materiais fornecedores de Fe, como as cinzas e farinha de sangue, foram observados teores de 15 g kg⁻¹ e 3 g kg⁻¹ respectivamente. Mondal et al. (2015) encontraram teores de Fe do vermicomposto de resíduos urbanos e no esterco de gado de 0,9 g kg⁻¹ e 0,7 g kg⁻¹, respectivamente. Teores de Fe em produtos convencionais fornecedores de micronutrientes como o Quelatec contém 7,5% de Fe. Isto é cinco vezes maior do que a concentração apresentada pelas cinzas de madeira, principal fonte de ferro utilizada no presente estudo.

Metais pesados

Na Tabela 3 são apresentados os teores de metais pesados nas diferentes fontes orgânicas, e os valores máximos permitidos pelo Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento do Brasil (MAPA), Decreto N° 4.954 de 2004, que regulamenta a Lei no. 4.954 de 1980 e dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. Além disso, os teores de metais pesados no biofertilizante produzido a partir das matérias-primas também são apresentados na Tabela 3. Observou-se que dentre todos os resíduos caracterizados, o farelo de mamona e a farinha de sementes apresentaram teores elevados de cádmio, sendo $109,9 \text{ mg kg}^{-1}$ e $26,7 \text{ mg kg}^{-1}$ respectivamente. Na farinha de algodão e de ossos e nas cinzas os teores de Cd foram inferiores ao limite de quantificação (LQ) do método analítico.

Tabela 3. Metais pesados em diferentes matérias primas utilizadas na elaboração de biofertilizantes

Metais pesados	F.Algo	F. Mamona ^c	F. Milho ^c	F.Sangue ^c	Semente ^c	F.Osso ^c	Cinzas ^c	Decreto 4.954 ^a	CONAMA n° 460 ^b	Hortbio ^d
	----- mg kg ⁻¹ -----									
Cd*	LQ	$109,9 \pm 0,00$	$0,91 \pm 0,36$	$4,9 \pm 0,6$	$26,7 \pm 2,3$	LQ	LQ	3	3	0,1
Cu	LQ	LQ	LQ	LQ	LQ	LQ	$706,4 \pm 85,9$	--	200	LQ
Ni	LQ	LQ	LQ	LQ	LQ	LQ	LQ	70	70	LQ
Pb	LQ	LQ	$3,9 \pm 1,3$	LQ	LQ	LQ	LQ	150	180	LQ

LQ = abaixo do limite de quantificação; valores médios \pm erro padrão; $n = 3$; a: Decreto n° 4.954.de 2004 Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo; b: Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA Resolução 420 de 2009, Valores máximos de contaminantes admitidos no solo; c = resíduos agroindustriais; * Limite de quantificação (LQ): Cd > $0,03 \text{ mg L}^{-1}$, Ni > $0,05 \text{ mg L}^{-1}$, Pb > $0,04 \text{ mg L}^{-1}$

Estes teores elevados de Cd na farinha de mamona são alarmantes uma vez que esse elemento químico é altamente tóxico e essa matéria prima é muito utilizada nas formulações de bioinsumos. A mamona (*Ricinus communis*) é recomendada como cultura utilizada para remediação de áreas contendo Cd devido sua bioacumulação (HUANG et al., 2011). Bauddh e Singh (2015) e Kumar et al. (2016) reportaram também teores elevados de Cd que prevalecem no farelo de mamona evidenciando seu potencial como um bom

fitoremediador ou hiperacumulador para várias substâncias químicas tóxicas orgânicas e inorgânicas.

A presença de metais pesados, acima dos limites permitidos, pode limitar o uso das diferentes matérias primas caracterizadas. A utilização de alguns resíduos com elevado teor de metais pode levar à contaminação do solo, além de possibilitar o acúmulo desses metais tóxicos nas raízes das plantas (DU et al., 2018). Nesse sentido, o farelo de mamona apresenta risco de contaminação devido aos elevados teores de cádmio. Considerando o cultivo da alface como exemplo, para uma produção de 21 t ha⁻¹ são necessários 150 kg ha⁻¹ de N (GUIMARÃES et al., 1999). Se todo este N for aplicado utilizando o farelo de mamona seria adicionado ao solo 279,8 mg de Cd, ultrapassando numa única aplicação o limite máximo de 3 mg kg⁻¹ de solo, preconizado na resolução nº 460 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Em razão disso é importante buscar a procedência da farinha de mamona, procurando adquirir aquelas que foram plantadas em áreas livres de contaminação de Cd.

1.5.2. Características físicas e químicas de biofertilizantes obtidos com diferentes matérias primas

Esta abordagem facilita a comparação entre diferentes resíduos de origem vegetal, animal, agroindustrial ou urbano. Na Tabela 4 é apresentada uma compilação da composição química de diversos biofertilizantes produzidos a partir de diferentes formulações.

Tabela 4. Valores de pH, CE, e concentração de elementos químicos presentes em diferentes biofertilizantes originados de diferentes resíduos agroindustriais

Nº biofertilizante	pH	CE dS m ⁻¹	C	N	C/N	P	K	S	Ca	Mg	Fe	Na	Zn	Cd	Pb	Fonte de informação
1	6	5,9	20,3	4,5	4,5	0,81	2,93	0,46	3,91	1,00	121,15	-	8,76	0,1	-	Biofertilizante Hortbio®
2	7,6	11,2	-	1,8	-	0,43	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	(Cestonaro et al., 2015)
3	6,27	-	-	87,0	-	6,3	14,7	5,5	0,31	0,52	-	9600	1,58	-	-	(Haraldsen et al., 2011)
4	8,02	-	-	2,2	-	0,23	1,13	0,10	0,73	0,14	-	640	1,15	-	-	(Haraldsen et al., 2011)
5	-	-	1,4	0,2	7	-	0,075	-	0,55	0,13	0,01	-	-	-	-	(Caetano et al., 2017)
6	6,8	-	15,4	1,64	9,39	0,068	0,420	-	-	0,064	6,5	-	1,6	0,23	0,87	(Xu et al., 2014)
7	5,25	7,1	-	8,0	-	0,40	6,95	-	1,08	0,72	-	-	-	-	-	(Andrade et al., 2017)
8	-	6,16	-	-	-	-	0,82	0,19	0,45	0,12	-	205,67	-	-	-	(Medeiros et al., 2011)
9	-	-	-	1,8	-	0,25	3	0,35	-	0,12	-	350	-	-	-	(Dębska et al., 2016)
10	6,77	5,34	4,0	0,5	8	0,54	0,32	-	0,217	0,12	9,56	130	-	-	-	(Islas-Valdez et al., 2017)
11	-	-	-	1,4	-	0,80	0,42	0,60	4,93	0,55	1,02	-	5,33	0,13	0,33	(Rodríguez-Morgado, 2015)
12	-	-	-	2,2	-	0,93	0,3	0,5	2,8	0,42	0,62	-	3,0	0,07	0,22	(Rodríguez-Morgado et al., 2015)
13	5,01	6,93	30,5	20,7	2	2,22	19,24	-	-	-	-	33980	-	-	-	(Inoue et al., 2011)
14	7,2	9,69	18,0	2,1	8,62	0,002	1,40	-	3,75	0,003	0,18	-	62	-	-	(Mekki et al., 2017)
15	8,1	-	2,3	0,4	6	0,50	0,70	0,24	0,58	0,26	6,36	-	3,72	-	-	(Bócoli et al., 2016)
CV (%)	15,2	26,8	77,3	229,8	36,7	155,5	151,1	172,4	94,5	90,1	215,0	164,7	178,6	45,4	60,0	

1 = Biofertilizante Hortbio®; 2 = Esterco ovino (50%) e bovino (50%); 3 = Proteína hidrolisada de salmão; 4 = Resíduos urbanos digestão anaeróbica; 5 = Resíduos de suínos; 6 = Águas residuais do processamento da batata doce; 7 = Esterco fresco de vacas lactantes, rocha fosfórica, farinha sementes de leguminosas, cinza de madeira, leite, açúcar; 8 = Esterco de vacas lactantes repousada 30 dias, melaço de cana, leite, gesso agrícola; 9 = UG max; 10 = esterco de coelho; 11 = Lodo de resíduos repousado por um ano aeróbico (auto clavado); 12 = Lodo de resíduos fresco aeróbico (auto clavado); 13 = Manipueira; 14 = Águas residuais azeitona e esterco desidratado de aves; 15 = Águas residuais criadouros de porcos

A variação observada na composição dos diferentes biofertilizantes mostra claramente relação direta com as matérias primas utilizadas. O coeficiente de variação foi tomado como referência, que é utilizado para analisar a dispersão de forma a expressar a variabilidade entre as diferentes composições dos biofertilizantes estudados. As maiores variações encontradas dizem respeito aos teores de N (229%), seguido dos teores de Fe (215%), Zn (178,4%), S (172,4%), Na (164,7%), P (155,5%), K (151,1%), Ca (94,5%), Mg (90,1%), Pb (60%) Cd (45,4%), relação C/N (36,7%), condutividade elétrica (26,8 %) e pH (15,2%). Esses resultados mostram o quão variável são as composições químicas dos biofertilizantes dispostos na literatura científica, o que, por sua vez, implica em necessidade de adequação do manejo da adubação a depender do insumo gerado.

Apesar do coeficiente de variação da relação C/N ser relativamente alto (36,7%), os resultados das relações C/N são relativamente baixos variando de 2 a 9,4% indicando que ocorre uma mineralização dos nutrientes que possuem os biofertilizantes. Tais informações são importantes, já que podem definir insumos mais promissores para uso em cultivos de ciclo curto ou longo. Assim, insumos que apresentem uma baixa relação C/N poderiam disponibilizar os nutrientes em um período de tempo menor, sendo mais adequada para cultivos de ciclo curto, conveniente para algumas hortaliças. Por outro lado, aqueles que apresentem relação C/N maior podem ser utilizados para cultivos de ciclo longo como, pois os nutrientes seriam gradualmente liberados. É por isso que no levantamento de dados secundários ao avaliar as diferentes características dos biofertilizantes, observou-se que a aplicação deste bioinsumo é diversa. Os tipos de cultura variaram entre cereais 60%, hortaliças 20% e frutas 20%.

Dentre os biofertilizantes detalhados na Tabela 4 pode-se agrupá-los em dois grandes grupos, o primeiro a base esterco de diferentes animais e o segundo de águas residuárias agroindustriais e domiciliares ricas em nutrientes, como processamento de mandioca, azeitona, batata doce e resíduos domésticos. Uma média das concentrações dos principais nutrientes N, P, K, Ca do primeiro grupo foi de 2,6; 0,5; 2,1; e 1,1 g L⁻¹ respectivamente. No mesmo grupo, essa variabilidade química ainda é observada, por exemplo, dois tipos de biofertilizantes de esterco bovino apresentam uma grande variabilidade de concentrações de N, com valores variando de 1,8 a 8 g L⁻¹ (CESTONARO et al., 2015; ANDRADE et al., 2017). No segundo grupo, em média, as concentrações foram superiores para todos os nutrientes 15; 1; 5; 3 g L⁻¹, sendo que o biofertilizante hidrolisado de resíduos de processamento de salmão é um dos maiores

fornecedores de N e P. O biofertilizante aeróbico estudado é o quarto com maior potencial em fornecer N com uma concentração $4,5 \text{ g L}^{-1}$, após os biofertilizantes de proteína hidrolisada de salmão (87 g L^{-1}), biofertilizante de resíduos de processo de mandioca ($20,7 \text{ g L}^{-1}$), e biofertilizante de esterco bovino (8 g L^{-1}).

Ao observar as concentrações de dois biofertilizantes de esterco bovino (números 2 e 7), destaca-se grande variabilidade das concentrações de N desses materiais, com valores de $1,8$ e 8 g L^{-1} , respectivamente. De maneira geral, a heterogeneidade na composição de biofertilizantes está ligada às características químicas e físicas da matéria-prima, como a relação C/N inicial desses materiais (POLPRASERT, 2016), e os valores da CE e pH (MANYUCHI et al., 2013; ERSSES et al., 2008). Kiehl (1985) afirma que os adubos orgânicos podem variar muito em composição, taxa de mineralização e teor de N disponível, fatores que por sua vez sofrem influência das condições ambientais e que demanda uma maior atenção na caracterização.

