

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Tamara Righetti Tupini Cavalheiro

APLICAÇÃO DE RESÍDUOS VEGETAIS COMO FERTILIZANTES ORGÂNICOS
APPLICATION OF VEGETABLE WASTE AS ORGANIC FERTILIZERS

Rio de Janeiro
2019

Tamara Righetti Tupini Cavalheiro

APLICAÇÃO DE RESÍDUOS VEGETAIS COMO FERTILIZANTES ORGÂNICOS

Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência dos Alimentos

Orientadores: Profa. Dra. Édira Castello Branco de Andrade Gonçalves
Profa. Dra. Elisa d'Avila Costa Cavalcanti
Prof. Dr. Diogo de Azevedo Jurulevicius

Rio de Janeiro
2019

Catálogo informatizado pelo(a) autor(a)

R376

Righetti Tupini Cavalheiro, Tamara
APLICAÇÃO DE RESÍDUO BIODEGRADÁVEL COMO
FERTILIZANTES ORGÂNICOS / Tamara Righetti Tupini
Cavalheiro. -- Rio de Janeiro, 2019.

88

Orientadora: Édira Castello Branco de Andrade
Gonçalves.

Coorientador: Elisa d Avila Costa Cavalcanti.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do
Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação
em Alimentos e Nutrição, 2019.

1. fertilizantes orgânicos. 2. solo. 3. alface.
4. atividade antioxidante. I. Castello Branco de
Andrade Gonçalves, Édira , orient. II. d Avila Costa
Cavalcanti, Elisa, coorient. III. Título.


Tamara Righetti Tupini Cavalheiro

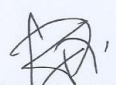
**APLICAÇÃO DE RESÍDUO BIODEGRADÁVEL COMO FERTILIZANTES
ORGÂNICOS**

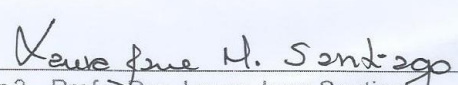
Dissertação de Mestrado do Programa
de Pós-graduação em Alimentos e
Nutrição da Universidade Federal do
Estado do Rio de Janeiro, como requisito
parcial para obtenção do título de Mestre
em Ciência dos Alimentos

Aprovado em: 15/08/2019

BANCA EXAMINADORA


Avaliador 1 - Profa. Dra. Édira Castello Branco de Andrade Gonçalves
Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição / UNIRIO


Avaliador 2 - Prof. Dr. Caio Távora Rachid Coelho Da Costa
Instituto de Microbiologia Paulo de Góes / UFRJ


Avaliador 3 - Profa. Dra. Laura Jane Santiago
Instituto de Biociências / UNIRIO

“Toda dificuldade traz um aprendizado ou uma reflexão.
No aprendizado você adquire uma nova experiência.
Na reflexão você reflete sobre suas atitudes
e toma uma nova direção.”

-Damião Maximino

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado força para não desistir nos momentos mais difíceis, por ter me dado paciência, foco e sabedoria para fazer as melhores escolhas, sempre que possível. Agradeço a minha família, mãe, pai, irmãos e sobrinhos, pelo apoio, amor e confiança, passados mesmo a distância nesses anos longe de casa, mas principalmente por acreditarem em mim, mesmo quando eu não acreditava.

Agradeço à minha amiga, Josi, que sempre me apoiou e me ouviu nos momentos que eu mais precisei e às minhas amigas de apartamento (Carol, Larissa, Andressa, Millena e Thais) por toda a paciência, apoio e compartilhamento de histórias nesses dois breves anos de estadia juntas, apesar de parecer que as conheço uma vida toda e às amigas que fiz durante o mestrado, Talita, Patrícia e Nathânia, por toda a força e apoio e pelos ótimos momentos de risadas.

À professora Édira Castello Branco de Andrade Gonçalves, por todos os ensinamentos e exigências, que me adicionaram aprendizados, lições e me tornaram uma profissional melhor, à professora Elisa D'Avilla Cavalcanti pela troca de conhecimento, apoio e conselhos que foram essenciais para conseguir completar essa etapa da minha vida e ao professor Diogo de Azevedo Jurelevicius, que mesmo com pouco tempo de orientação, me passou conhecimento e sempre que possível se prontificou a me ajudar.

Ao pessoal do laboratório de Biotecnologia e Ecologia Microbiana (Labem- UFRJ), principalmente, por terem me recebido tão bem e por todos os momentos de descontração e ensinamentos e a todos que me ajudaram de alguma forma a conseguir completar essa etapa.

Agradeço apoio financeiro à CAPES.

Muito obrigada!

RESUMO

No Brasil, o desperdício é considerado um grande problema, pois chega a 26 mil toneladas de resíduos por ano e desse valor 60% é de origem alimentar. Com isso, os objetivos desse trabalho são apresentar os principais resíduos agro-industriais gerados e as diferentes alternativas para seu uso no solo, além da produção de dois fertilizantes orgânicos, um a base de casca de cebola, chamado de Farinha de Casca de Cebola (FCC) e outro de resíduos da produção de bebida isotônica de frutas e hortaliças, Farinha de Frutas e Hortaliças (FFH) com intuito de avaliar o comportamento do solo e a influência na qualidade nutricional de alface cultivada com esses dois resíduos. Esta dissertação será apresentada na forma de artigos, inicialmente revisão bibliográfica e na sequência dois artigos com os dados produzidos, conforme segue: duas frequências de irrigação foram comparadas: Alta Irrigação (AI) e Baixa Irrigação (BI) por 35 dias. Solo puro (P), solo com FCC a 10% e solo com FFH a 3% foram analisados quanto a Capacidade de retenção de água (CRa), umidade (U), pH e respiração basal (RBS). As mesmas análises do solo foram feitas na semeadura, transplântio e colheita, além de análises da atividade antioxidante e fenólicos totais da alface. O solo com adição dos fertilizantes orgânicos mostrou aumentar a CRa, o teor de umidade e a RBS sob AI, já na condição BI, a aplicação dos fertilizantes não foi tão significativa nestes parâmetros. O pH apresentou variações no decorrer do tempo e o solo com adição de FFH e FCC teve impacto na atividade metabólica, principalmente sob AI. A capacidade antioxidante da alface aplicando Folin foi 8,89 mg EAG/g MF (massa fresca), ABTS foi 4,09 mg Trolox/g⁻¹ MF e por FRAP 1,73 mg Fe²⁺/g MF. Portanto, os resíduos quando aplicados como fertilizantes orgânicos mostraram impactar a qualidade do solo, principalmente com relação aos efeitos na sua estrutura, visto com FCC, além do solo com FFH ser um bom substrato para plantio de alface tendo contribuído para a melhora da atividade antioxidante desta.

Palavras-chave:resíduos orgânicos; solo; alface; capacidade antioxidante.

ABSTRACT

In Brazil, waste is considered a major problem, as it reaches 26,000 tons of waste per year and 60% of this amount is food. Thus, the aims of this work are to present the main agro-industrial residues generated and the different alternatives for its use in the soil, besides the production of two organic fertilizers, one based on onion skin, called Onion Peel Flour (OPF) and another from residues from the fruit and vegetable isotonic beverage production, Fruit and Vegetable Flour (FVF) in order to evaluate the soil behavior and the influence on the nutritional quality of lettuce grown with these two residues. Two irrigation frequencies were compared: High Irrigation (HI) and Low Irrigation (LI) for 35 days. Pure soil (P), soil with 10% FCC and soil with 3% FFH were incorporated into the soil, being analyzed for water holding capacity (WHC), moisture (M), pH and basal respiration (BSR). The same analyzes were made in the sowing, transplanting and harvesting of lettuce, besides analysis of the antioxidant activity and total phenolic. The soil with the addition of organic fertilizers showed to increase the WHC, M and RBS of the soil under HI. In the condition under LI, all samples presented small variations. The pH presented variations over time and the soil with FVF and OPF had an impact on the metabolic activity, mainly under HI. The antioxidant activity of lettuce harvested by the Folin method was 8.89 mg EAG / g FW (fresh weight), by the ABTS method 4.09 mg Trolox/g⁻¹FW and by FRAP 1.73 mg Fe²⁺/g FW. Therefore, the residues showed to impact the soil quality, mainly to the effects related to the soil structure, besides the fact that the FVF has been shown to be a good substrate for lettuce planting and contributed to the improvement of its antioxidant activity.

Keywords: Soil; organic residues; antioxidant capacity; lettuce.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
INTRODUÇÃO	11
2 ALTERNATIVES OF USE AGRO-INDUSTRIAL WASTES FOCUSING IN SOIL IMPROVEMENT: A REVIEW	13
2.1 Introduction	14
2.2 Fertilizer	19
2.3 Composting	21
2.4 Vermicomposting	23
2.5 Soil Conditioners	23
2.6 Mulching	24
2.7 Biochar	25
2.9 Conclusion	27
3 IMPACTO NA QUALIDADE DO SOLO COM A ADIÇÃO DE DOIS FERTILIZANTES ORGÂNICOS PRODUZIDOS COM RESÍDUOS VEGETAIS	29
3.1 INTRODUÇÃO	31
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.2.1 Elaboração do fertilizante orgânico a partir de casca de cebola (FCC)	33
3.2.2 Pré-tratamento do solo	33
3.2.3 Preparo do solo	33
3.2.4 Desenho experimental	34
3.2.5 Análises do solo	34
Coleta da amostra	34
Capacidade de retenção de água	34
Umidade	34
Respiração basal	35
pH	35
3.2.6 Tratamento estatístico	35
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
3.4 CONCLUSÃO	45
3.5 ABREVIACÕES USADAS	45
3.6 AGRADECIMENTOS	46
4 INFLUÊNCIA NO CULTIVO DE ALFACE (<i>LACTUCA SATIVA</i> L.) EM SOLO ADICIONADO DE FERTILIZANTES ORGÂNICOS PRODUZIDOS COM RESÍDUOS VEGETAIS	47
4.1 INTRODUÇÃO	49
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS	50
4.2.1 Elaboração do fertilizante orgânico a partir de casca de cebola (FCC)	51
4.2.2 Pré-acondicionamento do solo	51
4.2.3 Desenho experimental	51
4.2.4 Análises do solo	52

Coleta da amostra	52
Umidade	52
Capacidade de retenção de água	52
Respiração basal	52
pH	53
4.2.5 Análises nas folhas da alface	53
Preparo da amostra	53
Atividade antioxidante	53
4.2.6 Tratamento estatístico	54
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.3.1 Qualidade do solo	54
4.3.2 Características da alface	60
4.4 CONCLUSÃO	62
4.5 ABREVIACÕES USADAS	62
4.6 AGRADECIMENTOS	63
5 REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2013)¹ define agricultura familiar como “um meio de produção agrícola, florestal, pesqueira, pastoril e aquícola, operada e gerida por uma família e predominantemente dependente da mão-de-obra familiar, incluindo as mulheres e os homens.” Essa organização é responsável por fornecer mais de 60% dos alimentos consumidos pelos brasileiros² e dentre os principais alimentos produzidos pela agricultura familiar estão o milho, arroz, mandioca e feijão^{3,4}. Além disso, durante as etapas de colheita e processamento industrial são gerados grandes quantidades de resíduos agroindustriais. Estes, são ricos em lignina e celulose e representam uma matéria-prima barata e abundante⁵.

A aplicação desses resíduos no solo possui a vantagem de aumentar o conteúdo da matéria orgânica, a retenção da água, de tamponar a acidez do solo e estimular a atividade microbiana, caracterizando um fertilizante orgânico⁶. De acordo com Pellejero et al. (2017)⁷, esta é uma prática que vem sendo muito utilizada em vários países com benefícios sobre propriedades físico-químicas e biológicas do solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes, como Nitrogênio (N), fósforo(P), potássio(K), cálcio (Ca) e ferro (Fe) e a sua fertilidade.