Percebe-se também a falta de informação da presença ou não de metais pesados nos diferentes biofertilizantes. Na Inglaterra, um inventário das principais fontes com possíveis concentrações de metais pesados como lodo de esgoto, esterco, cal, agroquímicos, resíduos agroindustriais e compostos revelou que o uso contínuo de resíduos como lodo de esgoto e esterco (bovino e suíno) elevaria as concentrações de metais pesados ao limite máximo permitido em um menor tempo (NICHOLSON et al., 2003).

A variabilidade das fontes pode explicar a queda ou instabilidade da produção, com consequência direta na rentabilidade do produtor. Além disso, a falta de testes e informações na busca de uma padronização limita a sua exploração. Portanto, a busca de mecanismos para uma padronização das formulações torna-se imprescindível. Além disso, uma alternativa seria trabalhar com recomendações utilizando o menor valor observado para que se garanta o fornecimento adequado de determinado nutriente.

1.6. CONCLUSÕES

- Os resultados mostraram que há uma falta de padronização no teor de nutrientes de diferentes biofertilizantes, decorrente da grande variabilidade de matérias-primas normalmente utilizadas nas formulações.

- É plausível comparar as matérias-primas do biofertilizante Hortbio® com outras relatadas na literatura, como fontes ricas em fornecer nutrientes, as maiores concentrações de K, Ca, Mg, Fe foram observadas no biofertilizante.
- Altos níveis de Cd foram encontrados no resíduo da farinha de mamona são alarmantes, pois esse elemento é altamente tóxico, além de ser um resíduo que é amplamente utilizado na formulação de insumos biológicos.
- Conclui-se também que a geração de inventários detalhados com a composição química das matérias-primas e biofertilizantes produzidos é um pré-requisito para a correta recomendação de insumos biológicos na agricultura.

1.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBURQUERQUE, J. A.; FUENTE, C.; CAMPOY, M.; CARRASCO, L.; NÁJERA, I.; BAIXAULI, C.; CARAVACA, F.; ROLDÁN, A.; CEGARRA, J.; BERNAL, M. P. Agricultural use of digestate for horticultural crop production and improvement of soil properties. **European Journal of Agronomy**, v. 43, p. 119-128, 2012.

AMA BRASIL. Available online: <http://amabrasil.agr.br/web/portfolio-item/producao-e-importacao-de-fertilizantes/> (accessed 22/11/2018).

ANDRADE, F. H. A.; ALVES, A. S.; ARAUJO, C. S. P.; SOUSA, V. F. O.; OLIVEIRA, D. S.; NETO, B. M. A.; SILVA, F. A.; MORAIS, R. R. Cattle manure and liquid biofertilizer for biomass production of yellow passion fruit seedlings. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, p. 1430-1436, 2017.

ANSARI, M. F.; TIPRE, D. R.; DAVE, S. R. Efficiency evaluation of commercial liquid biofertilizers for growth of *Cicer arietinum* (chickpea) in pot and field study. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 4, p. 17-24, 2015.

BASAK, B. B.; SARKAR, B.; SANDERSON, P.; NAIDU, R. Waste mineral powder supplies plant available potassium: Evaluation of chemical and biological interventions. **Journal Geochemical Exploration**, v. 186, p. 114-120, 2018.

BAUDDH, K.; SINGH, R. P. Effects of organic and inorganic amendments on bioaccumulation and partitioning of Cd in *Brassica juncea* and *Ricinus communis*. **Ecological Engineering**, v. 74, p. 93-100, 2015.

BENBI, D. K.; THIND, H. S.; SHARMA, S.; BRAR, K.; TOOR, A. S. Bagasse ash application stimulates agricultural soil C sequestration without inhibiting soil enzyme activity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 48, p. 1822-1833, 2017.

Biofertilizers Market Size, Share & Trends Analysis Report by Product (Nitrogen Fixing, Phosphate Solubilizing), By Application (Seed Treatment, Soil Treatment), And

Segment Forecasts, 2012-2022. Available online: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/biofertilizers-industry> (accessed: 12/09/2018).

BÓCOLI, M. E.; MANTOVANI, J. R.; MIRANDA, J. M.; MARQUES, D. J.; SILVA, A. B. Soil chemical properties and maize yield under application of pig slurry biofertiliser. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 42-48, 2016.

BOMFIM, C.A. **Biofertilizante Hortbio®: Características microbiológicas e efeito na qualidade da alface. Dissertação**, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

BRASIL. Decreto nº. 4.954, de 14 de Janeiro de 2004. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, Seção 1, p. 2.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 420. Define critérios e valores orientadores de qualidade do solo, quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes no gerenciamento ambiental. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2009.

BURAGOHAIN, S.; SARMA, B.; NATH, D. J.; GOGOI, N.; MEENA, R. S., LAL, R. Effect of 10 years of biofertiliser use on soil quality and rice yield on an Inceptisol in Assam, India. **Soil Resource**, v. 56, p. 49-58, 2018.

CARVALHO, T.; DE ZEN, S. A cadeia de pecuária de corte no Brasil: evolução e tendências. **Rev iPecege**, v. 3, p. 85-99, 2017.

CESTONARO, T.; COSTA, M. S. S.; COSTA, L. A.; ROZATTI, M. A. T.; PEREIRA, D. C.; LORIN, H. E. F.; CARNEIRO, L. J. The anaerobic co-digestion of sheep bedding and $\geq 50\%$ cattle manure increases biogas production and improves biofertiliser quality. **Waste Management**, v. 46, p. 612-618, 2015.

CHATTERJEE, R. Influence of nutrient sources on growth, yield and economics of organic lettuce production under foothills of eastern Himalayan region. **Emirates Journal Food and Agriculture**, v. 27, p. 460-462, 2015.

CHEN, L.; KIVELÄ, J.; HELENIUS, J.; KANGAS, A. Meat bone meal as fertilizer for barley and oat. **Agricultural and Food Science**, v. 20, p. 235-244, 2011.

CORVELLEC, H. Sustainability objects as performative definitions of sustainability: The case of food-waste-based biogas and biofertilizers. **Journal and Material Science**, v. 21, p. 383-401, 2016.

DĘBSKA, B.; DŁUGOSZ, J.; PIOTROWSKA-DŁUGOSZ, A.; BANACH-SZOTT, M. The impact of a bio-fertilizer on the soil organic matter status and carbon sequestration-results from a field-scale study. **Journal of Soils and Sediments**, v. 16, p. 2335-2343, 2016.

DU, C.; ABDULLAH, J. J.; GREETHAM, D.; FU, D.; YU, M.; LI, S.; LU, D. Valorization of food waste into biofertiliser and its field application. **Journal of Cleaner Production**, p. 1-51, 2018.

DWIVEDI, B. S.; SINGH, V. K.; MEENA, M. C.; DEY, A.; DATTA, S. P. Integrated nutrient management for enhancing nitrogen use efficiency. **Indian Journal of Fertilizers** v. 12, p. 62-71, 2016.

Empresa Brasileira de Pesquisa (EMBRAPA) 2018. Available online: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/946012/1/folder20hortbio.pdf>
Acesso online (11/10/2018).

FAGERIA, N. K.; NASCENTE, A. S. Management of soil acidity of South American soils for sustainable crop production. **Advances in Agronomy**, v. 128, p. 221-275, 2014.

FATIMA, B.; ZAHRAE, M. F.; RAZOUK, R. Chitin/Chitosan's bio-fertilizer: Usage in vegetative growth of wheat and potato crops. **IntechOpen**, p. 331-354, 2018.

FESS, T. L.; BENEDITO, V. A. Organic versus conventional cropping sustainability: A comparative system analysis. **Sustainability**, v. 10, p. 1-42, 2018.

GAO, S.; HOFFMAN-KRULL, K.; BIDWELL, A. L.; DELUCA, T. H. Locally produced wood biochar increases nutrient retention and availability in agricultural soils of the San Juan Islands, USA. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 233, p. 43-54, 2016.

GÓMEZ-MUÑOZ, B.; VALERO-VALENZUELA, J. D.; HINOJOSA, M. B.; GARCÍA-RUIZ, R. Management of tree pruning residues to improve soil organic carbon in olive groves. **European Journal of Soil Biology**, v. 74, p. 104-113, 2016.

GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H.; RIBEIRO, A. C. **Recomendações para o uso corretivos e fertilidade em Minas Gerais – 5ª Aproximação**, p.13-20, 1999.

HARALDSEN, T. K.; ANDERSEN, U.; KROGSTAD, T.; SØRHEIM, R. Liquid digestate from anaerobic treatment of source-separated household waste as fertilizer to barley. **Waste Management and Research**, v. 29, p. 1271-1276, 2011.

HUANG, H.; YU, N.; WANG, L.; GUPTA, D. K.; HE, Z.; WANG, K.; ZHU, Z.; YAN, X.; LI, T.; YANG, X. The phytoremediation potential of bioenergy crop *Ricinus communis* for DDTs and cadmium co-contaminated soil. **Bioresource Technology**, v. 102, p. 11034-11038, 2011.

IBRAM, Instituto Brasileiro de Mineração 2011. **Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira**, ed. 6ª edição, 2011.

INOUE, K. R. A.; SOUZA, C. F.; MATOS, A. T.; SANTOS, N. T.; FERREIRA, W. F. M. Concentração de nutrientes em plantas de milho, adubadas com biofertilizantes, obtidos na digestão anaeróbia da manipueira. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 19, p. 236-243, 2011.

ISLAS-VALDEZ, S.; LUCHO-CONSTANTINO, C. A.; BELTRÁN-HERNÁNDEZ, R. I.; GÓMEZ-MERCADO, R.; VÁZQUEZ-RODRÍGUEZ, G. A.; HERRERA, J. M.; JIMÉNEZ-GONZÁLEZ, A. Effectiveness of rabbit manure biofertilizer in barley crop yield. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, p. 25731-25740, 2017.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492 p

KOLAHCHI, Z.; JALALI, M. Kinetics of nutrient release from different organic residues using a laboratory system. **Archive of Agronomy and Soil Science**, v, 58, n. 9, p. 1013-1031, 2012.

KUMAR, M.; JHA, A. K.; HAZARIKA, S.; VERMA, B. C.; CHOUDHURY, B. U.; RAMESH, T.; MOIRANGTHEM, P.; KUMAR, R.; BRAJENDRA.; RAJKHOWA, D. J.; KUMAR, A.; DEVI, M. H. Micronutrients (B, Zn, Mo) for Improving Crop Production on Acidic Soils of Northeast India. **National Academy Science Letters**, v. 39, p. 85-89, 2016.

JASTRZEBSKA, M.; SAEID, A.; KOSTRZEWSKA, M. K.; BAŚLADYŃSKA, S. New phosphorus biofertilizers from renewable raw materials in the aspect of cadmium and lead contents in soil and plants. **Open Chemistry Journal**, v. 16, p. 35-49, 2018.

KWIATON, M.; HAZLE, P.; MORRIS, D.; FLEMING, R.; WEBSTER, K.; VENIER, L.; AUBIN, I. **Island Lake Biomass Harvest Research and Demonstration Area: Establishment Report - Information Report GLC-X-11**. Canadian Forest Service, Natural Resources Canada, p. 82. 2014.

LIMA, R. C. M.; STAMFORD, N. P.; SANTOS, C. E. R. S.; JUNIOR, M. A. L.; DIAS, S. H. L. Eficiência e efeito residual de biofertilizantes de rochas com PK e enxofre com *Acidithiobacillus* em alface. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 402-407, 2007.

LOPES, L. M.; CARDOSO, S. S.; LUCAS, F. T.; MELO, A. V. Effect of application leaf in biofertilizers in the arugula seedlings production under different substrates. **Nucleus**, v. 14, p. 177-188, 2017.

MA, Y.; YIN, Y.; LIU, Y. New insights into co-digestion of activated sludge and food waste: Biogas versus biofertilizers. **Bioresource Technology**, v. 241, p. 448-453, 2017.

MALUSÁ, E.; SAS-PASZT, L.; CIESIELSKA, J. Technologies for beneficial microorganisms inocula used as biofertilizers. **The Scientific World Journal**, p. 1-12, 2012.

MANCIULEA, I.; DUMITRESCU, L.; BOGATU, C.; DRAGHICI, C.; LUCACI, D. Compost based on biomass wastes used as biofertilizers or as sorbents. **Nearly Zero Energy Communities**, v. 1, p. 566-585, 2018.

MATTAR, E. P. L.; JUNIOR, F. E. F.; OLIVEIRA, E. Caracterização físico-química de cinza de osso bovino para avaliação do seu potencial uso agrícola. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, p. 65-70, 2014.

MANYUCHI, M. M.; CHITAMBWE, T.; PHIRI, A.; MUREDZI, P.; KANHUKAMWE, Q. Effect of vermicompost, vermiwash and application time on soil physicochemical properties. **International Journal of Chemical and Environmental Engineering**, v. 4, p. 216-220, 2013.

MEDEIROS, R. F.; CAVALCANTE, L. F.; MESQUITA, F. O.; RODRIGUES, R. M.; SOUSA, G. G.; DINIZ, A. A. Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 505-511, 2011.

MEKKI, A.; AROUS, F.; ALOUI, F.; SAYADI, S. Treatment and valorization of agro-wastes as biofertilizers. **Waste and Biomass Valorization**, v. 8, p. 611-619, 2017.

MÖLLER, K. Assessment of alternative phosphorus fertilizers for organic farming: meat and bone meal. **Improve**. Institute of crop Science University Hohenheim, p. 1-8, 2015.

MONDAL, T.; DATTA, J. K.; MONDAL, N. K. An alternative eco-friendly approach for sustainable crop production with the use of indigenous inputs under old alluvial soil

zone of Burdwan, West Bengal, India. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 61, p. 55-72, 2015.

MUNNS R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651-681, 2008.

NATH, G.; SINGH, K.; SINGH, D. K. Chemical analysis of vermicomposts/vermiwash of different combinations of animal, agro and kitchen wastes. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 3, p. 3671-3676. 2009.

NICHOLSON, F. A.; SMITH, S. R.; ALLOWAY, B. J.; CARLTON-SMITH, C.; CHAMBERS, B. J. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. **Science of the Total Environment**, v. 311, p 205-219, 2003.

NOYCE, G. L.; FULTHORPE, R.; GORGOLEWSKI, A.; HAZLETT, P.; TRAN, H.; BASILIKO, N. Soil microbial responses to wood ash addition and forest fire in managed Ontario forests. **Applied Soil Ecology**, v.107, p. 368-380, 2016.

ORTS, Á.; TEJADA, M.; PARRADO, J.; PANEQUE, P.; GARCÍA, C.; HERNÁNDEZ, T.; GÓMEZ-PARRALES, I. Production of biostimulants from okara through enzymatic hydrolysis and fermentation with *Bacillus licheniformis*: comparative effect on soil biological properties. **Environmental Technology**, p. 1-32, 2018.

PAIVA, P. E.; SÁ, F. V.; MESQUITA, E. F.; BARBOSA, M. A.; SOUTO, L. S.; SOUZA, M. F.; LOURIVAL, F. C.; BERTINO, A. M. P. Growth and efficiency of water use of papaya cultivars (*Carica papaya*. L.) under doses of bovine biofertilizer in hydroponics cultivation. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, p. 2315-2321, 2015.

POLECHÓNKA, L.; KLINK, A.; DAMBIEC, M.; RUDECKI, A. Evaluation of *Ceratophyllum demersum* as the accumulative bioindicator for trace metals. **Ecological Indicators**, v. 93, p. 274-281, 2018.

POLPRASERT, C. **Organic Waste Recycling Technology and Management Bangkok Thailand**. 3rd edition, 515p. 2007.

QIN, J.; FREDERIK, M.; EKELUND, F.; RØNN, R.; CHRISTENSEN, S.; ARJEN, G.; GROOT, D.; HINDBORG, L.; SKOV, S.; HENNING, P. Wood ash application increases pH but does not harm the soil. **Environmental Pollution**, v. 224, p. 581-589, 2017.

RAVINDRAN, R.; JAISWAL, A. K. Exploitation of food industry waste for high-value products. **Trends in Biotechnology**, v. 34, p. 58-69, 2016.

RAO, D.; BALACHANDAR, D.; THAKURIA, D. Soil biotechnology and sustainable agricultural intensification. **Indian Journal of Fertiliser**, v. 11, p. 87-105, 2015.

RODRÍGUEZ-MORGADO, B.; GÓMEZ, I.; PARRADO, J.; GARCÍA-MARTÍNEZ, A.M.; ARAGÓN, C.; TEJADA M. Obtaining edaphic biostimulants/biofertilizers from different sewage sludges. Effects on soil biological properties. **Environmental Technology**, v. 36, p. 2217-2226, 2015.

SIMONS, A. M.; BLALOCK, G.; NESIN, B. **Indigenous bone fertilizer for food security and growth**, Ithaca, NY, p.1-36, 2017.

SOUZA, C. C.; FRAINER, D. M.; NETO, J. F.; CARVALHO, L. M.; DOS SANTOS, H. W.; LEMES, L. H. B. Análise do padrão sazonal e da variação dos preços do milho aos produtores do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 40, p. 460-470, 2017.

SOUZA, J. T. A.; CAVALCANTE, L. F.; NUNES, J. K.; BECERRA, F. T. C.; NUNES, J. A. S.; SILVA, R. A.; ORESCA, D.; CAVALCANTE, G. A. Effect of saline water, bovine biofertilizer and potassium on yellow passion fruit growth after planting and on soil salinity. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 2994-3003, 2016.

SCHÜTZ, L.; GATTINGER, A.; MEIER, M.; MÜLLER, A.; BOLLER, T.; MÄDER, P.; MATHIMARAN, N. Improving crop yield and nutrient use efficiency via biofertilization - A global meta-analysis. **Frontier in Plant Science**, v. 8, p. 1-13, 2018.

SHARMA, L.; BRIGAITYTE, O.; HONER, K.; KALFAOGLU, E.; SLINKSIENE, R.; STREIMIKIS, V.; SVIKLAS, A.M.; BALTRUSAITIS, J. Carnallite-Derived Solid Waste as Potassium (K) and Magnesium (Mg) Source in Granulated Compound NPK Fertilizers. **Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 6, p. 9427-9433, 2018.

SUBBARAO, G. V.; ITO, O.; BERRY, W. L.; WHEELER, R. M. Sodium - A functional plant nutrient. **Critical Reviews in Plant Science**, v. 22, p. 391-416, 2003.

VESTERGÅRD, M.; BANG-ANDREASEN, T.; BUSS, S. M.; CRUZ-PAREDES, C.; BENTZON-TILIA, S.; EKELUND, F.; KJØLLER, R.; MORTENSEN, H. L.; RØNN, R. The relative importance of the bacterial pathway and soil inorganic nitrogen increase across an extreme wood-ash application gradient. **Global Change Biology Bioenergy**, v. 10, p. 320-334, 2018.

VOĆA, N.; KRIČKA, T.; ČOSIĆ, T.; RUPIC, V.; JUKIĆ, Ž.; KALAMBURA, S. Digested residue as a fertilizer after the mesophilic process of anaerobic digestion. **Plant, Soil and Environment**, v. 51, p. 262-266, 2005.

WANG, H. Y.; LIU, S.; ZHAI, L. M.; ZHANG, J. Z.; REN, T. Z.; FAN, B. Q.; LIU, H. Preparation and utilization of phosphate biofertilizers using agricultural waste. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, p. 158-167, 2015.

WITHERS, P. J. A.; ELSER, J. J.; HILTON, J.; OHTAKE, H.; SCHIPPER, W. J.; DIJK, K. C. Greening the global phosphorus cycle: How green chemistry can help achieve planetary P sustainability. **Green Chemistry**, v. 17, p. 2087-2099, 2015.

XIANG, W.; ZHAO, L.; XU, X.; QIN, Y.; YU, G. Mutual information flow between beneficial microorganisms and the roots of host plants determined the bio-functions of biofertilizers. **American Journal of Plant Sciences**, v. 3, p. 1115-1120, 2012.

YLIVAINIO, K.; UUSITALO, R.; TURTOLO, E. Meat bone meal and fox manure as P sources for ryegrass (*Lolium multiflorum*. L) grown on a limed soil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 81, p. 267-278, 2008.

ZHAO, H.; TIAN, X.; CHEN, Y.; DONG, J.; SHI, J. Effect of exogenous substances on soil organic and inorganic carbon sequestration under maize stover addition. **Soil Science and Plant Nutrition**; v. 00, p. 1-8, 2017.

CAPÍTULO II

Curly lettuce development, nutrient absorption and salinization tolerance in response to an aerobic biofertilizer produced from agro-industrial residues

Artigo aceito na revista: Australian Journal of Crop Science

2. PRODUTIVIDADE, ABSORÇÃO DE NUTRIENTES E TOLERÂNCIA À SALINIZAÇÃO EM RESPOSTA À BIOFERTILIZAÇÃO DE ALFACE CRESPA

2.1. RESUMO

Os biofertilizantes quando aplicados às plantas estimulam processos naturais que aumentam a absorção de nutrientes, a tolerância ao estresse abiótico e elevam a produção. A elaboração de biofertilizantes a partir de resíduos orgânicos é um caminho sustentável para redução desses materiais através da reciclagem. O presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos de um biofertilizante aeróbico produzido com resíduos agroindustriais no desenvolvimento agrônomico e nutricional de três cultivares de alface, bem como identificar a concentração e dose ótima do biofertilizante. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e o substrato utilizado foi a mistura de solo classificado como Latossolo Amarelo distrófico com textura argilosa, mais casca de arroz. No primeiro momento, devido à elevada condutividade elétrica (CE) observada no biofertilizante um primeiro experimento foi conduzido na procura de determinar a melhor diluição (0%, 5%, 10%, 15%, 20% e 100%) para três cultivares de alface (BRS Leila, BRS Lélia e BRS Mediterrânea). Após estabelecida a melhor concentração um segundo experimento foi desenvolvido para estimar a dose ótima do biofertilizante para a mesma cultura com base na necessidade do nitrogênio (N) (0 kg ha⁻¹ de N, 50 kg ha⁻¹ de N, 100 kg ha⁻¹ de N, 150 kg ha⁻¹ de N e 200 kg ha⁻¹ de N). O delineamento utilizado nos dois experimentos foi inteiramente casualizado (DIC) com esquema fatorial. Os resultados nesse capítulo demonstraram que a concentração de 5% de biofertilizante apresentou melhores resultados para o desenvolvimento da BRS Mediterrânea e da BRS Lélia. A BRS Leila apresentou melhor desenvolvimento quando fertilizada com a concentração de 10% de biofertilizante. E a dose de 150 kg ha⁻¹ de N permitiu um melhor desenvolvimento de alface e maior fornecimento de nutrientes às plantas.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*. L, Hortíbio®, Atributos morfo-agronômicos; Condutividade elétrica.