Em estudo realizado por Martins et al. (2011)⁸, foi gerado uma grande quantidade de resíduo na produção de uma bebida isotônica com uso integral de 3 frutas e 8 hortaliças, no qual passou por procedimento de secagem, produzindo a Farinha de Frutas e Hortaliças (FFH). Esta mostrou ter um alto conteúdo de biopolímeros (aproximadamente 84%), notável capacidade antioxidante (61% de inibição do DPPH - 2,2-difenil-1-picrilhidrazila)⁹ e 88 compostos fenólicos foram identificados¹⁰.

A cebola (*Allium cepa L.*) é a segunda hortaliça mais cultivada no mundo. O seu processamento está associado a grande geração de resíduos, sendo os principais as cascas, as raízes e os bulbos^{11,12}. Ela é constituída por grande quantidade de carboidratos (82,15%) e mostrou ter um alto teor de biopolímeros (aproximadamente 93%)¹³, apresentou uma alta capacidade antioxidante (76% de inibição do DPPH)¹⁴ e quantidades significativas de flavonoides (2-10g/kg), principalmente os derivados da quercetina^{15,16}.

A alface (*Lactuca sativa L.*) é a hortaliça folhosa mais popular com relação ao seu consumo e ainda apresenta grande importância na alimentação humana¹⁷. Devido ao grande

número de variedades, ela pode ser cultivada com sucesso quase ao longo do ano todo¹⁸e apresenta ainda, alto potencial de produção com fertilizantes orgânicos¹⁹. Sob o ponto de vista nutricional, é rica em ácido ascórbico, vitaminas A e K, folatos, carotenóides e outros bioativos, apresentando alta capacidade antioxidante²¹⁻²².

Visto isso, os objetivos desse trabalho são apresentar os principais resíduos gerados e as diferentes alternativas para seu uso no solo, além da produção de dois fertilizantes orgânicos, um à base de casca de cebola (*Allium cepa* L.) e outro a partir da farinha de frutas e hortaliças (FFH) com intuito de avaliar o comportamento do solo com a adição destes e a influência na qualidade nutricional de alface cultivada com esses dois fertilizantes orgânicos.

Esta dissertação será apresentada na forma de artigos, inicialmente uma revisão bibliográfica relacionada a resíduos agroindustriais e na sequência dois artigos com os dados produzidos. O primeiro artigo avaliará o impacto dos fertilizantes orgânicos na qualidade do solo e o segundo no cultivo da alface.

**2 ALTERNATIVES OF USE AGRO-INDUSTRIAL WASTES FOCUSING IN SOIL
IMPROVEMENT: A REVIEW**

Tamara Righetti Tupini Cavalheiro¹ and Édira Castelo Branco de Andrade Gonçalves^{1*}

¹Laboratoty of Bioactive, Center of Nutritional Biochemistry, Food and Nutrition Graduate Program, Federal University of State of Rio de Janeiro, UNIRIO. Av. Pasteur, 296, 22290-240
Rio de Janeiro, Brazil

-REVIEW ARTICLE-

**(Formatado para submissão na Revista Ciência Rural (ISSN 1678-4596 – Qualis B2
2013/2016 área Ciências dos Alimentos)**

ABSTRACT

Family farming is responsible for providing a significant proportion of some specific crops in the worldwide. In steps of harvesting and industrial processing, are produced large quantities of residues, which are called agro-industrial waste that generally are discarded in landfill. They are rich in lignocellulosic material, which represents a cheap and available feedstock in a great amount. Different processes can be used for them return to the soil, such as composting, fertilizers, biochar, among others. This contributes positively to soil fertility and yield of crop, besides having a beneficial effect to the environment. These residues are formed by straw, cob, husk and bagasse, which are usually directed to the production of animal feed, or pass through the burning, with the generation of polluting gases. This work aims to show up the main generated wastes and evaluate the different alternatives for their use on soil.

Keywords: Family farming, residues, agro-industrial, soil, sustainability.

INTRODUCTION

The Food and Agriculture Organization (FAO, 2013) defines family farming as “a means of organizing agricultural, forestry, fisheries, pastoral and aquaculture production which is managed and operated by a family and predominantly reliant on family labor, including both women’s and men’s. The family and the farm are linked, co-evolve and combine economic, environmental, social and cultural functions”(GARNER & CAMPOS, 2014). Otherwise, the Brazilian legislation considers the family farmer as a producer who does not have an area bigger than four fiscal module; predominantly uses family labor for the activities; has a minimum percentage of the economic activities originated from their establishment or enterprise; and manages it with their family(PLANALTO - BRASIL, 2006). Fiscal module was established in Brazil by Law n. 6.746 of December 10th 1979, which has defined the minimum size of land economically viable by family unit. This is an agrarian unit of measure which varies geographically from 5 to 110 hectares depending on where the farm is located(MEDINA et al., 2015).

It is estimated that about 98% of all farms are managed by families(RICCIARDI et al., 2018), besides being responsible for providing 84% of all the yam, rice, maize, cassava and beans produced in Fiji. At the United States of America (USA), family farmers generates 84% of all agricultural production(FAO, 2011) and in Brazil, these producers provide crops such as beans (67%), cassava (84%) and corn (49%)(RICCIARDI et al., 2018). In addition, family farming contributes to the basic feeding of families, representing more than 60% of the food consumed by Brazilians(REIS; MOREIRA; CUNHA, 2017).

According to Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE, 2016), the main crops with destined areas for harvesting Brazil were soybean, corn, rice, wheat, cotton and beans, being

the first one the crop with the largest production area (IBGE, 2016). Consequently, there is a high production of wastes that are generally not used, especially those generated both at harvesting and after the processing of the raw material in the industry.

Agro-industrial wastes represent an important source of lignocellulosic material; besides that increase soil microbial diversity; are a potential substrate available at low cost and are rich in beneficial plant nutrients such as Nitrogen (N), Phosphorus (P), Potassium (K) and Sulphur (S)(NEETHU et al., 2015; SINGH et al., 2018). In China, 700 million tons per year of agricultural residues are produced from different kinds of crops, like soybean, rice, wheat and corn, accounting for 20-30% of the worldwide production (WEI et al., 2019). These wastes are defined based on their generation establishment, and they may be composed by leaves, straws, cobs and stalks, which are known as agricultural wastes, and also dreg, bagasse and husk/hull, being called industrial wastes(SADH et al., 2018). Wheat, corn, and rice straw reached around 600 million tons annual outputs in China. The worldwide cereal production is about 1.8 billion tons, of which 500–600 million tons are from wheat, being the wheat straw represented by 170 million ton per year, which are mainly destined to burn(CHEN et al., 2018). Concerning to corn, the cob is the main residue from its harvesting. It is considered that about 20% of the total production of this vegetal comes from this residue(CASSALES et al., 2011). Rice is the third most important crop in the world, behind only of the wheat and maize ones. During the grinding stage of this cereal, around 9 to 10% of bran, and 20% of husk are produced(BALCI et al., 2017).

Soybean is the crop with a largest production in the world. The USA are the major producers of this grain, followed by Brazil and Argentina. Its major byproduct is hull, which is obtained in processing (8-10% of grain) and during production of tofu or soybean milk, where are generated around 50% soybean dregs, and after isolating soybean protein, around 30-40% of

these residues are produced. Straw is another byproduct from soybean production, which is generated during the crop, and this residue consists of stems, leaves, and pods. Soybean straw has high polysaccharide content, but does not need an extensive grinding process before the pretreatment as other lignocellulosic material(CABRERA et al., 2015; CASSALES et al., 2011; QU et al., 2017). The main components present in the agro-industrial wastes cited above are detailed in Table 1.

Considering that 76% of the daily generated wastes are deposited in landfills, and 60% of this amount is composed by organic waste(LOCATELLI et al., 2008), the use of agro-industrial wastes as substrates in bioprocesses, besides being economically feasible, contributes to the reduction of environmental problems and can be considered a potential source for the creation of new products with economic and social interests³⁸. It is clear that this subject is extremely relevant, and in this review will be presented and critically analyzed some strategies (fertilizers, composting, vermicomposting, soil conditioners, mulching, biochar and bioremediation with enzymes) for the promotion of the recycling of different wastes, and also their application in soil recovery and as a soil enhancer.

2.2 Fertilizer

According to British Columbia Ministry of Agriculture³⁹ fertilizers are products that contain a C/N rate below 20:1 and act by supplementing significant amounts of nutrients to improve crop productivity. Several agricultural and industrial wastes may be used as organic fertilizer, having a low cost of acquisition and a simple application in soil(OLIVEIRA et al., 2018).

Its advantages to the soil includes: decrease C/N rates, better soil aggregate stability and residual N effects in the following years, besides influencing its microbiota, such as changes in the community of nitrogen fixing bacteria, methanotrophic and cellulolytic bacteria(DING et al., 2016; MA et al., 2018).

Agricultural residues can stimulate the proliferation of microorganisms and improve the immobilization of N fertilizers, besides presenting positive responses with the addition of corn residues in relation to soil immobilization with this nutrient for the crop (LIU et al., 2018).

Table 1. Main compounds on agro-industrial wastes

Crops	Agro-industrial Waste	Composition (dry weight)	References
Rice	Straw	Cellulose: 30.5% Hemicellulose: 21.1% Lignin: 19.7% Ash: 12% (mainly silica)	(NASCIMEN TO et al., 2016)
	Husk	Cellulose: 35% Hemicellulose: 25% Lignin: 20% Silica: 20%	(ZHANG et al., 2015)
Soybean	Straw	Cellulose: 35.3% Hemicellulose: 16.9% Lignin: 21.7% Ash: 10.6%	(CABRERA et al., 2015)
	Dreg	Protein: 12.07% Fat: 5.52% Total Dietetic Fiber: 69.41% Ash: 3.06%	(QU et al., 2017)
	Hull	Cellulose: 39.7% Hemicellulose: 25.5% Lignin: 9.1% Ash: 0.6% Protein: 13.1%	(CASSALES et al., 2011)
	Straw	Cellulose: 30% Hemicellulose: 50% Lignin: 15%	(SINCLAIR et al., 2018)
Wheat	Cob	Cellulose: 38.8% Hemicellulose: 36.4% Lignin: 13.1% Ash: 3.2%	(LIU et al., 2010)
	Stalk	Cellulose: 39% Hemicellulose: 42% Lignin: 7.30% Ash: 24.9%	(DAUD et al., 2014)
	Stover	Cellulose: 38.9% Hemicellulose: 28.6% Lignin: 16.2% Protein: 4.5% Ash: 4.8%	(TEMPLETON et al., 2009)
	Peel	Starch: 47.16% Lignin: 1.92% Protein: 2.40% Ash: 6.30% Cyanide: 9.30mg/kg	(BAYITSE et al., 2015)

The incorporation of rice straw into the soil shows positive effects, because of its C/N ratio, it still increases the microbial biomass and N mineralization in long term. The study showed that the mixture of peanut residues with the rice straw increased the productivity of the rice crop (KAEWPRADIT et al., 2009).

Thind et al. (2017) analyzed the bagasse and rice husk and obtained positive results in the soil. The relation between them increased productivity and the improved content of some plant essential nutrients, such as P and K, was also verified in the soil and culture, reducing the need for the application of external inputs, besides being a cheaper alternative (DE OLIVEIRA et al., 2017). In cereal straw such as corn and rice, for example, about 75-80% of the potassium is retained in these residues (BROCKMANN et al., 2018; SINGH et al., 2018). In addition, the excessive use of inorganic fertilizers causes acidification of the soil, reduction of the microbial biomass and its diversity (MA et al., 2018).

Therefore, the use of organic fertilizers in cropping systems is the most viable option for farmers to keep their field in a productive state (NIGUSSIE et al., 2015).

2.3 Composting

Agricultural residues are ideal for composting because they are rich in lignocellulosic components, which have been shown to be an important source of soil carbon and for contain low moisture content (CAYUELA et al., 2012; DU et al., 2018). Composting is defined as a biologic process, which can be natural or controlled, from raw materials of animal or vegetal origin and may be enriched with minerals or agents able to improve their physical, chemical or biologic properties without forbidden substances by the organic regulation (CARNEIRO et al., 2013; MAPA, 2014) obtaining a stable compost which can be used as an amend in soil

(MOHAMMADI et al., 2017). Through the microorganisms action the reduction from organic matter in simpler components happens, making them more accessible to the plant(WAQAS et al., 2018).