2.2. ABSTRACT

Biofertilizers when applied to plants stimulates natural processes to increase and benefit nutrient absorption, abiotic stress tolerance and increased yield. The production of biofertilizers from organic residues is a sustainable way to reduce these materials through recycling. The aim of this work was to define, based on concentrations and doses, the biofertilization management, using a non-commercial aerobic biofertilizer, for three emergent Brazilian lettuce cultivars and, consequently, to help improve organic lettuces yields in the country. The experiments were conducted in a greenhouse; the soil class used for cultivation was a clayey Rhodic Ferralsol. Due to the high electrical conductivity (EC) observed in the biofertilizer a first experiment was conducted in order to determine the optimum concentration (0%, 5%, 10%, 15%, 20% and 100%) for the three lettuce cultivars (BRS Leila, BRS Lélia and BRS Mediterrânea). Established the best concentration, a second experiment was developed to estimate the optimum dose of the biofertilizer based on the nitrogen requirement (N) for this crop (0 kg ha⁻¹ of N, 50 kg ha⁻¹ of N, 100 kg ha⁻¹ N, 150 kg ha⁻¹ N and 200 kg ha⁻¹ N). The experimental design was completely randomized (DIC) with a factorial scheme. The 5% concentration of biofertilizer presented better results for the development of BRS Mediterrânea and BRS Lélia. BRS Leila presented better development when fertilized with the 10% biofertilizer concentration. And the dose of 150 kg ha⁻¹ of N allowed a better development of lettuce and greater supply of nutrients to the plants.

Keywords: *Lactuca sativa*. L, Hortibio[®], Morpho-agronomic attributes; Electrical conductivity.

2.3. INTRODUÇÃO

O uso de biofertilizantes vem adquirindo importância crescente no setor agrícola. Tal fato tem acontecido porque, além de fornecer nutrientes para os cultivos e aumentar a produção de culturas como cebola (ABBASNIAYZARE et al., 2012; PARAB et al. 2015), arroz (KANTACHOTE et al., 2016), pimenta (OLIVEIRA et al., 2014), cevada (ISLAS-VALDEZ et al., 2015) e trigo (FALLAH NOSRATABAD et al., 2017), apresentam também grande potencial para conservar a qualidade do solo,

atuando na ciclagem de nutrientes e, conseqüentemente, na sustentabilidade dos sistemas de produção (BHARDWAJ et al., 2014).

Os biofertilizantes são substâncias de origem natural resultantes de alterações nos compostos orgânicos devido à ação microbiana existente. Os microrganismos presentes nos biofertilizantes podem estar envolvidos em diversos processos do solo, como a decomposição da matéria orgânica, manutenção da estrutura do solo e mobilização de nutrientes que contribuem para um melhor enraizamento das plantas (SCHÜTZ et al., 2018). O uso de biofertilizantes a partir de resíduos orgânicos de atividades agroindustriais está se tornando mais frequente e é possível considerar um caminho viável para a reciclagem, representando uma oportunidade sustentável para o gerenciamento de grandes quantidades de resíduos (XU; GLEEN, 2018).

No entanto, o uso de biofertilizantes na agricultura deve ser acompanhado por um manejo adequado, pois alguns estudos registrados por Hasaneen et al. (2009) e Inoue et al. (2011), relataram danos para as culturas, de alface e milho respectivamente pelo uso de Biofertilizante bovino. De acordo com Manyuchi et al. (2013), conseqüências como a redução de N e disponibilidade de P podem estar associados com a aplicação de doses elevadas de biofertilizante.

O aumento da CE pode comprometer a produção especialmente em cultivos agrícolas sensíveis à presença de sais, como a alface. Sendo que esta cultura apresenta melhor desenvolvimento quando a CE está em torno de 1 dS m^{-1} (SEO et al., 2009). A elevada CE pode ocasionar danos na parede celular da rizosfera (MUNNS, 2005) e desequilíbrio na absorção de nutrientes (ABOU-HADID et al., 1996), aumentando a pressão osmótica da água nas células vegetais causando redução da produção (ALVES et al., 2017). Ademais, não se deve deixar de levar em conta a possibilidade da existência de cultivares com diferentes exigências nutricionais, aspecto fundamental na seleção de genótipos que demandam menos nutrientes para seu cultivo. Todos os aspectos mencionados têm influência não apenas na produtividade dos cultivos agrícolas, mas também se relacionam com a sua sustentabilidade ambiental, sendo este tema de grande relevância atual.

Para reaproveitar alguns dos resíduos da agroindústria brasileira, aumentando sua sustentabilidade, foi desenvolvido pela Embrapa Hortaliças um biofertilizante aeróbico que utiliza como matéria-prima os seguintes insumos: farelo de sangue, farelo de arroz, farelo de mamona, farelo de osso, cinza de madeira, rapadura e farinha de

milho. Este biofertilizante tem sido usado tanto na agricultura orgânica quanto na convencional, especialmente em hortaliças folhosas como a alface.

A hipótese é que, o uso de soluções concentradas do biofertilizante está causando aumento de condutividade elétrica e conseqüentemente danos às culturas. Portanto, é necessário estabelecer um manejo de fertilização para melhorar o rendimento das culturas, especialmente na agricultura orgânica. Os diferentes efeitos do uso deste biofertilizante quando aplicado a diferentes cultivares de alface mostram um comportamento individual que deve ser melhor compreendido. Todos os aspectos acima mencionados, associados à heterogeneidade das produções agrícolas comumente observadas na agricultura orgânica, exigiram a definição de um melhor manejo dos insumos orgânicos.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial agrônômico do biofertilizante resultante da digestão aeróbica de resíduos agroindustriais e os efeitos de diferentes concentrações e diferentes doses na absorção de nutrientes e produtividade de três cultivares de alface crespa.

2.4. MATERIAL E MÉTODOS

2.4.1. Localização e descrição da área de estudo

Os dois experimentos foram desenvolvidos durante períodos subsequentes. O primeiro experimento foi realizado no período de junho a agosto de 2017 (no inverno, a temperatura média do ar foi 20,3 °C). O objetivo do experimento foi determinar a concentração ótima do biofertilizante para cada cultivar de alface utilizada, pois seus altos valores de CE poderiam causar danos às plantas de alface. O segundo foi realizado de setembro a outubro de 2017 (na primavera, temperatura média do ar de 24,3 °C) e visou determinar a melhor dose do biofertilizante para cada cultivar de alface utilizada. As doses propostas para avaliação foram determinadas de acordo com o conteúdo de N do biofertilizante, pois esse elemento é comumente utilizado para definir a recomendação de adubação na agricultura orgânica. Ambos os experimentos foram realizados em casa de vegetação localizada na Embrapa Hortaliças, Brasília - DF, cujas coordenadas geográficas são: 15°46'47" de latitude sul, 47°55'47" de longitude oeste e altitude de 1171 m. O tipo de clima do local é Aw (Tropical de savana com inverno seco), segundo a classificação de Köppen.

O substrato utilizado para o cultivo foi preparado a partir da mistura de um Latossolo Vermelho distrófico com textura argilosa (EMBRAPA, 2014) e palha de arroz, colocados em vasos de 5 dm³. A análise inicial do solo utilizado nos vasos revelou as seguintes características químicas: pH (H₂O) = 5,8; MO = 18,7 g kg⁻¹; P (Mehlich1) = 0,003 g kg⁻¹; K = 0,279 g kg⁻¹; Na = 0,029 g kg⁻¹; Ca = 4,2 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,2 cmol_c dm⁻³; S = 0,0121 g kg⁻¹; H+Al = 3,4 cmol_c dm⁻³; Al = 0 cmol_c dm⁻³; B = 0,07 mg dm⁻³; Cu = 1 mg dm⁻³; Fe = 30,8 mg dm⁻³; Mn = 71,6 mg dm⁻³; Zn = 2,1 mg dm⁻³.

2.4.2. Produção do biofertilizante aeróbico

O biofertilizante aeróbico Hortbio[®] usado em ambos experimentos cuja fórmula é de acesso livre ao produtor, portanto, tratando-se de um produto não comercial (Figura 1), foi produzido em um reservatório plástico com capacidade para 100 L. Os materiais utilizados na produção do biofertilizante foram: farinha de sangue (1,1 kg); farelo de arroz (4,4 kg); farelo de mamona (1,1 kg); farinha de ossos (2,2 kg); sementes trituradas de feijão e soja (1,1 kg); cinza de madeira (1,1 kg); rapadura (0,55 kg); fubá de milho (0,55 kg) enriquecido com 1 L de inoculante de Microrganismos Eficientes (EM) que foram caracterizadas como uma mistura de bactérias (*Bacillus*, *Gluconobacter*, *Enterobacter*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Corynobacteria*), leveduras (*Pichia kudriarzewi*, *Meyerozyma guillermondy*) e fungos (*Penicillium*, *Aspergillus* e *Trichoderma*) (BOMFIM, 2016). No final, foi adicionada água não clorada até atingir um volume final de 100 L. A mistura final foi armazenada em um local sombreado e fresco com aeração durante 15 min a cada hora, com o auxílio de um compressor de ar e um temporizador por um período de 40 dias. A coleta dos EM foi realizada em área cuja fitofisionomia é o Cerradão localizada na Embrapa Hortaliças, com as seguintes coordenadas geográficas: 15°56'61.8" latitude sul e 48°08'42.7" longitude oeste. A coleta do EM seguiu as recomendações do Caderno de Microrganismos Eficazes (BONFIM et al., 2011).

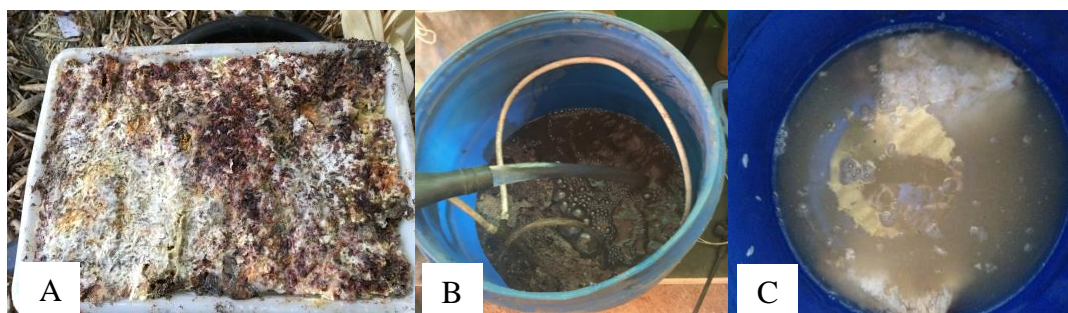


Figura 1. Coleta de EM (após 10 dias) (A), elaboração do biofertilizante aeróbico (B), biofertilizante Hortbio aos 10 dias de elaboração (C).

Aos 10 dias após a produção do biofertilizante foram pesadas e congeladas amostras líquidas de 150 ml. Posteriormente as amostras foram liofilizadas durante 12 h. Após a liofilização, as amostras foram pesadas, moídas e peneiradas com malha 0,074 mm (200 mesh). Para a determinação de nutrientes e metais pesados 0,500 g do material foi submetido a solubilização ácida ($\text{HNO}_3\cdot\text{HCl}$, 3:1, v/v) utilizando forno micro-ondas (marca CEM, modelo Mars Xpress, Charlotte, USA). Após a solubilização, o teor dos elementos químicos nos extratos foi dosado no espectrofotômetro de emissão óptica com fonte de indução de plasma acoplado (ICP-OES marca Shimadzu, modelo ICPE 9000). Na Tabela 1 encontram-se detalhadas as características químicas do biofertilizante aeróbico.

Tabela 1. Características químicas do biofertilizante Hortbio[®] utilizado no experimento

pH	CE	NT	P	K	Mg	S	Ca	B	Cu	Fe	Mn	Zn	As	Cd	Ba	Ni	Pb
(H ₂ O)	(dS.m ⁻¹)	----- (g L ⁻¹) -----						----- (mg dm ⁻³) -----									
6	5,45	4,3	0,2	1,4	0,9	0,2	2,6	1,5	12,6	133,5	10,3	1,13	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Nota: NT: nitrogênio total; CE: condutividade elétrica.

2.4.3. Primeiro experimento: Aplicação das concentrações de Hortbio[®] na produção de três cultivares de alface crespa

O primeiro experimento visou avaliar a influência da alta condutividade elétrica observada no biofertilizante concentrado sobre o desenvolvimento da alface (Tabela 2). Os tratamentos foram estabelecidos em função da necessidade de N para a cultura da alface que é de 150 kg ha⁻¹ de N (GUIMARÃES, 1999). A partir do teor de N no biofertilizante (Tabela 1) e do volume de solo contido nos vasos (5 dm⁻³), foi calculado

o volume necessário para adição deste insumo. Este volume foi então diluído em diferentes volumes de água não clorada, gerando soluções com concentrações de 0% (só água), 5%, 10%, 15%, 20% e 100% (só biofertilizante) do Hortbio®.