To assure an adequate composting, it is important to provide favorable conditions to the microbial activity, like pH, moisture, aeration rate and temperature, besides to substrate variable, like nutrient content, particle size and C/N rate, with duration about 180 days to complete the different process stages(CZEKAŁA et al., 2017; WAQAS et al., 2018).

Some physicochemical parameters, such as the C/N rate ranging from 25 to 30, the moisture between 45 and 50%, pH next the neutrality and the porous structure must be met to ensure adequate composting(AZIM et al., 2018).

During this process, there is an increase in temperature, which can reach 70°C, promoting the elimination of pathogens. Thus, there is the permanence from thermophilic microorganisms, responsible for the decomposition of organic matter (YU et al., 2018).

Soybean residues, for example, have an important property for composting. Most part of proteins (90%) present in soybean dreg are storage protein, which can increase the enzymatic activity of the soil and, besides, be able to act by accelerating the decomposition of organic matter(ZHANG & SUN, 2018). Pan et al.(2012) analyzed some residues with relation to their quality of the compounds produced, identifying the wheat straw as a suitable raw material for this process, since this residue was converted to a amendment in 75 days.

Thus, composting is considered an adequate method for the management of organic waste, besides providing beneficial effects to soil and having a cheap operation cost(LI et al., 2013).

2.4 Vermicomposting

Vermicomposting is a well-known process for utilization of organic waste. Vermicomposting and composting are widely used to produce a manure for the soil and are an important source of nutrients to the plants(HANC & DRESLOVA, 2016).

The vermicompost is formed by the conversion of organic matter into a manure rich in nutrient, carried out by the interaction between earthworms and microorganisms(LAZCANO & DOMÍNGUEZ, 2011; SINGH et al., 2011). This has a high moisture retention capacity, contains minerals, auxins, and cytokinins (hormones that act on plant development), improves soil structure and fertility, reduces its acidity, protects against erosion, increases its porosity and reduces the C/N ratio(SINGH et al., 2011; VEGA, 2016).

Compared to composting, the nutrient content is generally higher in the vermicompost, which is rich in nitrogen, potassium, phosphorus, and calcium, there is a higher amount of nitrogen in the soil due to the great of nitrogen bioconversion process by earthworms and it needs to be conducted in a specific range of temperatures (25–40°C), in a high humidity (70–90%) to earthworm maintenance and this process has a duration of around 261 days to finalize(BHAT et al., 2018; FORNES et al., 2012).

According toTopoliantz et al. (2005), cassava peel could be used for vermicomposting despite cyanide toxicity. The incorporation from this residue (with a high phosphorus content) and charcoal showed beneficial results in improving soil nutrient status, through the input of phosphorus, besides providing an appropriate condition for earthworm development. At study was highlighted the ability of earthworms to reduce the toxicity of cassava peel, producing a more adequate vermicompost ⁷⁵.

Suthar (2009) used wheat and millet straw and reused them for the production of a vermicompost. The final product presented an increase in the N, P, K and Calcium (Ca) contents and reduced the organic carbon content, indicating that they are good substrates for conversion by this process.

Shak et al. (2014) compared the straw and the rice husk, evidencing that the rice straw obtained better results, as much in relation to the amount of nutrients in the compound as in the biomass of the earthworm. In another study the quality of the vermicompost formed from different agricultural residues (sugarcane, soybean, sorghum, peas, wheat and sunflower) was analyzed. Among the different vermicompost, soybean residue was the one with the best quality, with high levels of N,P and K (BHOR et al., 2013).

Aynehband et al. (2017) analyzed the residues of rice, wheat and maize. The wheat residues resulted in a biomass with greater weight (50%) and rice with higher yield of grains planted with the vermicompost, obtaining different results varying according to the agricultural residue used. In another study, different agricultural residues (cow manure, elephant manure, coconut husk, watermelon husk, soybean meal and ground coffee) were evaluated for vermicompost and earthworm biomass production, being the vermicompost of the soy residue the highest quality and with the highest biomass(KHWANCHAI &KANOKKORN, 2018).

Karmakar et al. (2015) compared the application of vermicompost of organic residues to chemical fertilizers and showed that the application of vermicompost has better responses regarding the physical, chemical and soil fertility properties.

2.5 Soil Conditioners

The conditioners give the soil the physical properties which are necessary to enable the proper growth of the plant, aiding in its structural stability. A soil with a good structure must present some characteristics, including: porosity, permeability, friability and nutrient flowability, which allow an adequate growth of the plant and prevention against erosive processes. In addition, to be considered as soil conditioner the product must contain a C/N rate greater than 30:1(LAURA et al., 2014; MINISTRY OF AGRICULTURE, 2014).

They may be made of synthetic or natural origin, and materials such as manure, green manure, humic substances, peat, leaves and inorganic materials including gypsum, sulfur and hydrophilic polymers such as hydrogels(LIU et al., 2017; XU et al., 2013; ZIA-UR-REHMAN et al., 2016). Hydrogels can be produced from polysaccharides, which are biodegradable and non-toxic to the environment, becoming a suitable form for use in soil; however, other materials can be used for their production, such as acrylamide(GUILHERME et al., 2015; MILANI et al., 2017). In a study, a hydrogel was produced with rice husk and polyacrylamide, which resulted in an improvement of the water retention in the presence of the residue and proved be adequate to be used as soil conditioner(CÂNDIDO et al., 2013).

Nevertheless, it has been seen in many studies that residues such as rice hulls have been used with the aim of improving some soil properties, such as density, porosity and moisture retention, which resulted in a higher productivity of crop added with this residue(DEMIR & GÜLSER, 2015; SIMÕES et al., 2015).

Humic acids and biochar are products that can also be used as soil conditioners. Humic acids are produced by chemical and biological decomposition of organic matter, are

biodegradable, less expensive, yet have influence on crop growth and yield. These are formed during the soil humification process(MOUSA, 2017; WANG et al., 2016).

Rice husk can act as a biosorbent. Considering this property, this residue was used in a study with the purpose of removing humic compounds in peat swamp waters, where there is a great presence of them (SHAK et al., 2014). This rice husk demonstrates to be an approach for the treatment of contaminated water and agriculture (ABUBAKAR et al., 2017).

Therefore, the addition of these components can promote an efficient improvement of the soil, being possible to use the residues generated in agriculture with this function, improving its quality and protecting against erosive processes, besides being an environmentally correct practice(LERMA et al., 2018; MIRANDA et al., 2017).

2.6 Mulching

Mulching is a strategy for retention of residues above the soil after harvesting the crop. It is considered a sustainable technique of soil management that forms a physical barrier, acting in the retention of soil moisture, improvement of the structure, erosive process control; suppression of weed growth, increase of organic matter and carbon and nitrogen contents; and reducing the need for external inputs(CHEN et al., 2017; KOUCHER et al., 2017). Besides that, the presence of pores in the soil contributes to the increase of water drainage capacity (NISHIGAKI et al., 2016).

To provide effective protection against soil erosion processes, the soil should have 30% to 50% of its area covered by residues ³⁹. This practice can be done using synthetic or natural materials such as polyethylene, paper and agricultural waste. Although plastic sources are considered low cost, their use for this purpose presents difficulties in their complete with drawal

from the field (KASIRAJAN & NGOUAJIO, 2012). Chakraborty et al. (2008) evaluated different types of mulch, including rice husk and polyethylene; the residues presented better results in relation to soil moisture and temperature maintenance; the plastic had an impact on the temperature rise and may have a negative influence on the growth of the plants.

The type of residue applied as mulch can have a significant influence on soil carbon retention (CHEN et al., 2017). The use of maize residues for this purpose, for example, promotes a reduction in soil pH, mainly due to the presence of carbon dioxide (CO₂) of the microbiological activity, resulting in greater availability of nutrients and higher crop yield planted later¹⁰⁰. Mahmood et al. (2016), found that mulching of corn and rice promoted an increase in crop growth rate and yield of corn grains and also suppressed the development of weeds. Soil residue retention shows an improvement in moisture content and nutrient storage, increasing yield from maize crops by 37% (AKHTAR et al., 2018).

Its use is inexpensive and easy to perform, since different agro-industrial residues can be used, such as rice husk, sugarcane bagasse, coffee husk, among others, favoring the development, increase of productivity, availability of nutrients, organic matter and nitrogen (SEDIYAMA et al., 2014; TIRADO, 2009).

2.7 Biochar

Another alternative for the management of agricultural residues is the production of biochar (thermally converted biomass) and its use as soil fertilizer (LLORACH-MASSANA et al., 2017). Biochar is a carbonized substrate, produced from the thermochemical decomposition of the biomass (pyrolysis) in a limited oxygen environment. When applied to soil, it can improve water and nutrient retention capacity, pH, reduce density, increase carbon content and can also be

used for soil remediation, improving microbial activity and plant-soil interaction, besides acting as a soil carbon sequesterer(LATAWIEC et al., 2017; PEREIRA et al., 2017). However, its cost is high because of the high industry demand and energy expenditure(PEREIRA et al., 2017).

Pyrolysis is a thermochemical decomposition process that can be used for the generation of gas (biosyngas), bio-oil and biochar, the first two being biofuels and the last ones used as fertilizer in the soil. In this process the biomass is heated between 400 and 900°C in the absence of oxygen(LIU et al., 2018).

Conversion of raw materials and agricultural residues available locally into biochar may also be important in smallholder systems and their use may have applications in agricultural production(NAIR et al., 2017). Zhang & Sun(2018) reported that pruning residues, agricultural residues and fruit peels are what lead to increased biochar formation. Generally, charcoal is used as feedstock, but woody materials, agricultural residues and animal manures can also be used(WEBER & QUICKER, 2018).

The incorporation of biochar in the soil can be used as a conditioner to improve its fertility due to its high capacity of retention of water and nutrients(ZORNOZA et al., 2016). In a study, the addition of biochar to the raw material of the compost had an impact on reducing carbon emissions and also resulted in a higher plant growth medium compared to unmodified compounds, that is, without the addition of biochar(HAGEMANN et al., 2017). Rice husk and wheat straw presented a high production of biochar and carbon content according to WINDEATT et al. (2014) and maize stalks were used in another study, obtaining positive results in relation to the increase of carbon sequestration (CALDERÓN et al., 2015). Besides that, wheat straw biochar resulted in a product rich in N, P and K, and can be used to improve soil fertility and plant growth in limestone (NAEEM et al., 2017).

In Table 2, the main advantages and disadvantages of the different strategies to use the agroindustrial wastes mentioned above are detailed.

Table 2. Characteristics of the different strategies to use the agro-industrial wastes.

Strategies to use the agro-industrial wastes	Characteristics	References
Fertilizer	^A Cheap method ^A Simple application ^D Low content of nutrients ^D High amount of material used to be efficient	115
Composting	^A Low cost processing ^D Long duration to transformation of material ^D Nitrogen as a limiting factor	(ARVANITOYA NNIS & TSERKEZOU, 2008)
Vermicompostig	^A High content of humus ^A Have all nutrients necessary to plant ^D Long duration to transformation of material	(KOKHIA, 2015)
Soil Conditioner	^A Wide choice of materials	(LIU et al., 2017; ZIA-UR-REHMAN et al., 2016)
Mulching	^A Erosive process control on soil ^A Suppression of weed growth	(CHEN et al., 2017; KOUCHER et al., 2017)
Biochar	^A Uses less oxygen ^A High content of nutrients ^D High cost ^D High necessity of energy	(LATAWIEC et al., 2017; PEREIRA et al., 2017)

A- Advantages/ D- Disadvantages

2.9 Conclusion

As seen, the agro-industrial wastes are potential sources of renewable biomass, demonstrating beneficial in soil quality and their crop productivity, as well as being a cheap source and rich in important nutrients for the soil like P, C, N and lignocellulosic material. The strategies demonstrated in this work presents a potential use these residues in soil, showing different forms to take advantage some residues and a

significant amount of works confirming the relevance from your utilization. The strategies have different process of treatment and some require a bigger energy use, such as biochar, and therefore have a high cost or as the composting that has a larger period to transformation the organic matter in an amendment. So, the choice to management of these residues must be done thinking about the time, cost and effect wish with this.