O volume de solução produzido, para cada concentração, foi aplicado integralmente em cada vaso, garantindo que a necessidade de N recomendada para a cultura fosse assegurada nos diferentes tratamentos. O volume final das soluções contendo a recomendação de N para a cultura da alface foi dividido em cinco aplicações de segunda a sexta feira por cinco semanas consecutivas. As soluções foram preparadas no momento da aplicação, que foi realizada sempre pela manhã. Em cada vaso, as soluções foram aplicadas ao redor da base da planta.

O experimento foi instalado com um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Utilizou-se um esquema fatorial 3 x 6 (três cultivares de alface: BRS Leila, BRS Mediterrânea e BRS Lélia e seis concentrações de biofertilizante: 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 100%). A normalidade dos dados foi testada e os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F a 5% de probabilidade. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott no mesmo nível de significância ($P < 0,05$).

Tabela 2. Condutividade elétrica do biofertilizante aeróbico quantificada em soluções contendo diferentes concentrações

Concentração Hortbio (%)	5	10	15	20	100
CE dS m ⁻¹	2,5	3,2	3,8	4	5,45
Preparo da solução	10,5 mL Hortbio® + 220 mL H ₂ O	10,5 mL Hortbio® + 110 mL H ₂ O	10,5 mL Hortbio® + 70 mL H ₂ O	10,5 mL Hortbio® + 50 mL H ₂ O	10,5 mL Hortbio® + 0 mL H ₂ O

2.4.4. Segundo experimento: Aplicação das diferentes doses do biofertilizante na produção de três cultivares de alface crespa

No segundo experimento foram avaliados os efeitos das diferentes doses do biofertilizante sobre três cultivares de alface crespa. Essas doses foram definidas e calculadas com base no fornecimento de N pelo biofertilizante. As doses utilizadas foram: 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N (Tabela 1). A primeira adição do biofertilizante foi realizada aos seis dias após o transplante. Após essa primeira aplicação, realizaram-se aplicações diárias por cinco semanas com exceção do sábado e

domingo (Figura 2).

Este experimento também foi instalado em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Diferentes doses foram testadas em esquema fatorial 3 x 5 (três cultivares de alface: BRS Leila, BRS Mediterrânea e BRS Lélia e cinco doses de N: 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N). A normalidade dos dados foi então testada e os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F a 5% de probabilidade. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott no mesmo nível de significância (P <0,05).



Figura 2. Transplante de alface (22 dias após a semeadura) (A), aplicação do biofertilizante Hortbio[®] (B), área experimental com três cultivares de alface crespa (C).

2.4.5. Análises Laboratoriais e Sistema de irrigação para ambos experimentos

Em ambos experimentos as plantas de alface foram colhidas 55 dias após a semeadura e foram avaliados os seguintes atributos morfológicos e agrônômicos: número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MF), altura do caule (AC) e diâmetro do caule (DC). Para determinação da massa seca (MS), as amostras foram lavadas com água destilada. Em seguida foram secas ao ar e colocadas em um saco de papel. Posteriormente, foram colocadas em estufa de circulação de ar forçado a 65 ° C por 72 horas, até atingir uma massa constante. As plantas secas foram então pesadas em balança digital com precisão de 0,1 g. As amostras secas foram trituradas em um moinho de aço inoxidável do tipo Willey, peneiradas e armazenadas em frascos de vidro.

A metodologia utilizada para determinação dos macro (P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (B, Fe, Mn) em tecido foliar foi a solubilização ácida (HNO₃:HCl, 3:1, v\v). Para a determinação foram pesadas 0,500 g de cada amostra e adição de ácido. A solubilização foi no forno micro-ondas (marca CEM, modelo Mars Xpress, Charlotte,

USA) (MALAVOLTA, 2006). Após a solubilização, o teor dos elementos químicos nos extratos foi dosado no espectrofotômetro de emissão óptica com fonte de indução de plasma acoplado (ICP-OES marca Shimadzu Kyoto, Japão, modelo ICPE 9000). Após a análise de cada 20 amostras, foi utilizada uma solução padrão multielementar (Fluka Multielement (10 mg L⁻¹) como referência para calibrar o equipamento, para corrigir efeito de matriz e possível instabilidade do aparelho. As quantidades dos nutrientes acumulados foram obtidas pela razão entre o teor de cada nutriente e a massa seca da amostra. O teor de N total foi obtido por digestão com ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio, pelo método de Kjeldahl (BREMNER, 1996).

O sistema de irrigação foi planejado para os dois ensaios com o objetivo de uniformizar a reposição de água para todos os tratamentos sendo aplicado manualmente um volume de água que foi previamente determinado. Para isto, foram pesados cinco vasos contendo 0,5 dm³ de solo. Foram então instalados sensores Irrigas[®] de 15 kPa a 3 cm de profundidade em dois vasos por tratamento. Posteriormente, adicionou-se água até alcançar a capacidade de campo do solo, registrando-se novamente o peso. A quantidade de água necessária para a irrigação foi definida a partir da diferença de massa entre os vasos contendo solo na capacidade de campo e o solo em condição imediatamente anterior à leitura que indicava a necessidade de irrigação dada pelo Irrigas[®].

2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.5.1. Primeiro experimento: Efeito das diferentes concentrações de Hortbio[®] na produção de três cultivares de alface crespa

Para o atributo MF os fatores concentração do biofertilizante e tipo de cultivar interagiram de forma significativa (Tabela 3). A produção de MF nas cultivares BRS Lélia e BRS Mediterrânea foi 354,38 e 361,25 g planta⁻¹, respectivamente, na concentração de 5%, diferenciando-se da cultivar BRS Leila que apresentou maior massa fresca, 327,3 g planta⁻¹ na concentração de 10%. Este resultado pode estar ligado a uma possível maior tolerância à salinidade apresentada pela BRS Leila, uma vez que a solução de 10% apresentava CE de 3,2 dS m⁻¹ enquanto a solução de 5% apresentou CE de 2,5 dS m⁻¹, informação relevante para futuros trabalhos de melhoramento genético.

No atributo NF também foi registrada interação significativa entre os fatores avaliados. Um número superior de folhas foi observado para a cultivar BRS Leila em comparação às BRS Lélia e Mediterrânea quando fertilizada com solução contendo 10% de biofertilizante, demonstrando novamente uma possível melhor adaptação da BRS Leila à mencionada concentração. O desdobramento do fator concentrações dentro do fator cultivar mostrou que apenas a BRS Leila apresentou maior NF quando submetida ao tratamento com solução de 10% de biofertilizante. Já a BRS Mediterrânea apresentou melhor resultado quando fertilizada com solução contendo 5% do biofertilizante. Embora não apresentou diferença estatística ao comparar com as demais cultivares nessa concentração. A BRS Lélia, por sua vez, apresentou comportamento diferente, com melhores resultados registrados para as concentrações de 5%, 10% e 20%. Constatou-se também que a aplicação da concentração 5% do biofertilizante, nas três cultivares avaliadas, promoveu um maior desenvolvimento no diâmetro do caule (DC). Para o parâmetro altura do caule (AC) as cultivares BRS Lélia e BRS Mediterrânea mostraram uma maior AC na concentração 5%. Foram observadas que as concentrações 10 e 15% do biofertilizante também foram efetivas na avaliação do parâmetro DC para a cultivar BRS Leila. Contudo a concentração 100% e o tratamento controle (0%) do biofertilizante Hortbio[®], mostraram supressão no desenvolvimento do DC e AC.

Para o atributo MS não houve interação significativa entre os fatores avaliados. Apenas as diferentes concentrações apresentaram efeitos sobre este atributo (Tabela 4). Nas concentrações de 5 e 10% foram obtidos maiores valores médios de MS para as três cultivares.

De maneira geral, as concentrações extremas do biofertilizante (0 e 100%) promoveram os piores resultados em todos os atributos morfo-agronômicos avaliados. Esses resultados demonstram que para as cultivares avaliadas o biofertilizante é um insumo benéfico para a nutrição da alface, porém em concentrações elevadas, com o efeito salino alto, pode limitar o desenvolvimento dessa cultura.

Tabela 3. Resposta da massa fresca, número de folhas, diâmetro e altura do caule, de três cultivares de alface a cinco diferentes concentrações de Hortbio®

Concentração Hortbio®	0	5	10	15	20	100
	%					
	Massa fresca (g planta⁻¹)					
Leila	138,60 a C	198,15 b B	327,33 a A	224,91 a B	221,85 a B	193,85 a B
Lélia	178,67 a C	354,38 a A	217,63 b C	278,05 a B	264,33 a B	215,63 a C
Mediterrânea	190,75 a B	361,25 a A	225,43 b B	232,18 a B	198,05 a B	173,50 a B
	Número de folhas					
Leila	25,25 a B	29,75 a A	31,75 a A	27,75 a B	27,00 a B	27,50 a B
Lélia	24,75 a B	30,50 a A	27,25 b B	30,50 a A	29,25 a A	24,75 a B
Mediterrânea	27,25 a B	34,25 a A	26,50 b B	26,25 a B	27,25 a B	24,75 a B
	Diâmetro do caule (cm)					
Leila	1,88 a B	2,10 b A	2,36 a A	2,02 a A	1,88 a B	1,62 a B
Lélia	1,90 a B	2,05 b A	1,78 b B	2,23 a A	2,05 a A	1,66 a B
Mediterrânea	1,91 a B	2,42 a A	1,72 b B	2,05 a B	1,89 a B	1,88 a B
	Altura do caule (cm)					
Leila	3,50 a B	4,5 b B	5,50 a A	4,37 a B	4,50 a B	3,97 a B
Lélia	4,00 a B	5,8 a A	4,40 b B	5,50 a A	5,50 a A	4,25 a B
Mediterrânea	4,25 a B	5,5 a A	4,37 b B	4,62 a B	4,25 a B	3,38 a B

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não são diferentes pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Tabela 4. Resposta da massa seca de três cultivares de alface crespa a cinco diferentes concentrações de biofertilizante aeróbico.

Concentrações	Massa seca
%	(g planta ⁻¹)
0	14,94 b
5	21,10 a
10	17,96 a
15	17,88 a
20	15,49 b
100	13,12 b
CV (%)	20,3

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas, não são diferentes pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

As variáveis fitotécnicas analisadas foram significativamente afetadas pela forma de aplicação do biofertilizante aeróbico. De maneira geral, os resultados apontam as concentrações de 5 e 10% como as mais efetivas para as cultivares avaliadas (Tabela 3). A diminuição da produção a partir das concentrações mais elevadas ($> 15\%$) podem estar ligadas à alta condutividade elétrica do biofertilizante. O mesmo comportamento vem sendo observado para outras hortaliças, como o tomateiro, que apresentou menor comprimento de planta e menor número de frutos quando maiores concentrações de

biofertilizante a base de extrato de alga foi utilizada (HERNÁNDEZ-HERRERA et al., 2014; GARCIA-GONZALEZ; SOMMERFELD, 2016).

Xu e Moul (2015), trabalhando com um grupo de 178 cultivares e acessos de germoplasma, posteriormente a uma pré-seleção realizada com 3800 genótipos de alface, verificaram a existência de grande diferença de sensibilidade à salinização, confirmando a relevância da avaliação de possíveis materiais mais tolerantes. Adicionalmente, projeta-se uma intensificação dos processos relacionados à salinização mundo a fora em decorrência das mudanças climáticas globais. Em um estudo com diferentes tipos de alface. Foi destacada a alface romana como uma variedade menos sensível a valores altos de condutividade elétrica ($2,44 \text{ dS m}^{-1}$) sem comprometer o desenvolvimento da parte aérea (GARMENDIA; MANGAS, 2014). Shannon e Grieve (1998) constataram a existência de diferenças entre cultivares de alface quanto à tolerância a meios salinos. O decréscimo observado em todas as características avaliadas, devido ao aumento da CE, foi provavelmente decorrente do aumento da pressão osmótica da solução. Soluções com elevadas concentrações de nutrientes possuem alta pressão osmótica. Isto pode ser atribuído ao estresse (MUNNS, 2005), gerado pelo aumento do potencial osmótico no meio de crescimento e conseqüentemente um ambiente com pressão osmótica elevada pode dificultar a absorção de água pela planta, sendo insuficiente para repor as perdas por meio da transpiração. Nesse caso, a resposta mais notável, geralmente, é a perda de produtividade (GRATTAN; GRIEVE, 1998; TAIZ; ZEIGER, 2009).

As maiores concentrações do biofertilizante provocaram efeitos negativos no desenvolvimento das três cultivares de alface e os sintomas observados foram semelhantes aos observados no processo de salinização e deficiência de nutrientes como, pontas de folha queimada e raiz seca. Esses resultados são comparáveis com aqueles obtidos por Kohler et al. (2009) que submeteram alfaces a diferentes níveis de estresse salino, reduzindo o crescimento e a produtividade com o aumento da concentração de sais. Turhan et al. (2014) também obtiveram menores porcentagens de MS quando a CE da água de irrigação variou de 3 a 6 dS m^{-1} , valores semelhantes àqueles observados para as diferentes soluções de biofertilizante utilizadas no presente trabalho.

A partir dos resultados obtidos para os parâmetros DC e AC apresentados nas três cultivares estudadas, observa-se da mesma forma um provável efeito da CE das respectivas soluções influenciando na vascularização das plantas (WANG et al., 2001).

A maior concentração do biofertilizante (100%) ao restringir a absorção de água, reduz a produção biomassa fresca e isso repercutiu em um menor desenvolvimento do sistema vascular. Enquanto a menor concentração (0%) pode ter sido nutricionalmente insuficiente para o desenvolvimento da planta. Similar comportamento já foi observado por Junior et al. (2008) que aplicaram três soluções nutritivas com concentrações diferentes ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$, $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ e $2,5 \text{ dS m}^{-1}$) em um sistema hidropônico de alface e verificaram efeitos significativos negativos para o parâmetro DC e NF nas maiores e menores concentrações utilizadas.

O acúmulo de nutrientes das diferentes cultivares de alface estudadas foi afetada pela diferença nas concentrações do biofertilizante ($p < 0,05$). Para a absorção de N, K, Ca, e S houve interação significativa entre os efeitos da concentração do biofertilizante e o parâmetro cultivares (Tabela 5).

A cv. BRS Leila apresentou, nas concentrações de 5 e 10%, os maiores acúmulos de N ($127,72$ e $108,85 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente). A BRS Mediterrânea apresentou comportamento semelhante, com maiores níveis de absorção de N também sendo observado quando soluções de biofertilizante com concentrações de 5 e 10% foram utilizadas. Para a BRS Lélia, entretanto, não foram observadas diferenças de absorção de N em resposta às diferentes concentrações de biofertilizante utilizadas. Adicionalmente, entre o fator cultivar, a BRS Lélia foi aquela que apresentou menor absorção de N quando fertilizada, exclusivamente, com a concentração ao 5% do biofertilizante. Menor absorção de N, quando comparado às outras cultivares, foi observado também para a cultivar BRS Mediterrânea quando fertilizada com solução contendo 20% do biofertilizante.

Tratando-se do efeito das diferentes concentrações sobre a absorção de K e de Ca pelos materiais genéticos utilizados, maiores valores foram observados quando a BRS Mediterrânea foi fertilizada com solução contendo 5% do biofertilizante (Tabela 5). Já a cultivar BRS Leila apresentou maiores valores de absorção deste elemento quando fertilizada com soluções contendo entre 5 e 20% do biofertilizante. Para a cultivar BRS Lélia, ao comparar o efeito entre cultivares e concentração, foi observado efeito significativo sobre absorção de K apenas quando solução de 5% do biofertilizante foi utilizada. Entretanto, não foram observados efeitos nas concentrações do biofertilizante sobre a absorção de K. Nesse caso, a BRS Lélia apresentou menor absorção deste nutriente e mesmo assim não diminuiu a sua produtividade em comparação aos dois outros materiais genéticos testados.

A acumulação de S na concentração utilizada do biofertilizante foi maior na concentração ao 5% para a cultivar BRS Mediterrânea, por sua vez, a absorção de S na cultivar BRS Leila foi maior nas concentrações entre 5 e 100% quando comparado com o tratamento controle. Para a cultivar BRS Lélia ao comparar entre os materiais genéticos utilizados, observou-se menor absorção de S quando aplicado na solução ao 5% do biofertilizante. Mais uma vez não foi observado efeito das diferentes concentrações aplicadas do biofertilizante sobre a absorção de S pela BRS Lélia.

Dos nutrientes avaliados, apenas para P e Mg não foram observadas interações significativas entre os fatores concentrações e cultivares. Apenas efeitos das concentrações sobre a absorção destes nutrientes foram observados (Tabela 6). A partir das análises dos resultados obtidos é possível inferir que as concentrações 5, 10 e 15% favoreceram a absorção de P, enquanto a concentração de 5% promoveu maior absorção de Mg.

Tabela 5. Absorção de nutrientes nas três cultivares de alface em resposta às diferentes concentrações de biofertilizante aeróbico

Concentrações de Hortbio	0	5	10	15	20	100
	%					
	ABSORÇÃO DE NUTRIENTES					
	N (kg ha⁻¹)					
Leila	33,78 a C	127,72 a A	108,85 a A	86,41 a B	77,85 a B	83,80 a B
Lélia	56,85 a A	93,63 b A	83,86 a A	82,07 a A	84,97 a A	69,35 a A
Mediterrânea	59,83 a B	109,70 a A	88,77 a A	76,00 a B	51,53 b B	64,52 a B
	K (kg ha⁻¹)					
Leila	21,64 a B	43,80 a A	31,18 a A	36,54 a A	33,73 a A	25,55 a B
Lélia	26,79 a A	28,24 b A	32,39 a A	27,77 a A	32,56 a A	26,19 a A
Mediterrânea	25,18 a C	54,81 a A	39,65 a B	29,40 a C	25,11 a C	22,66 a C
	Ca (kg ha⁻¹)					
Leila	9,67 a B	18,57 a A	15,34 a A	15,47 a A	14,75 a A	11,22 a B
Lélia	11,61 a A	11,38 b A	11,77 a A	11,84 a A	12,86 a A	9,25 a A
Mediterrânea	12,19 a B	18,63 a A	13,05 a B	13,03 a B	10,21 a B	9,19 a B
	S (kg ha⁻¹)					
Leila	2,26 a B	4,84 a A	4,93 a A	3,84 a A	4,11 a A	4,17 a A
Lélia	3,09 a A	3,86 b A	3,39 a A	3,94 a A	3,85 a A	3,05 a A
Mediterrânea	3,15 a B	5,81 a A	4,21 a B	3,99 a B	2,36 b B	3,02 a B

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não são diferentes pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Tabela 6. Absorção de P e Mg em resposta às diferentes concentrações de biofertilizante aeróbico na cultura de alface

Concentração	Absorção de Nutrientes	
	P	Mg
%	(kg ha ⁻¹)	
0	1,85 c	2,19 c
5	4,11 a	3,26 a
10	3,49 a	2,77 b
15	3,36 a	2,73 b
20	2,69 b	2,33 c
100	2,61 b	2,08 c
CV (%)	28,32	20,02

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna não são diferentes pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$)

De modo geral foi possível verificar uma forte influência dos genótipos utilizados na absorção de nutrientes. A cultivar BRS Lélia apresentou um aspecto peculiar na absorção de nutrientes. As diferentes concentrações aplicadas não interferiram nos valores de absorção. Somente na concentração ao 5% apresentou menores nutrientes absorvidos quando comparado com as outras cultivares e mesmo assim não comprometeu a produtividade. Também chama a atenção a cultivar Leila apresentou melhor produção quando fertilizada com solução contendo o dobro da concentração do biofertilizante (10% contra 5%), e uma maior absorção de nutrientes em uma faixa mais ampla de concentrações. Este fato pode estar ligado a uma possível maior tolerância dessas cultivares à salinização, uma vez que as soluções mais concentradas apresentavam valores mensurados de CE maiores que soluções menos concentradas. A BRS Mediterrânea, por sua vez, apresentou maior absorção de nutrientes predominantemente quando solução contendo 5% do biofertilizante foi utilizada, justamente a concentração que promoveu melhores índices de produção para essa cultivar.

Os resultados relacionados à absorção de nutrientes pelas plantas, com exceção do N, foram inferiores àqueles obtidos por Lopes et al. (2003) em um estudo com cinco genótipos de alface. Estes resultados podem estar ligados a um potencial de fornecimento de nutrientes mais lento pelo biofertilizante que fertilizantes minerais, sendo possível que seu efeito de longo prazo seja mais importante, sobretudo quando se tem a produção de cultivos agrícolas de ciclo muito curto, como a alface. Existiria margem, portanto, para melhoria dos resultados, sobretudo se o manejo da fertilização

for associado a melhorias no sistema de produção com pensamento de médio e longo prazo.

As baixas absorções de nutrientes observadas nas maiores concentrações do biofertilizante, sobretudo quando as plantas foram fertilizadas com o biofertilizante in natura (100%), podem estar relacionadas ao estresse salino. Estudos prévios revelam que meios altamente salinos podem aumentar as relações de Na, K, Ca e Mg, originando um desequilíbrio na absorção e translocação desses nutrientes (MUNNS, 2005). Cabe ressaltar que a concentração de K no biofertilizante utilizado nesse trabalho é muito alta, podendo ocasionar um desequilíbrio no fornecimento de nutrientes, Bonfim (2016) observou que essas elevadas concentrações promoveram elevados teores de nutrientes no substrato utilizado, após o cultivo de alface quando aplicado Hortbio[®].

O aumento da concentração de íons Na e Cl pode levar à ocorrência de deficiências de N pela dificuldade de absorção de íons NO₃⁻ (GRATTAN; GRIEVE, 1998; TURHAN et al., 2013). A absorção e a translocação de Ca²⁺ e K⁺ em plantas de alface diminuíram quando estas foram submetidas a ambientes salinos (KOHLENER et al., 2009). O mesmo comportamento foi observado para o P. Neste caso, altos níveis de salinidade acarretaram na diminuição no transporte de P armazenado nos vacúolos das raízes (MARTINEZ et al., 1996). Grattan e Grieve (1998) observaram que o desempenho da alface pode ser afetado negativamente por distúrbios nutricionais induzidos por salinidade que, conseqüentemente, reduz a concentração de P do tecido vegetal sem apresentar evidências físicas de deficiência de P.

Os experimentos em vasos foram desenvolvidos com fins de pesquisa, entretanto, o rendimento, crescimento e desenvolvimento são igualmente importantes. Para efetuar uma estimativa da produtividade de alface foi considerando o valor médio da maior produção de massa fresca obtidas após aplicação Hortbio[®] nas concentrações 5% e 10%. E, assumindo como um sistema orgânico, o cálculo baseou-se na simulação de plantio em campo com canteiros com 80 cm de largura, cabendo nesses, três linhas de plantio, com espaçamento entre planta de 30 cm que perfaz uma densidade de 9 plantas por m de canteiro. Totalizando 70 mil plantas ha⁻¹ com um peso médio de 0,280 kg planta⁻¹ alcançando uma produtividade de 19,6 t ha⁻¹.

2.5.2. Segundo experimento: Efeito das diferentes doses do biofertilizante na produção de três cultivares de alface crespa

Não foi observada interação significativa entre as cultivares e as doses avaliadas sobre os atributos morfo-agronômicos da alface (Tabela 7). Também não foram observados efeitos das cultivares sobre estes mesmos atributos. Entretanto, as doses do biofertilizante exerceram influência significativa sobre o desenvolvimento da alface, evidenciando alterações sobre os atributos MF, MS, NF, DC e AC.