**3 IMPACTO NA QUALIDADE DO SOLO COM A ADIÇÃO DE DOIS FERTILIZANTES
ORGÂNICOS PRODUZIDOS COM RESÍDUOS VEGETAIS**

**(Formatado para submissão na revista Journal of Agricultural and Food
Chemistry ISSN 0021-8561 - Qualis A1 2013/2016 área de Ciência dos Alimentos)**

CAVALHEIRO, T. R. T¹; ALCOFORADO, R. O.²; SILVA, V. S. A. S.³; MENDES, N. S.¹;
COIMBRA, P. P. S.¹; CAVALCANTI, E. A. C.¹; JURULEVICIUS, D. A.³; GONÇALVES⁸, E.
C. B. A¹.

¹ Laboratório de Bioativos, Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade
Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de Janeiro, Brazil,
ediracba.analisedealimentos@unirio.br

² Ciências ambientais , Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de
Janeiro, Brazil, ragirl150@gmail.com

³Laboratório de Biotecnologia e Ecologia Microbiana. Universidade Federal do Rio de Janeiro
(UFRJ). Rio de Janeiro, Brasil.diogoj@micro.ufrj.br

RESUMO

O comportamento do solo com adição de fertilizante orgânico a partir de resíduos vegetais é o objetivo deste estudo. Os tratamentos consistiram de: Solo puro (P), P com 10% de Farinha de Casca de Cebola (FCC) e P com 3% de Farinha de Frutas e Hortaliças (FFH). Duas frequências de irrigação foram comparadas: Alta Irrigação (AI) e Baixa Irrigação (BI). Capacidade de retenção de água (CRa), umidade (U), pH e respiração basal (RBS) foram realizadas nos dias 0, 7, 14, 21 e 35. Apenas os solos com FCC e FFH apresentaram variação da CRa, teor de umidade e pH, mais proeminente na AI. Em BI, todas as amostras apresentaram similar teor de umidade com pequenas variações. Aumento da RBS foi observado com os fertilizantes orgânicos. Ambos fertilizantes impactaram na qualidade do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos orgânicos, solo, capacidade de retenção de água, atividade metabólica.

3.1 INTRODUÇÃO

Em esfera mundial, o desperdício de alimentos chega a cerca de 1,3 bilhões de toneladas por ano, o que inclui um percentual de perda entre 40 e 50% das raízes, frutas, hortaliças e sementes oleaginosas²⁷. No Brasil, o desperdício atinge valores de 26 mil toneladas por ano, o que poderia alimentar 35 milhões de pessoas. Destes, aproximadamente 60% do lixo é de origem alimentar e isso reflete o desperdício que acontece antes que o alimento chegue até a mesa do consumidor¹¹⁸.

O desperdício de alimentos tem um impacto negativo no meio ambiente, já que os alimentos produzidos e não consumidos são responsáveis pela emissão de 3,3 bilhões de toneladas de gases de efeito estufa por ano e as consequências, não incluindo peixes e frutos do mar, chegam a US\$ 750 bilhões por ano¹.

Em países em desenvolvimento, mais de 40% das perdas de alimentos ocorrem nas etapas de pós-colheita e processamento²⁷. Esses resíduos orgânicos representam uma importante fonte de material lignocelulósico, além de ser um substrato disponível a baixo custo, em abundância e rico em nutrientes que podem ser voltados para o solo, atuando como fertilizantes orgânicos⁵.

Já tem sido relatado na literatura que a aplicação dos resíduos orgânicos no solo promove a melhoria da sua estrutura física, como redução da densidade, aumento da formação e estabilização de agregados^{119,120}. Estes, são partículas formadas pelo arranjo entre partículas minerais da fração de argila e substâncias orgânicas e inorgânicas do solo e ocorrem em diferentes tamanhos, sendo classificados como: microagregados (< 0,25 mm) e macroagregados (> 0,25 mm)¹²¹. O gerenciamento do solo tem influência na distribuição do tamanho e estabilidade dos agregados, que por sua vez, estão relacionados com o conteúdo de carbono orgânico¹²¹. O arranjo da estrutura e o espaço dos poros entre os agregados podem facilitar o fluxo de água do solo¹²². Raws et al. (2003)¹²³, correlaciona o aumento da capacidade de reter água com o maior conteúdo de carbono orgânico no solo. A capacidade de retenção de água é um dos fatores principais para o crescimento das plantas, alocação de carbono e ciclagem de nutrientes¹²⁴. Além disso, a incorporação de resíduos no solo pode trazer uma série de mudanças biológicas, como por exemplo, a alteração do metabolismo dos microrganismos e da sua taxa de decomposição¹²⁵. Por isso, a implementação de práticas de utilização de resíduos para a

conservação do solo e da água que tenham aplicação ampla no processo produtivo é de grande importância¹²⁶.

Em estudo realizado por Martins et al. (2011)⁸, foi gerado uma grande quantidade de resíduo na produção de uma bebida isotônica com uso integral de 3 frutas e 8 hortaliças, no qual passou por procedimento de secagem, produzindo a Farinha de Frutas e Hortaliças (FFH). Esta mostrou ter um alto conteúdo de biopolímeros (aproximadamente 84%), sendo composta principalmente por fibras dietéticas (48%), onde 9,6% são fibras solúveis (FDS) e 39% insolúveis (FDI), apresentando uma relação de 1:4 de FDS:FDI⁹. Brito et al. (2019)¹²⁷ caracterizaram a fração de fibras solúvel e insolúvel da FFH, mostrando ter quantidades de lignina solúvel (4,4g/100g) e insolúvel (14,9g/100g), celulose (19,1g/100g), hemicelulose (6,5g/100g) e amido resistente (0,7g/100g), na granulometria de 212–300 µm. Quantidades significativas de carboidratos digeríveis (26%), proteínas (9,5%), lipídeos (5%) e cinzas (4,9%)⁹ também foram encontrados e a FFH ainda mostrou notável capacidade antioxidante (61% de inibição do DPPH)⁹ e 88 compostos fenólicos foram identificados, nos quais incluem: ácidos fenólicos (28%), flavonóides (32%) e outros polifenóis (28%)¹⁰.

A cebola (*Allium cepa* L.) é a segunda hortaliça mais cultivada no mundo. O seu processamento está associado a grande geração de resíduos, sendo os principais as cascas, as raízes e os bulbos¹².

A casca da cebola é constituída por grande quantidade de carboidratos (82,15%) e uma quantidade menor de proteínas (3,06%), cinzas (5,93%), fibras (7,78%) e mostrou ter um alto teor de biopolímeros (aproximadamente 93%)¹³. Considerando as fibras dietéticas totais (FDT), a casca marrom foi a parte em que maior quantidade desses componentes foram encontrados, sendo as fibras dietéticas insolúveis (FDI) a principal fração nesse tecido (1:13; FDS:FDI), constituído principalmente por 41,1% de α -celulose, 16,2% de hemicelulose e 38,9% por lignina¹²⁸. Esse resíduo ainda apresentou alta capacidade antioxidante (76% de inibição do DPPH)¹⁴ e quantidades significativas de flavonoides (2-10g/kg), principalmente os derivados da quercetina¹⁵, que estão presente em maior quantidade nessa parte do que na parte interna¹⁶.

Portanto, esse estudo visa compreender a influência dos resíduos citados sobre as características físico-químicas e biológicas do solo e a capacidade de retenção da água de irrigação.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na casa de vegetação do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) no período de 22/03 a 29/04 de 2019, totalizando 35 dias. Foi considerada baixa irrigação (BI), o procedimento de irrigação contínua por 15 minutos (2ª a 6ª feira) nos horários de 8h e 17h e permanência na casa de vegetação sem irrigação. Foi estabelecido como alta irrigação (AI), permanência na casa de vegetação com irrigação controlada (com cerca de 7 irrigações ininterruptas por 15 minutos ao dia, dependendo das condições climáticas). Cada momento de irrigação propiciou volume de água variando de 18 a 20mL/sementeira

3.2.1 Elaboração do fertilizante orgânico a partir de casca de cebola (FCC). As cascas das cebolas foram obtidas após processamento mínimo dessa hortaliça de 4 unidades de alimentação e nutrição (UAN's) localizadas no bairro de Botafogo na cidade do Rio de Janeiro e de 3 unidades da rede Hortifrutti localizadas nos bairros de Botafogo e Copacabana na cidade do Rio de Janeiro e transportada sem sacos de polietileno até o laboratório de bioativos, na Urca. Estas, foram secas em estufa ventilada (Marconi, Model MA035, Brasil) a 65°C por 5 horas; trituradas em liquidificador (Philco, 900 W); retornando para a estufa a 90°C por 1 hora¹²⁹. A FCC produzida foi armazenada em sacos de alumínio com lacre e identificados e conservadas em temperatura ambiente.

3.2.2 Pré-tratamento do solo. Visando avaliar o comportamento do solo com os fertilizantes orgânicos FFH e FCC, foi feito pré-tratamento da terra preta com húmus de minhoca da marca Minhocário Pé da Serra (P), adicionando 3, 5 e 10% de FFH e FCC. Os solos tratados e o padrão, foram incubados em 10 sementeiras (0,126 Litros) para cada tratamento no período de 7 dias com irrigação controlada.

3.2.3 Preparo do solo. Terra preta adubada com húmus de minhoca da marca Minhocário Pé da Serra (P) foi acondicionada com FCC e FFH a partir da mistura por diluição geométrica na melhor proporção estabelecida, para cada fertilizante orgânico, no pré-tratamento, e mantidas na casa de vegetação sem irrigação durante 3 dias.

3.2.4 Desenho experimental. Sementeiras (capacidade 126mL/célula) foram preenchidas com: solo Puro (P), P + FCC 10% e P + FFH 3%. Para cada tratamento foram preparadas cinquenta e quatro sementeiras, sendo vinte e sete incubadas em casa de vegetação com baixa irrigação (BI) e mesma quantidade incubada sob alta irrigação (AI). Seis sementeiras de cada tratamento foram coletadas aleatoriamente e analisadas em triplicatas nos tempos pré-determinados: 7, 14, 21 e 35 dias, com exceção do tempo 0 em que foram analisadas 3 sementeiras de cada tratamento.

3.2.5 Análises do solo

Coleta da amostra. As amostras foram escolhidas aleatoriamente, coletadas integralmente das sementeiras, acondicionadas e homogeneizadas em sacos de polietileno. Todas as coletas eram realizadas na parte da manhã. Na coleta antes da irrigação, após homogeneização, as amostras foram armazenadas em sacos identificados de polietileno de coloração escura e sistema de vedação para análises de pH e Respiração Basal (RBS). Na coleta após a irrigação e homogeneização, as amostras foram acondicionadas em tubos falcon devidamente identificados para análises de umidade (U) e Capacidade de Retenção da Água (CRa). As análises físico-químicas foram realizadas nos laboratórios de Biotecnologia e Ecologia Microbiana (Labem) da UFRJ e Laboratório de Bioativos (PPGAN/UNIRIO). Para o transporte até o laboratório de bioativos, as amostras foram acondicionadas em isopor com gelo seco (<4°C). Todas as amostras, foram armazenadas sob refrigeração até o momento das análises, quando indicado.

Capacidade de Retenção de Água. 25g das amostras foram transferidas para um funil de plástico, vedado com lã de vidro. As amostras foram saturadas com água destilada e tampadas com filme plástico para evitar a perda de água por evaporação. Após um período de 4 horas, a amostra saturada com água foi colocada em tubo falcon vedado com parafilme e armazenada sob refrigeração por 48 horas; sendo então realizada a umidade através do analisador IV digital da marca Ohaus e analisador IV da marca Gehaka 2500¹³⁰.

Umidade. As amostras foram acondicionadas em tubo falcon devidamente vedado com parafilme e armazenadas sob refrigeração por 24h. O teor de umidade foi feito em analisador por Infravermelho (IV) da marca Gehaka 2500 e em analisador IV digital da marca Ohaus.

Respiração Basal. 20g de cada amostra, foram colocadas em frascos de polipropileno com capacidade de 50 ml e incubadas em saco plástico com sistema de fechamento e de coloração escura por 7 dias. No mesmo saco de incubação, foi acondicionado frasco similar com 5mL de NaOH 1M (**Figura 1**).

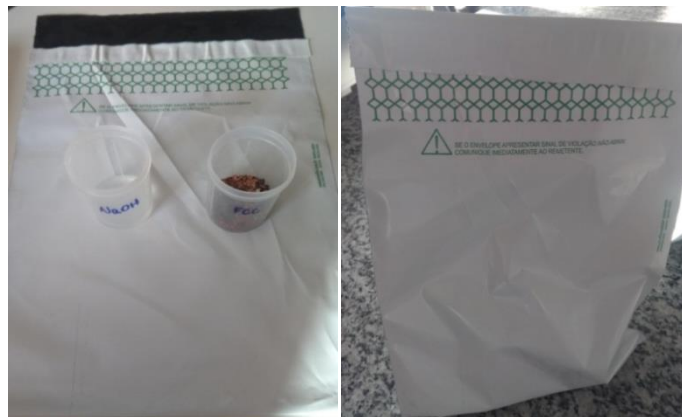


Figura 1: Incubação da amostra e solução NaOH para determinação Respiração basal (RBS).

Posteriormente a incubação, o NaOH foi titulado com HCl 0,5M, usando o indicador fenolftaleína, seguindo o método proposto por Jenkinson&Powlson (1976).

$$\text{RBS (mg C-CO}_2\text{/kg solo seco/hrs)} = (\text{vol. B} - \text{vol. A}) * \text{M/ms/ T}$$

Onde: Vol. A= Volume do HCl gasto na titulação da amostra; vol. B= Volume do HCl gasto no branco; M= Molaridade HCl 0,5M; ms= massa seca (g); T= número de horas incubação.

pH. As amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno vedados e armazenadas sob refrigeração por 72h. O pH foi medido em pHmetro da marca Biovera em uma mistura de solo:água destilada (1:2)¹³¹.

3.2.6 Tratamento estatístico. Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados estão expressos como média \pm desvio padrão. Para comparação das médias aritméticas, foi feita a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey usando o GraphPad Prism versão 5, com nível de significância de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o pré-tratamento do solo, ficou estabelecida a concentração dos fertilizantes para o experimento. No caso da FFH, o crescimento de fungos foi observado a olho nu nas concentrações de 5 e 10% em menos de 24 horas após a adição ao solo, ficando definida a concentração de 3%. Não foi observada proliferação de fungos na FCC, em nenhuma das proporções, por isso foi escolhido o tratamento com maior proporção de matéria orgânica (10%).

A temperatura é um dos fatores que pode influenciar nos processos físico-químicos e biológicos do solo. As taxas de reações biológicas e a mineralização da matéria orgânica, ocorrem numa faixa de temperatura ideal para atividade metabólica, variando de 10-28°C¹³².

Durante os 35 dias do experimento, a temperatura máxima no dia 0 foi de 33,8°C, no 7º dia 29,7°C, no 14º dia 33,5°C, no 21º dia 30,3°C e no 35º dia 29,2°C; a umidade relativa variou de 57% (26º dia) a 91% (15º dia) com maior precipitação pluviométrica no 15º dia (**Figura 2**).

Temperaturas muito altas estão relacionadas com a inativação de enzimas responsáveis pelo processo de degradação da matéria orgânica do solo¹³³. Além disso, esse fator também afeta a capacidade de retenção da água. Isso está relacionado com a redução da estabilidade da estrutura do solo e redução do tamanho dos poros, que será melhor discutido nos tópicos a seguir¹³⁴.

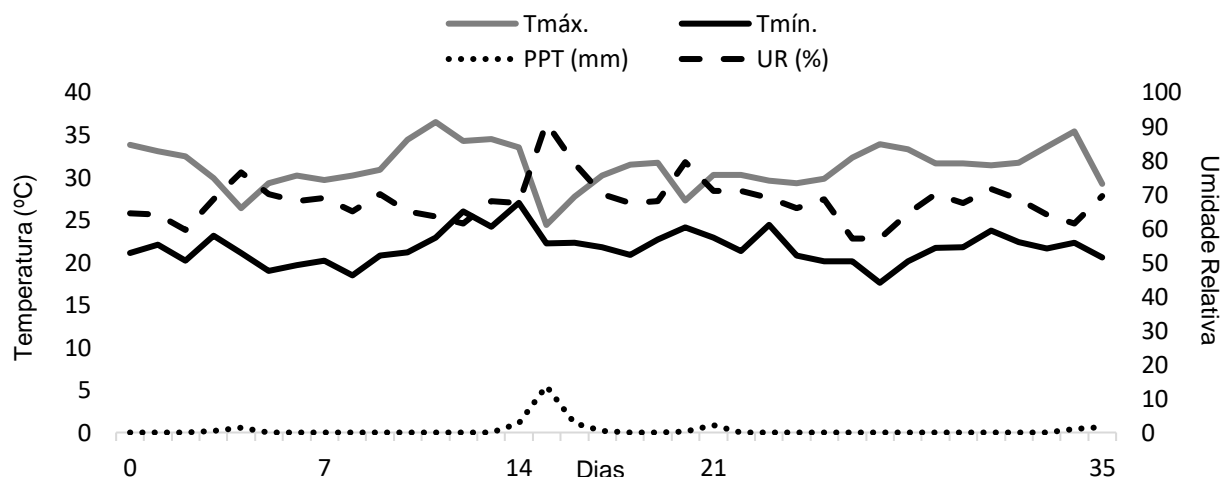
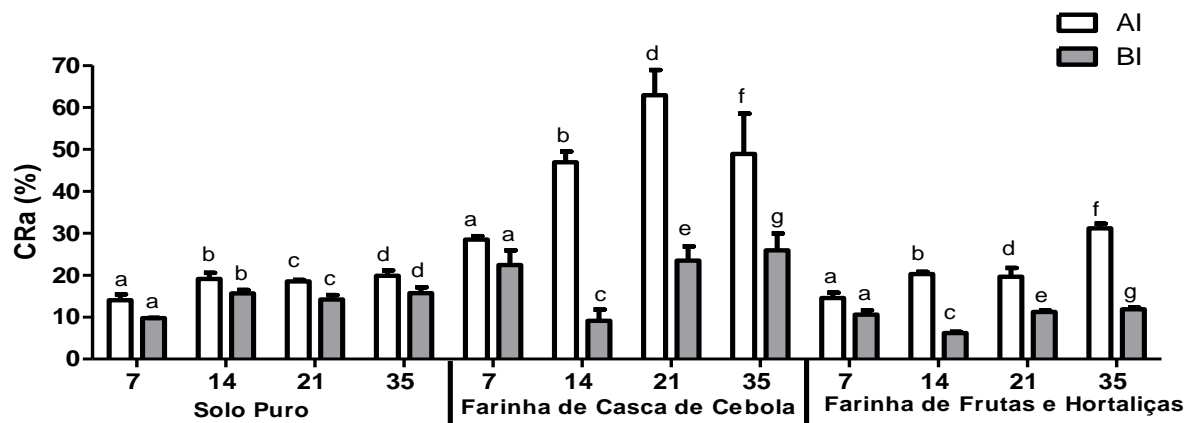


Figura 2: Variação da Temperatura (T), Umidade Relativa do ar (UR) e Precipitação Pluviométrica (PPT) dos dias 35 dias de estudo da Região da Vila Militar, Rio de Janeiro/RJ-Brasil (Fonte: INMET¹³⁵).

O aumento da CRa do solo com a adição dos fertilizantes orgânicos (**Figura 3**) possivelmente está relacionado com a estrutura porosa do material formada por cadeias de polissacarídeos que podem manter grandes quantidades de água através de pontes de hidrogênio⁹.

Considerando o teor de biopolímeros (proteínas, carboidratos e fibras) dos fertilizantes orgânicos adicionados ao solo, a saber: FFH (84%) e FCC (93%), e ainda a concentração adicionada dos fertilizantes, em 100g de solo, a quantidade de bioplímeros corresponde a respectivamente: 2,5g (FFH) e 8,6g (FCC), sendo então esperado o aumento da CRa em relação ao solo P, o que já pode ser observado no dia 0. Resultado parecido já foi relatado na literatura, mostrando um aumento da CRa com a adição de matéria orgânica ao solo¹²⁴. Tal resposta é importante pois apresenta efeito no aumento da adsorção da água¹⁴².



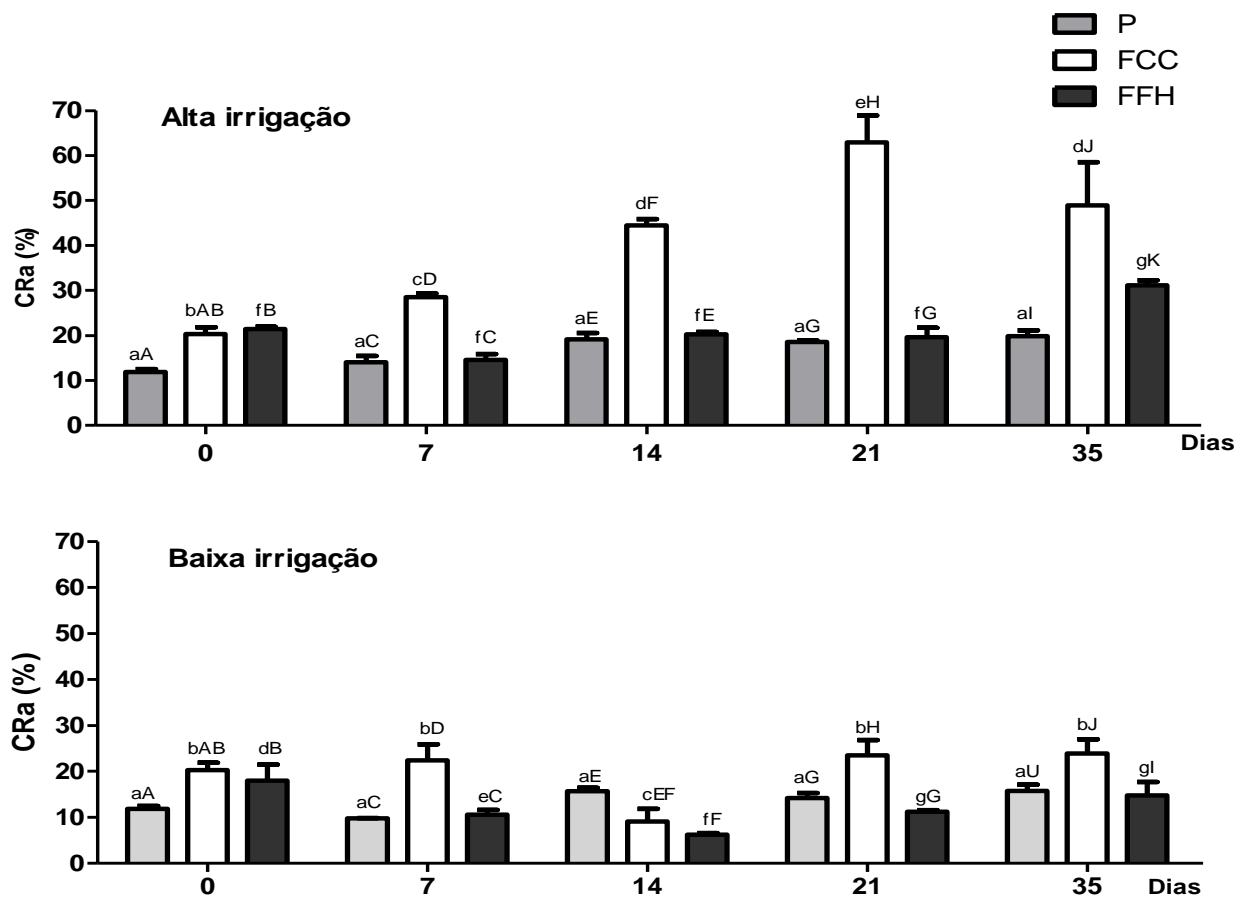


Figura 3: Capacidade de retenção da água (CRA) de diferentes solos: Puro (P), P adicionado com Farinha de Casca de Cebola 10% (FCC) e P adicionado com Farinha de Frutas e Hortaliças 3% (FFH), mantidos sob duas frequências de irrigação (Alta ou Baixa) ao longo de 35 dias. Letras minúsculas indicam a diferença de cada tratamento com o decorrer do tempo e letras maiúsculas indicam a diferença entre os tratamentos em cada tempo ($P < 0,05$; Teste de Tukey).