A dose de biofertilizante correspondente a 150 kg ha⁻¹ de N possibilitou maiores valores de MF, MS e NF, sendo, portanto, aquela que apresentou melhores resultados de produção de alface. Já o uso da dose de 200 kg ha⁻¹ de N ocasionou a obtenção de valores de MF e NF semelhantes à dose de 150 kg ha⁻¹ de N. Porém, os valores de MS observados para a dose mais alta utilizada foram menores do que aqueles observados quando a dose de 150 kg ha⁻¹ foi utilizada. A MS é um importante atributo uma vez que representa o teor de sólidos presentes na planta. Os atributos diâmetro e altura do caule não foram modificados em função do uso de diferentes doses do biofertilizante.

Tabela 7. Resposta da massa fresca, massa seca, número de folhas, diâmetro e altura do caule da cultura da alface a cinco diferentes doses de biofertilizante aeróbico

Doses biofertilizante (kg N ha ⁻¹)	Massa fresca (g planta ⁻¹)	Massa seca	Número folhas	Diâmetro caule	Altura caule (cm)
0	90,60 c	5,54 b	13,30 b	1,42 a	5,26 a
50	98,12 c	5,84 b	14,80 a	1,37 a	5,37 a
100	103,86 b	6,03 b	15,70 a	1,51 a	5,49 a
150	110,90 a	6,83 a	16,20 a	1,41 a	5,65 a
200	113,49 a	5,85 b	16,00 a	1,37 a	5,90 a
cv%	8,96	13,90	10,70	13,80	19,30

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna não são diferentes pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

Baslam et al. (2011) obtiveram valores de MF que variaram de 87 até 150 g planta⁻¹ utilizando condições experimentais semelhantes às utilizadas no presente trabalho. Hasan et al. (2017), que testaram diferentes doses de fertilizante nitrogenado também em condições semelhantes, obtiveram pesos de 115 g de massa fresca aos 50 DAT na maior dose de N (150 kg ha⁻¹). Chiconato et al. (2014) quando usaram biofertilizante bovino em alface crespa cv. Vera registraram maiores valores de massa fresca, em torno de 308 g, ao aplicar 90 m³ ha⁻¹ do referido composto, e a dose mais elevada (150m³ ha⁻¹) provocou uma diminuição na produção (290 g). Chatterjee (2015)

avaliaram doses de vermicomposto mais biofertilizante na produção de alface americana encontrando maiores valores para massa fresca (412 g) e número de folhas (18).

Ao testar um bioestimulante, pesos similares de MS em alface romana (4,8 g) foram encontrados por Colla et al. (2015). Beninni et al. (2005) comparando o cultivo hidropônico e convencional de alface crespa cv. Veronica encontraram valores para massa fresca de 160 g e 279 g, e os pesos de MS variaram 6,81 g e 12,96 g para cada sistema de cultivo respectivamente.

Os tratamentos que aplicaram as doses 150 e 200 kg ha⁻¹ N do biofertilizante, quando comparado com o tratamento controle, apresentaram maiores valores dos atributos MF, MS e NF. No entanto para os parâmetros DC e AC não foi observado diferença estatística nas diferentes doses aplicadas do biofertilizante (Tabela 7). O uso de biofertilizante utilizado em outros estudos mostraram uma maior produção nos cultivos de alface (SAEED et al., 2015; TOŠIĆ et al., 2016), pepino (DUC et al., 2017), tomate (COLLA et al., 2015) e morango (PEŠAKOVIĆ et al., 2013). Além do fornecimento de nutrientes, outro fator que ocasiona os bons resultados observados é a presença de microrganismos promotores de crescimento (PGPR), que podem atuar na fixação de N, solubilização do P, absorção de nutrientes e produção de hormônios vegetais que incentivam o desenvolvimento do sistema radicular (SCHÜTZ et al., 2018). Bomfim (2016) caracterizou os microrganismos do Hortbio[®] encontrando uma grande diversidade de bactérias, leveduras e fungos, vários desses eram PGPR.

Quanto ao efeito das cultivares e das doses sobre a absorção de nutrientes, na Tabela 8 observou-se que as doses aplicadas apresentaram efeito significativo na absorção de nutrientes como: N, P e Ca pelas plantas de alface. A absorção de K, Mg e S não foram afetadas pelas diferentes doses do biofertilizante utilizadas.

As doses de 150 kg ha⁻¹ e 200 kg ha⁻¹ promoveram maior absorção de N. Já a absorção de P foi positivamente afetada pela biofertilização, apresentando seus maiores valores de absorção quando as doses entre 50 e 200 kg ha⁻¹ foram aplicadas (Tabela 8). Os valores de absorção de Ca, por sua vez, foram maiores quando doses situadas em um intervalo de 100 kg ha⁻¹ de N e 200 kg ha⁻¹ de N foram utilizadas.

Tabela 8. Absorção de nutrientes pela alface submetida à aplicação de cinco doses do biofertilizante

Doses biofertilizante (kg N ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	S
0	37,39 b	1,20 b	14,65 a	5,86 b	0,98 a	1,90 a
50	40,64 b	1,36 a	16,66 a	6,65 b	1,09 a	2,11 a
100	42,33 b	1,40 a	16,45 a	7,31 a	1,15 a	2,11 a
150	49,99 a	1,47 a	18,60 a	7,66 a	1,22 a	2,32 a
200	44,93 a	1,55 a	16,17 a	7,32 a	1,10 a	2,23 a
CV%	14,80	18,3	18,4	16,25	17,00	18,70

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna não apresentam diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$)

Existe um comportamento similar com os maiores valores de produção massa fresca e absorção de nutrientes nas doses 150 e 200 kg N ha⁻¹ especialmente para os nutrientes N, P e Ca. Flores-Félix et al. (2013), usando um biofertilizante inoculado com *Rhizobium leguminosarum*, encontraram uma concentração de nitrogênio de 37,2 g kg⁻¹ em tecido vegetal de alface romana. Farrag et al. (2016) testaram diferentes doses de fertilizante convencional juntamente com um fertilizante foliar, registrando uma concentração de 40,3 g kg⁻¹ para este nutriente. Resende (2009) observou que maiores doses de N aplicadas na cultura de alface 120 kg ha⁻¹ de N resultaram em um aumento na concentração de N para 37,2 g kg⁻¹.

Busato et al. (2016) encontraram maiores teores de N em mudas de Guanandi (*Callophyllum brasiliense*) fertilizadas com o biofertilizante Hortbio[®] mais extrato húmico solúvel. Estes autores verificaram que o biofertilizante enriquecido com matéria orgânica e microrganismos pode alterar o perfil de exsudação radicular de ácidos e outros compostos orgânicos das mudas de guanandi, aumentando a oferta de nutrientes para a planta.

Efeito benéfico do uso de biofertilizantes na absorção de nitrogênio, assim como a melhoria do rendimento da cultura do girassol foram observados por Shehata e El-Khawas (2003) ao testarem dois biofertilizantes (biogen e microben) na cultura de girassol. Os valores obtidos na concentração de nutrientes encontram-se dentro da faixa considerada como adequada para esta cultura na fase da colheita 30 a 50 g kg⁻¹.

O biofertilizante Hortbio[®] usado registrou baixas concentrações de P (1,7 g kg⁻¹) e conseqüentemente uma baixa absorção desse nutriente pela alface (1,55 kg ha⁻¹). Concentrações superiores foram evidenciadas (6 g kg⁻¹) em alfaces após o uso de

biofertilizante baseado em *Rhizobium leguminosarium* (FLORES-FÉLIX et al., 2013). Em um sistema hidropônico, Lopes et al. (2003) testaram seis cultivares de alface sem encontrar diferenças significativas entre os diferentes genótipos e o acúmulo de P que, por sua vez, foi superior ao encontrado no presente trabalho (3 kg ha^{-1}). Trabalhos desenvolvidos por Kano et al. (2011) e Sosa et al. (2012) destacaram que as maiores demandas de P para a cultura de alface crespa cv. Verónica são registradas nos estágios de pendoamento e florescimento (49 a 69 DAT), fase não observada no presente trabalho.

Khosravi et al. (2017) avaliaram a absorção de P com diferentes fontes de P orgânico e mineral mais vermicomposto e biofertilizante destacando que o uso deste produto pode mudar as formas químicas de fósforo inorgânico o que neste caso provocou o aumento da absorção de P na cultura de alface.

2.6. CONCLUSÃO

- A cultivar BRS Leila apresentou maior tolerância ao uso de concentrações mais altas do biofertilizante, apresentando melhores resultados quando fertilizadas com solução contendo 10% de biofertilizante. o que pode estar ligado a uma possível maior tolerância a esse estresse abiótico.
- A BRS Mediterrânea e a BRS Lélia apresentaram melhor desenvolvimento quando biofertilizadas na concentração 5%.
- A cultivar BRS Lélia apesar de absorver menos nutrientes que as demais na concentração 5% sua produção não difere das demais cultivares. Destacando também que o acúmulo de nutrientes para essa cultivar foi o mesmo em todas as concentrações.
- A dose de 150 kg ha^{-1} foi aquela que promoveu maior massa fresca nas cultivares de alfaces utilizadas. As doses mais altas do biofertilizante promoveram maior absorção de nutrientes como N, P e Ca.

2.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASNIAYZARE, S. K.; SEDAGHATHOOR, S.; NAGHI, M.; DAHKAEI, M. Effect of biofertilizer application on growth parameters of *Spathiphyllum illusion*. **American Journal Agriculture Environmental Science**, v. 5, p. 669-673, 2012.

ABOU-HADID, A. F.; ABD-ELMONIEM, E. M.; EL-SHINAWY, M. Z.; ABOU-ELSOUUD, M. Electrical conductivity effect on growth and mineral composition of lettuce plants in hydroponic system. **Acta Horticulturae**, v. 434, p. 59-66, 1996.

ALVES, L. D. S.; ARAÚJO, D. L.; SEBASTIÃO, J.; FILHO, D. M. Electric conductivity levels in irrigation water and application of biofertilizer in peanut Br1 crops. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 2, p. 347-355, 2017.

BASLAM, M.; GARMENDIA, I.; GOICOCHEA, N. *Arbuscular mycorrhizal* fungi (AMF) improved growth and nutritional quality of greenhouse-grown Lettuce. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 59, n. 10, p. 5504-5515, 2011.

BENINNI, E. Y. R.; TAKAHASHI, H. W.; SILVIA, C.; NEVES, V. J. Concentration and accumulation of macronutrients in hydroponic and conventional lettuce. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 273-282, 2005.

BHARDWAJ, D.; ANSARI, M. W.; SAHOO, R. K.; TUTEJA, N. Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. **Microbial Cell Factories**, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2014.

BOMFIM, C. A. **Biofertilizante Hortbio®: características microbiológicas e efeito na qualidade da alface**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 147p. 2016.

BONFIM, F. P.; HONÓRIO, I. C.; REIS, I. L.; PEREIRA, A. J.; SOUZA, D. B. **Caderno dos microrganismos-instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM**, Viçosa - Minas Gerais, Universidade Federal de Viçosa, p. 2-32, 2011.

BREMMER, J. M.; MULVANEY, C. S. **Nitrogen-total**, Métodos de Análise de solo, Part 2, Propriedades químicas e microbiológicas. PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA, p. 595-624, 2.ed, 1982.

BUSATO, J. G.; ZANDONADI, D. B.; SOUSA, I. M.; MARINHO, E. B.; DOBBSS, L. B.; MÓL, A. R. Efeito do extrato húmico solúvel em água e biofertilizante sobre o desenvolvimento de mudas de *Callophyllum brasiliense*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 86, p. 161-168, 2016.

CHATTERJEE, R. Influence of nutrient sources on growth, yield and economics of organic lettuce production under foothills of eastern Himalayan region. **Emirates Journal Food Agriculture**, v. 27, n. 5, p. 460-462, 2015.