No decorrer do tempo, o solo P não apresentou variação da CRA, ao contrário dos solos adicionados de FCC e FFH, o que mostra que a menor quantidade de matéria orgânica influenciou na estrutura e formação de poros e agregados no solo.

A qualidade e quantidade da matéria orgânica aplicada ao solo tem influência nos processos de decomposição microbiana. Durante o decorrer do tempo, a decomposição dessas moléculas, em geral, polímeros de mais difícil degradação vai acontecendo de forma mais lenta e a sua quebra resulta em moléculas mais simples e solúveis¹³⁷. Considerando a relação de fibras solúvel (FDS) e insolúvel (FDI) da FCC e FFH, respectivamente, 1:13 e 1:4, compreende-se o maior aumento da capacidade de retenção da FCC no decorrer do tempo, em AI. Miao et al., (2016)¹³⁸, relatam que substratos insolúveis tiveram sua decomposição melhorada em solos com umidade na CRA igual a 60%, justificando o aumento da CRA do solo com adição de FCC no 21º dia e sabendo que a taxa de decomposição fica mais lenta com relação a degradação de alguns compostos,

como a lignina¹³⁹ e que o teor desta na FCC é 38,9%, compreende-se a redução da CRa no 35º dia. É interessante observar que a FFH em AI apresentou aumento da CRa no 35º dia, com variações insignificantes nos demais tempos. Tal efeito pode estar relacionado com o aumento da temperatura (35,4°C) no dia anterior, provocando um rearranjo da estrutura do solo²⁰, bem como maior ação de decomposição pela microbiota do mesmo¹⁴¹. A redução dos macroagregados pode ter influência na CRa do solo, uma vez que estes detêm maior conteúdo de carbono em sua estrutura e o aumento está relacionado com maior retenção da água¹²³.

A diferença do comportamento do solo adicionado de FFH (3%) e FCC (10%), quanto ao parâmetro CRa, pode ser justificado considerando a menor proporção da FFH adicionada. Em estudo feito por Gulser et al. (2016)¹⁴², foram incorporadas proporções de 2, 4 e 6% de casca de avelã ao solo, sendo que a menor densidade, a maior quantidade de poros e melhor propriedades hidráulicas foram vistas com adição a 6%. Outra hipótese sugerida está relacionada com a decomposição dos macroagregados e subsequente formação de microagregados¹⁴³, responsáveis respectivamente pela retenção da água livre do solo e água capilar¹³⁷. FCC e FFH, apresentam teor similar de minerais, respectivamente, 5,9% e 4,9%, mas a coesão destes com a matéria orgânica pode ser um influenciador negativo na CRa, considerando que maior coesão entre as partículas minerais e os componentes orgânicos pode diminuir a quebra dos agregados, aumentar a hidrofobicidade, disponibilizando dessa forma menos substrato à microbiota e interferindo negativamente na CRa^{122,46}.

Sob baixa irrigação, pode-se observar que todas as condições apresentaram redução da CRa até o 14º dia. De acordo com estudo feito por Zhang et al (2019)¹⁴⁴, em condições de baixa disponibilidade de água há aumento da área da superfície e conseqüentemente maior coesão entre os agregados do solo, interferindo na sua estrutura e reduzindo a CRa. Os solos adicionados de fertilizantes orgânicos, mostraram aumento de CRa no 21º dia mantendo no 35º dia, tal fato pode estar relacionado com a lenta decomposição dos macroagregados e reestruturação do solo¹²³.

O teor de umidade (**Figura 4**) aumentou para todas as amostras no 7º dia, mantendo poucas variações até o final do experimento, sob AI. Observa-se que os solos adicionados de fertilizantes orgânicos, apresentaram maior teor de umidade, onde a FCC foi superior. Considerando que os macroagregados retêm água livre¹³⁷, as decomposições dessas partículas observadas na análise da CRa, não influenciaram no teor de umidade. Esse efeito pode ser explicado pela adição de

compostos ricos em grupamentos e hidroxila -OH e carboxilas -COOH, nos quais possuem características hidrofílicas, se ligando facilmente a moléculas de água⁴⁸.

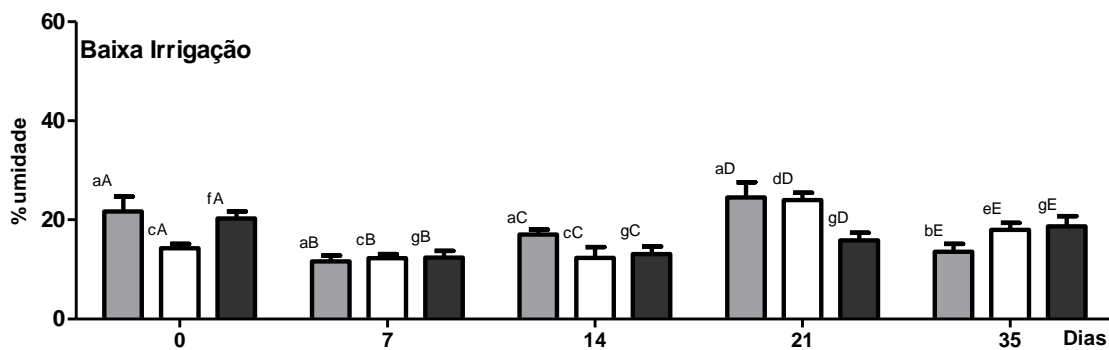
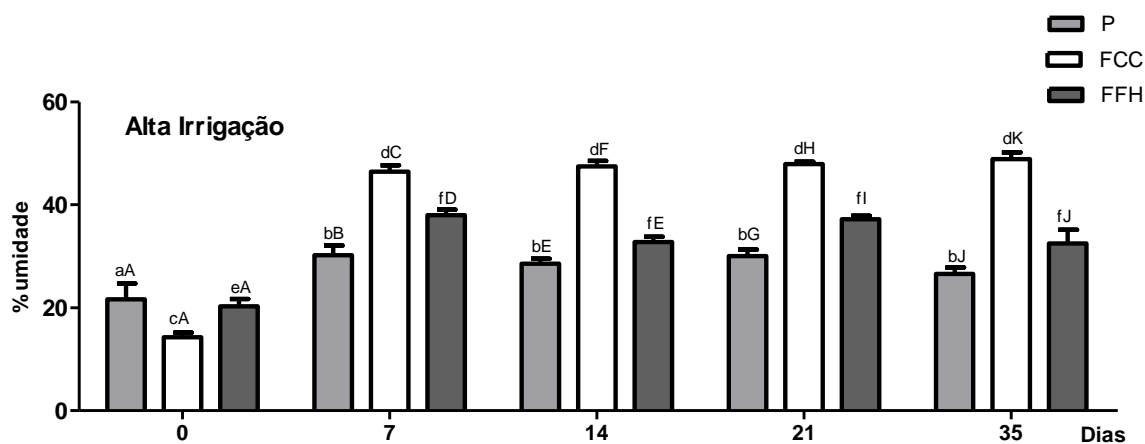
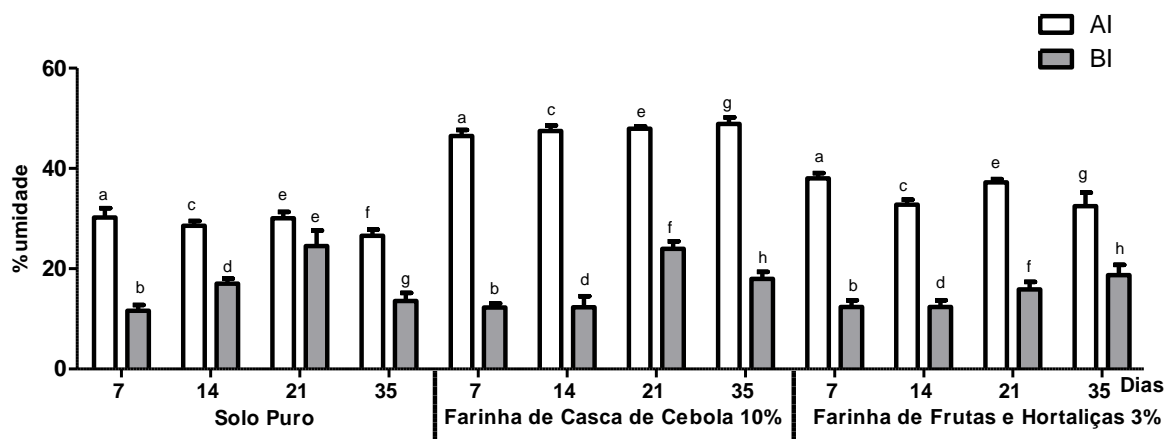


Figura 4: Teor de umidade de diferentes solos: Puro (P), P adicionado com Farinha de Casca de Cebola 10% (FCC) e P adicionado com Farinha de Frutas e Hortaliças 3% (FFH), mantidos sob duas frequências de irrigação (Alta ou Baixa) ao longo de 35 dias. Letras minúsculas indicam a diferença de cada tratamento com o decorrer do tempo e letras maiúsculas indicam a diferença entre os tratamentos em cada tempo ($P < 0,05$; Teste de Tukey).

Sob baixa irrigação, a aplicação dos fertilizantes orgânicos não teve influência no aumento do teor de umidade do solo, isso pode ter ocorrido devido a maior coesão entre as partículas minerais e os compostos orgânicos em meio a condição com menor frequência de irrigação, diminuindo o espaço entre os agregados que influencia no fluxo da água livre¹⁴⁵.

Comparando as condições de irrigação, observa-se que em BI, todas as amostras apresentaram similar teor de umidade nos diferentes tempos, com variações irrelevantes.

Wang et al. (2019)¹⁴⁶ relatam que resíduos orgânicos aplicados ao solo reduzem a acidez, justificando que a matriz por conter grupamentos carboxílicos e hidroxilas, nos quais podem quelar prótons, provocam a liberação de quantidades equivalentes de hidroxilas que tamponam a acidez. O teor de cinzas também está correlacionado com a quantidade de cátion em excesso presente no resíduo que ao ser adicionado ao solo, promove o aumento do pH¹⁴⁷. A **Figura 5**, indica o aumento do pH do solo P com a adição da FFH e da FCC (dia 0). No 7º dia sob AI, observa-se aumento do pH de todas as amostras e na BI apenas do solo com FFH, justificados pelo processo de amonificação (aumento de amônia no meio), proveniente da decomposição das proteínas^{147,54}. Importante ressaltar que a quantidade de proteína adicionada ao solo tanto com a aplicação da FCC quanto da FFH foi de 3,1g.ptn/100g amostra e a decomposição da matéria orgânica também está relacionada com a CRA do material, sendo favorecida em uma faixa de 40 a 60%¹⁴⁸, encontrada nos solos neste período (**Figura 5**), condição propícia para a manutenção dos microrganismos¹⁴⁸, justificando comportamento similar dos solos adicionados de fertilizantes orgânicos, em AI. A estrutura diferenciada dos agregados dos solos com os fertilizantes orgânicos, já discutida anteriormente, pode justificar o aumento do pH na BI para solo com adição de FFH.

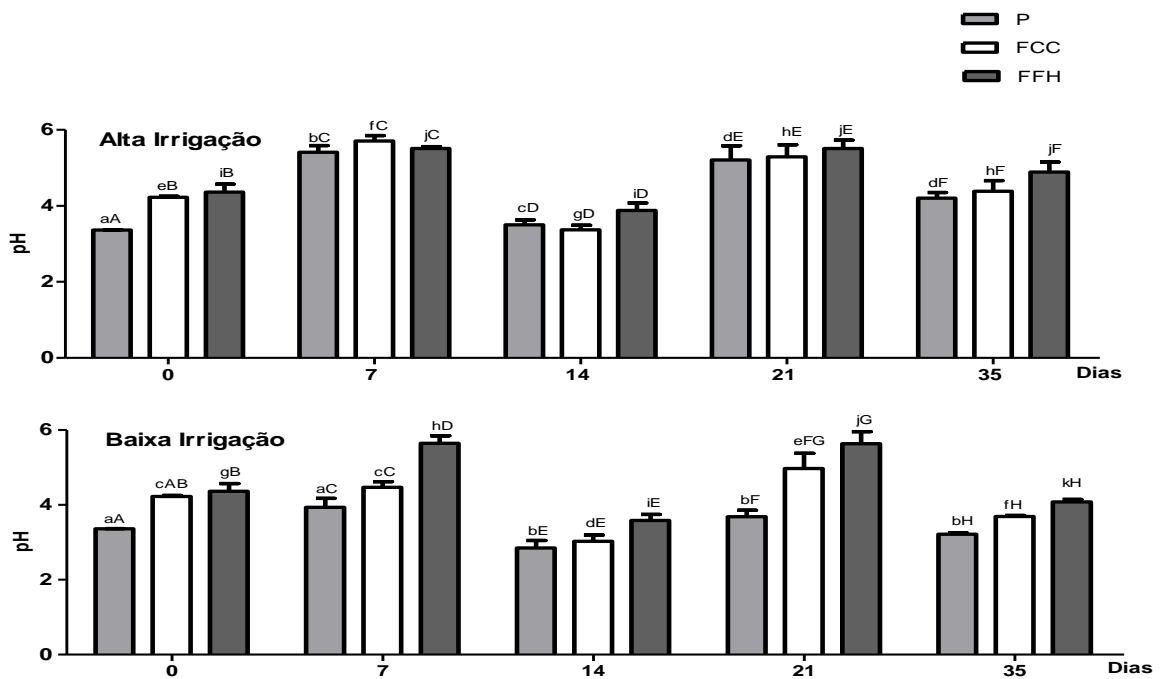
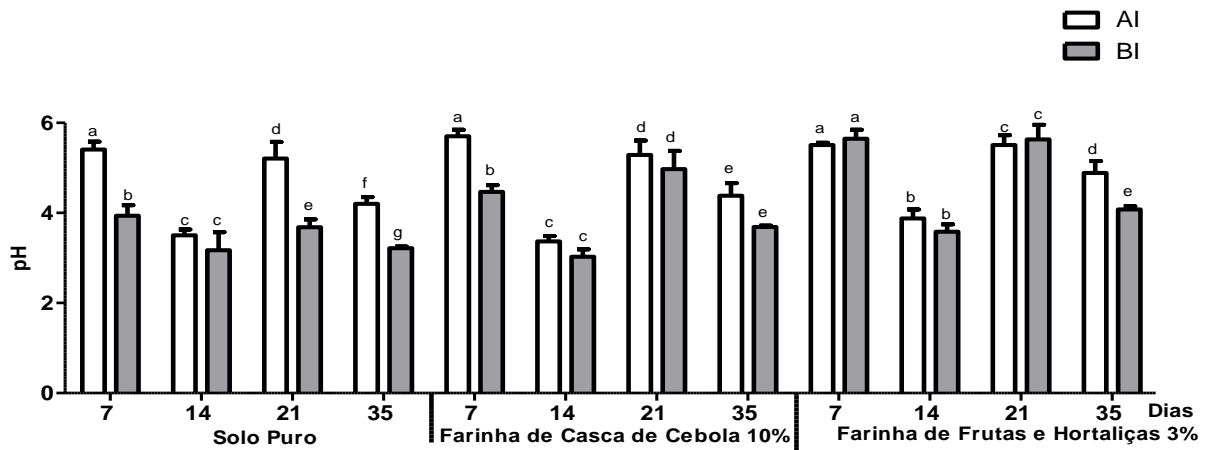


Figura 5: pH de diferentes solos: Puro (P), P adicionado com Farinha de Casca de Cebola 10% (FCC) e P adicionado com Farinha de Frutas e Hortaliças 3% (FFH) irrigados sob duas frequências de irrigação: Alta ou Baixa e analisados em tempos distintos (0, 7, 14, 21, 35 dias). Letras minúsculas indicam a diferença de cada tratamento com o decorrer do tempo e letras maiúsculas indicam a diferença entre os tratamentos em cada tempo ($P < 0,05$; Teste de Tukey).

A nitrificação (oxidação da amônia a nitrito ou nitrato) é um processo que ocorre subsequente a amonificação, no qual promove a liberação de prótons, aumentando a acidez e consequentemente reduzindo o pH¹⁴⁹. Tal fato pode justificar a redução do pH no 14º dia para ambas as condições de irrigação. O aumento do pH no 21º dia, em ambas condições para todas as amostras pode ser justificado pela absorção do nitrato por microrganismos do solo, liberando hidroxila no meio¹⁴⁷ e ainda pela dissociação dos grupamentos ácidos que funcionam como um tampão¹⁵⁰.

Um alto conteúdo de carboidratos e baixo teor de proteínas estão associados a imobilização do nitrogênio pela microbiota do solo e assim, uma menor quantidade de nutrientes estará disponível para ser decomposta, interferindo nos processos de ciclagem do C/N¹⁴⁷, sugerindo novo ciclo de amonificação / nitrificação a partir do 21º dia.

A microbiota do solo é responsável pela decomposição da matéria orgânica e estabilização, além da formação de agregados, sendo um indicador de qualidade, que pode ser estimado através da respiração basal¹⁵¹. Observou-se na **Figura 6**, que ambos fertilizantes orgânicos, promoveram aumento da atividade metabólica sob AI. Sob BI, aumento significativo ocorre no 21º dia em solo com FFH e no 35º dia, há redução, inferior ao tempo 0 para os três tratamentos.

Estudo relata aumento da atividade metabólica com a aplicação de resíduos orgânicos pelo aumento da disponibilidade de carbono orgânico⁵¹, mas alta relação FDS/FDI (1:13) da FCC justifica aumento da RBS no tempo 0, apenas no solo com FFH, quando comparados ao solo P.

A menor disponibilidade de água reduz a atividade e crescimento microbiano¹⁵², justificando comportamento dos solos adicionados de fertilizantes orgânicos, no 7º dia, em BI, mesmo considerando que o aumento do pH promoveu melhora da RBS, em ambas as condições de irrigação^{32,147}. Considerando aumento e redução do pH nos processos de amonificação e nitrificação, mencionados anteriormente, justifica-se o comportamento da microbiota, em ambas as condições de irrigação no decorrer do experimento, que aumenta com a amonificação e reduz com a nitrificação¹⁴⁷. O ácido nítrico produzido durante a nitrificação diminui o pH e, em casos extremos, isso resultará na morte da população nitrificadora autotrófica e em uma grande perda de fertilidade do solo¹⁵³ e ainda a baixa disponibilidade da água justifica a redução drástica da RBS no 35º dia sob BI para todas as amostras.

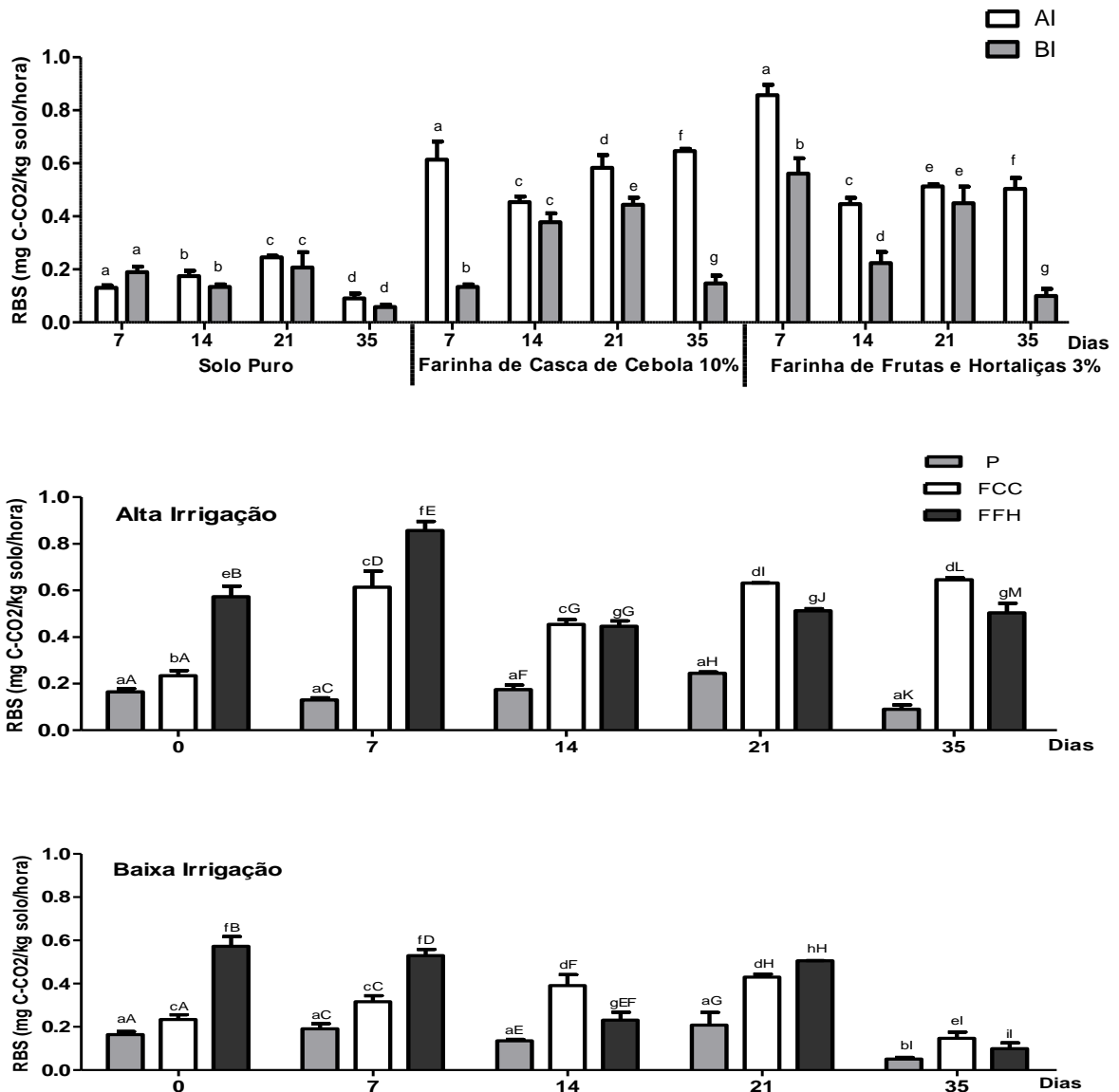


Figura 6: Respiração Basal (RBS) de diferentes solos: Puro (P), P adicionado com Farinha de Casca de Cebola 10% (FCC) e P adicionado com Farinha de Frutas e Hortaliças 3% (FFH) irrigados sob duas frequências de irrigação: Alta ou Baixa e analisados em tempos distintos (0, 7, 14, 21, 35 dias). Letras minúsculas indicam a diferença de cada tratamento com o decorrer do tempo e letras maiúsculas indicam a diferença entre os tratamentos em cada tempo ($P < 0,05$; Teste de Tukey).