CHICONATO, D. A.; GALBIATTI, J. A.; MALDONADO, W.; FRANCO, C. F.; CAMELO, A. D. Bovine biofertilizer and irrigation layers on lettuce development and leaf chlorophyll. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n.2, p. 140-147, 2014.

COLLA, G.; ROUPHAEL, Y.; DI MATTIA, E.; EL-NAKHEL, C.; CARDARELLI, M. Co-inoculation of *Glomus intraradices* and *Trichoderma atroviride* acts as a biostimulant to promote growth, yield and nutrient uptake of vegetable crops. **Journal Science Food Agriculture**, v. 95, n. 8, p. 1706-1715, 2015.

DUC, N. H.; MAYER, Z.; PÉK, Z.; HELYES, L.; POSTA, K. Combined inoculation of *Arbuscular mycorrhizal fungi*, *Pseudomonas fluorescens* and *Trichoderma spp.* For enhancing defense enzymes and yield of three pepper cultivars. **Applied Ecology Environmental Resource**, v. 15, n. 3, p. 1815-1829, 2017.

EMATER. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal <http://www.emater.df.gov.br/custos-de-producao/>. Acesso online (12/05/2019).

FALLAH NOSRATABAD, A. R.; ETESAMI, H.; SHARIATI, S. Integrated use of organic fertilizer and bacterial inoculant improves phosphorus use efficiency in wheat

(*Triticum aestivum* L.) fertilized with triple superphosphate. **Rhizosphere**, v. 3, p. 11, 2017.

FARRAG, D.; EL-DEIN, O.; KHAFAGY, I. Impact of Spraying with *Saccharomyces cerevisiae* and some commercial nutrients on lettuce plant (*Lactuca sativa* L.) productivity and prevention of some insect pests. **International Journal Plant Soil Science**, v. 11, n.6, p. 1-11, 2016.

FLORES-FÉLIX, J. D.; MENÉNDEZ, E.; RIVERA, L. P.; MARCOS-GARCÍA, M.; MARTÍNEZ-HIDALGO, P.; MATEOS, F. Use of *Rhizobium leguminosarum* as a potential biofertilizer for *Lactuca sativa* and *Daucus carota* crops. **Journal Plant Nutrition Soil Science**, v. 176, n. 6, p. 876-882, 2013.

GARCIA-GONZALEZ, J.; SOMMERFELD, M. Biofertilizer and biostimulant properties of the microalga *Acutodesmus dimorphus*, **Journal Applied Phycology**, v. 28, n. 2, p. 1051-1061, 2016.

GARMENDIA, I.; MANGAS, V. J. Comparative study of substrate-based and commercial formulations of *Arbuscular Mycorrhizal* fungi in romaine lettuce subjected to salt stress. **Journal Plant Nutrition**, v. 37, n. 11, p. 1717-1731, 2014.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. **Scient Horticulturae**, v. 78, p. 127-157, 1998.

GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H.; RIBEIRO, A.C. **5ta. Aproximação Recomendações para o uso corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, p.13-20, 1999.

HASAN, M.; TAHSIN, A.; ISLAM, M.; ALI, M.; UDDAIN, J. Growth and yield of Lettuce (*Lactuca Sativa* L.) influenced as nitrogen fertilizer and plant spacing. **Journal Agriculture Veterinary Science**, v. 10, n. 6, p. 62-71, 2017.

HASANEEN, M. N. A.; YOUNIS, M. E.; TOURKY, S. M. N. Salinity-biofertility interactive effects on growth, carbohydrates and photosynthetic efficiency of *Lactuca sativa* L. **Plant Omics**, v. 2, p. 60-69, 2009.

INOUE, K. R. A.; SOUZA, C. F.; MATOS, A. T.; SANTOS, N. T.; FERREIRA, W. F. M. Concentração de nutrientes em plantas de milho, adubadas com biofertilizantes, obtidos na digestão anaeróbia de manipueira. **Engenharia Agrícola**, v. 19, p. 236-243, 2011.

ISLAS-VALDEZ, S.; LUCHO-CONSTANTINO, C. A.; BELTRÁN-HERNÁNDEZ, R. I.; GÓMEZ-MERCADO, R.; VÁZQUEZ-RODRÍGUEZ, G. A.; HERRERA, J. M. Effectiveness of rabbit manure biofertilizer in barley crop yield. **Environmental Science Pollution Research**, v. 24, n. 33, p. 5731-5740, 2017.

JUNIOR, C. H.; I.; REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; FRIZZONE, J. A. Influência da condutividade elétrica, concentração iônica e vazão de soluções nutritivas na produção de alface hidropônica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1142-1147, 2008.

KANO, C.; CARDOSO, A. I.; VILLAS-BÔAS, R. L. Acúmulo de nutrientes pela alface destinada à produção de sementes. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 70-77, 2011.

KANTACHOTE, D.; NUNKAEW, T.; KANTHA, T.; CHAIPRAPAT, T. Biofertilizers from *Rhodopseudomonas palustris* strains to enhance rice yields and reduce methane emissions. **Applied Soil Ecology**, v.100, p.154-161, 2016.

KHOSRAVI, A.; ZAREI, M.; RONAGHI, A. Influence of biofertilizers and phosphate sources on the phosphorus uptake of lettuce and chemical forms of phosphorus in soil. **Communication Soil Science Plant Analysis**, v. 48, n. 22, p. 2701-2714, 2017.

KOHLER, J.; HERNÁNDEZ, J. A.; CARAVACA, F.; ROLDÁN, A. Induction of antioxidant enzymes is involved in the greater effectiveness of a PGPR versus AM

fungi with respect to increasing the tolerance of lettuce to severe salt stress. **Environmental Experimental Botany**. v. 65, p. 245-252, 2009.

LOPES, M. C.; FREIER, M.; MATTE, J. D.; GÄRTNER, M.; FRANZENER, G.; CASIMIRO, E. L. N. Acúmulo de nutrientes por cultivares de alface em cultivo hidropônico no inverno. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 211-215, 2003.

LUCINI, L.; ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; CANAGUIER, R.; KUMAR, P.; COLLA, G. The effect of a plant-derived biostimulant on metabolic profiling and crop performance of lettuce grown under saline conditions. **Science Horticulturae**, v.182, p. 124-133, 2015.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potafos, 2nd edição. Piracicaba, 1997.

MANYUCHI, M. M.; CHITAMBWE, T.; PHIRI, A.; MUREDZI, P.; KANHUKAMWE, Q. Effect of vermicompost, vermiwash and application time on soil physicochemical properties. **International Journal Chemical Environmental Engineering**, v. 4, n. 4, p. 216-220, 2013.

MARTINEZ, V.; BERNSTEIN, N.; LÄUCHLI, A. Salt-induced inhibition of phosphorus transport in lettuce plants. **Physiologia Plantarum**, v. 97, n. 1, p. 118-122, 1996.

MUNNS, R. Genes and Salt Tolerance. **New Phytologist**, v. 167, n. 3, p. 645-663, 2005.

OLIVEIRA, J. R.; GOMES, R. L. F.; ARAÚJO, A. S. F.; MARINI, F. S.; LOPES, J. B.; ARAÚJO, R. M. Estado nutricional e produção da pimenteira com uso de biofertilizantes líquidos. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p.1240-246, 2016.

PEŠAKOVIĆ, M.; KARAKLAJIĆ-STAJIĆ, Ž.; MILENKOVIĆ, S.; MITROVIĆ, O. Biofertilizer affecting yield related characteristics of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) and soil micro-organisms. **Science Horticulturae**, v. 150, p. 238-243, 2013.

RESENDE, G. M.; ALVARENGA, M. A.; YURI, J.E.; SOUZA, R. J.; MOTA, J. H.; CARVALHO, J. G.; JÚNIOR, J. C. Rendimento e teores de macronutrientes em alface tipo americana em função de doses de nitrogênio e molibdênio em cultivo de verão. **Ciência Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 153-163, 2009.

SAEED, K. S.; AHMED, S. A.; HASSAN, I. A.; AHMED, P. H. Effect of bio-fertilizer and chemical fertilizer on growth and yield in cucumber (*Cucumis sativus*) in green house condition. **Pakistan Journal Biological Sciences**, v. 18, n. 3, p. 129-134, 2015.

SEO, M. W.; YANG, D. S.; KAYS, S. J.; KIM, J.; WOO, J. H.; PARK, W. K. Effects of nutrient solution electrical conductivity and sulfur, magnesium, and phosphorus concentration on sesquiterpene lactones in hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 122, p. 369-374, 2009

SCHÜTZ, L.; GATTINGER, A.; MEIER, M.; MÜLLER, A.; BOLLER, T.; MÄDER, P.; MATHIMARAN, N. Improving crop yield and nutrient use efficiency via biofertilization—A global meta-analysis. **Frontiers Plant Science**, v. 8, p. 13, 2018.

SHANNON, M. C.; GRIEVE, C. M. Tolerance of vegetable crops to salinity. **Science Horticulturae**, v. 78, p. 5-38, 1998.

SHEHATA, M. M.; EL-KHAWAS, S. A. Effect of two biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acid content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower (*Helianthus annuus* L. cv. Vedock). **Pakistan Journal Biological Sciences**, v. 6, n. 14, p.1257-1268, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2009. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed. 819p.

TURHAN, A.; KUSCU, H.; OZMEN, N.; ASIK, B. B.; SERBECI, M. S.; SENIZ, V. Alleviation of deleterious effects of salt stress by applications of supplementary

potassium-calcium on spinach. **Acta Agriculturae Scandinavica Soil Plant Science**, v. 63, n. 2, p. 184-192, 2013.

WANG, C. S.; KUO, S. Z.; KUO-HUANG, L. L.; WU, J.S.B. Effect of Tissue Infrastructure on Electric Conductance of Vegetable Stems. **Journal of Food and Science**, v. 66, n. 2, p. 284-288, 2001.

XU, C.; MOU, B. Evaluation of lettuce genotypes for salinity tolerance. **Horticulturae Science**, v. 50, n. 10, p. 1441-1446, 2015.

XU, L.; GEELEN, D. Developing biostimulants from agro-food and industrial by-products. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1-25, 2018.

3. RECOMENDAÇÕES FINAIS

- Considerando-se que são misturas complexas derivadas de matérias-primas de origem altamente diversificada, a composição química e teores de nutrientes dos biofertilizantes são muito variáveis. Foi nesse contexto que o presente estudo procurou gerar informações sobre as características químicas do biofertilizante convenientes para melhorar a precisão das futuras formulações de biofertilizantes.
- A cultura de alface, por ser uma folhosa de rápido desenvolvimento, apresenta uma boa resposta à adubação nitrogenada. Por isso, as formulações do Hortbio[®] tiveram como ponto de partida a necessidade de N exigida pela cultura, com impactos benéficos na produtividade da planta após aplicação. Fornecendo informação para o manejo adequado da cultura. Contudo, existem algumas questões da pesquisa que devem ser consideradas em trabalhos futuros, os experimentos do presente estudo foram de curto prazo; no entanto, os efeitos do biofertilizante Hortbio[®] podem ser mais amplos e deveriam ser conduzidos por períodos mais longos em outras culturas de ciclos maiores, visando avaliar outros parâmetros como o comportamento do sistema radicular após aplicação do biofertilizante.
- Apesar do agronegócio brasileiro ser responsável por quase 30% do PIB, sua vulnerabilidade é uma preocupação econômica comum, já que importamos quase todo o fertilizante NPK. Esse cenário é mais sensível em sistemas de produção sustentáveis (por exemplo, agricultura orgânica ou agroecológica), onde o número de opções de fertilizantes é limitado. Por isso, a busca por alternativas sustentáveis, como o biofertilizante produzido pela reciclagem de subprodutos resultado de atividades agropecuárias, urbanas, industriais, representa uma grande oportunidade de viabilização e sustentabilidade ambiental que pode contribuir para a redução da dependência externa de fertilizantes.