É importante ressaltar que a CRa a 40-50% propicia aumento da atividade metabólica, tal fato justifica o comportamento da FCC (CRa sob AI 40-60%)¹⁶⁶.

Fator adicional para a boa atividade metabólica de solo adicionado com FFH é o alto conteúdo de compostos fenólicos⁹ desta matriz e alta atividade antioxidante¹²⁹, considerando que compostos fenólicos solúveis também têm influência sobre a atividade microbiana, resultando em imobilização pela microbiota e compondo a biomassa microbiana do solo¹⁵⁶.

Sugere-se com esse trabalho, visto o potencial dos fertilizantes orgânicos na promoção da melhoria da estrutura do solo, da capacidade de retenção de água e da sua atividade metabólica misturada realizada com os dois fertilizantes orgânicos e manutenção dos solos com FCC e FFH sob baixa irrigação por no máximo 21 dias, devido a redução significativa da atividade metabólica no 35º dia.

3.4 CONCLUSÃO

A incorporação dos fertilizantes orgânicos a partir dos resíduos de casca de cebola e do processamento de frutas e hortaliças ao solo, teve modificações significativas no seu comportamento conforme parâmetros avaliados. A composição dos resíduos e suas características físico-químicas possivelmente propiciaram o aumento do número de agregados, melhoria da estrutura através do aumento do número de poros e conseqüentemente aumento da capacidade de retenção de água no decorrer do tempo, visto principalmente no solo com adição de FCC. Além disso, o pH demonstrou um leve aumento com a adição dos fertilizantes orgânicos e ainda forneceu condição favorável para o crescimento de microrganismos e manutenção da sua atividade metabólica. Consideram-se relevantes estudos adicionais que identifiquem a microbiota do solo, para efetivamente identificar qual o melhor resíduo ou aplicação complementar de ambos visando solo com maior qualidade e fertilidade.

3.5 ABREVIÇÕES USADAS

AI, alta irrigação; BI, baixa irrigação; C, carbono; CRa, capacidade de retenção de água; CO₂, dióxido de carbono; DPPH, 2,2-difenil-1-picrilhidrazila; FCC, farinha de casca de cebola; FDS, fibras dietéticas solúveis; FDI, fibras dietéticas insolúveis; FFH, farinha de frutas e hortaliças; HCl, ácido clorídrico, RBS, respiração basal; P, solo Puro; U, umidade; MS, matéria seca; M, molaridade; NaOH, hidróxido de sódio.

3.6 AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos estabelecimentos a disponibilização das cascas de cebola e apoio financeiro à CAPES e CNPq.

**4 INFLUÊNCIA NO CULTIVO DE ALFACE (*LACTUCA SATIVA* L.) EM SOLO
ADICIONADO DE FERTILIZANTES ORGÂNICOS PRODUZIDOS COM RESÍDUOS
VEGETAIS**

**(Formatado para submissão na Revista Journal of Agricultural and Food Chemistry –
ISSN 0021-8561; Qualis A1 2013/2016 Área de Ciências dos Alimentos)**

CAVALHEIRO, T. R. T.¹; ALCOFORADO, R. O.²; SILVA, V. S. A. S.³; MENDES, N. S.¹;
COIMBRA, P. P. S.¹; CAVALCANTI, E. A. C.¹; JURULEVICIUS, D. A.³; GONÇALVES⁸, E.
C. B. A.¹.

¹ Laboratório de Bioativos, Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade
Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de Janeiro, Brazil,
tamara_righetti@hotmail.com

² Ciências ambientais , Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de
Janeiro, Brazil, ragir1150@gmail.com

³Laboratório de Biotecnologia e Ecologia Microbiana. Universidade Federal do Rio de Janeiro
(UFRJ). Rio de Janeiro, Brasil.

RESUMO

Grande quantidade de resíduos orgânicos são gerados mundialmente. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de fertilizantes orgânicos, Farinha de Casca de Cebola (FCC) e Farinha de Frutas e Hortaliças (FFH) no cultivo de alface. Foram plantadas sementes de alface em solo puro (P), P com FCC a 10% e P com FFH a 3%. Solos e folhas de alface foram analisados. O transplântio das folhas em P com FFH ocorreu no 56º dia, única condição com tamanho entre 8 e 10cm. A adição de FCC e FFH melhoraram qualidade do solo, mas apenas em solo com FFH houve crescimento da alface, que apresentou aumento significativo da atividade antioxidante após colheita (86º dia), Folin (8,89 mgEAG/g MF), FRAP (1,31 mgFe²⁺/g MF), ABTS (4,09 mgTE/g⁻¹ MF) e ORAC (0,52 mgTE/g⁻¹ MF). Esses resultados mostram uma melhoria da qualidade nutricional da alface e demonstra o potencial da FFH como fertilizante orgânico.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos vegetais; fertilizantes; *Lactuca sativa* L.; atividade antioxidante

4.1 INTRODUÇÃO

Em esfera mundial, a quantidade gerada de resíduos orgânicos é de aproximadamente 1,3 bilhão de toneladas por ano, sendo 670 milhões de toneladas gerados por países desenvolvidos e 630 milhões de toneladas gerados por países em desenvolvimento. O Brasil produz mais de 240 mil toneladas de lixo por dia, sendo 76% dos resíduos gerados depositados a céu aberto. Dessa quantidade, 60% é composta por resíduos orgânicos¹⁵⁷. Estes, representam uma matéria-prima economicamente viável e abundante para a sua utilização em diferentes processos, como para a produção de bioquímicos, biomateriais e energéticos⁵.

A casca da cebola é um dos principais resíduos gerados durante o processamento dessa hortaliça¹⁵⁸. Estudo realizado por Piechowiak & Balawejder (2019)¹⁵⁸ relata que esse resíduo vem sendo utilizado como suplemento na produção de pães, na purificação da quercetina e na extração de pigmentos.

A casca de cebola é constituída por grande quantidade de carboidratos (82,15%) e quantidade menor de proteínas (3,06%), cinzas (5,93%), fibras (7,78%) e tem alto teor de biopolímeros (aproximadamente 93%)¹³. Considerando as fibras dietéticas totais (FDT), a casca da cebola foi a parte em que maior quantidade desses componentes foram encontrados, sendo as fibras dietéticas insolúveis (FDI) a principal fração nesse tecido (1:13; FDS:FDI), constituído principalmente por 41,1% de α -celulose, 16,2% de hemicelulose e 38,9% por lignina¹⁵⁹. A casca da cebola ainda apresenta alta capacidade antioxidante (76% de inibição do DPPH)¹⁴.

Em estudo realizado por Martins et al. (2011)⁸, foi gerada grande quantidade de resíduo na produção de uma bebida isotônica com uso integral de 3 frutas e 8 hortaliças, no qual passou por procedimento de secagem, produzindo a Farinha de Frutas e Hortaliças (FFH). Esta mostrou ter alto conteúdo de biopolímeros (aproximadamente 84%), sendo composta principalmente por fibras dietéticas (48%), onde 9,6% são fibras solúveis (FDS) e 39% insolúveis (FDI), apresentando uma relação de 1:4 de FDS:FDI⁹. Brito et al. (2019)¹²⁷ caracterizaram a fração de fibras solúvel e insolúvel da FFH, mostrando ter quantidades de lignina solúvel (4,4g/100g) e insolúvel (14,9g/100g), celulose (19,1g/100g), hemicelulose (6,5g/100g) e amido resistente (0,7g/100g), na granulometria de 212–300 μ m. Quantidades significativas de carboidratos digeríveis (26%), proteínas (9,5%), lipídeos (5%) e cinzas (4,9%)⁹ também foram encontrados e a

FFH ainda mostrou notável capacidade antioxidante (61% de inibição do DPPH)⁹ e 88 compostos fenólicos foram identificados, nos quais incluem: ácidos fenólicos (28%), flavonoides (32%) e outros polifenóis (28%)¹⁰.

A aplicação dos resíduos no solo possui a vantagem principalmente de aumentar o conteúdo da matéria orgânica, a retenção da água, de tamponar a acidez do solo e estimular a atividade microbiana, caracterizando a sua aplicação como um fertilizante orgânico⁶. De acordo com Pellejero et al. (2017)⁷, esta é uma prática que vem sendo muito utilizada em vários países com benefícios sobre propriedades físico-químicas e biológicas do solo, aumentando a fertilidade e maior disponibilidade de nutrientes, como Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e ferro (Fe).

A alface (*Lactuca sativa L.*) é a hortaliça folhosa mais popular com relação ao consumo e ainda apresenta grande importância na alimentação humana¹⁷. Devido ao grande número de variedades, ela pode ser cultivada com sucesso ao longo de quase o ano todo¹⁸ e apresenta ainda, alto potencial de produção com fertilizantes orgânicos¹⁹. Sob o ponto de vista nutricional, é rica em ácido ascórbico, vitaminas A e K, folatos, carotenóides e outros bioativos, principalmente compostos fenólicos (0,2 mgEAG/g em massa fresca - MF) e ainda apresenta alta capacidade antioxidante aproximadamente 1,79 mgTEAC/g MF; 1,15 mgTEAC/g MF e 0,0250mgTE/g, avaliada pelos métodos FRAP, ABTS e ORAC, respectivamente^{21,22,160}. A faixa de temperatura ideal para o seu crescimento é entre 15 e 18,5°C, podendo resistir a temperaturas de até 5°C, já temperaturas quentes podem levar a um crescimento rápido da planta e floração precoce e a faixa ideal de pH para o seu crescimento é 6,0 a 6,8¹⁶¹.

O intensivo uso do solo, especificamente daqueles voltados para a produção de hortaliças, provoca redução de material orgânico e de nutrientes e tem sido identificado como uma das mais importantes ameaças na qualidade do mesmo⁷. Sendo assim, o objetivo desse estudo é avaliar a influência de fertilizantes orgânicos produzidos a partir de resíduos vegetais no cultivo de alface da variedade Crespa.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na casa de vegetação do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) no período de 22/03 a 19/06 de 2019. A irrigação

foi realizada de forma contínua (2^a a 6^a feira) com uma média de 7 irrigações ininterruptas por 15 minutos ao dia. Cada momento de irrigação propiciou volume de água variando de 18 a 20mL/sementeira

4.2.1 Elaboração do fertilizante orgânico a partir de casca de cebola (FCC). As cascas das cebolas foram obtidas após processamento mínimo de cebolas de 4 unidades de alimentação e nutrição (UAN's) localizadas no bairro de Botafogo na cidade do Rio de Janeiro e de 3 unidades da rede Hortifrutti localizadas nos bairros de Botafogo e Copacabana na cidade do Rio de Janeiro e transportadas em sacos de polietileno até o laboratório de bioativos, na Urca. Estas, foram secas em estufa ventilada (Marconi, Model MA035, Brasil) a 65°C por 5 horas; trituradas em liquidificador (Philco, 900 W); retornando para a estufa a 90°C por 1 hora¹²⁹. A FCC produzida foi armazenada em sacos de alumínio com lacre e identificados e conservadas em temperatura ambiente.

4.2.2 Pré-acondicionamento do solo. Terra preta adubada com húmus de minhoca da marca Minhocário Pé da Serra, foi acondicionada com 10% de FCC e 3% de FFH a partir da mistura por diluição geométrica e mantidas na casa de vegetação sem irrigação durante 3 dias.

4.2.3 Desenho experimental. Sementeiras (capacidade 126mL/célula) foram preenchidas com: solo Puro (P), P + FCC 10% e P + FFH 3%. Para cada tratamento foram preparadas dezoito sementeiras e cada uma foi semeada com 4 sementes de alface da variedade Crespa Grand Rapids TBR da marca Isla. Foi estabelecido que o transplântio de todos as cultivares seria feito no momento em que qualquer das condições de cultivo alcançasse altura das folhas da alface entre 8 e 10 cm¹⁶² e a colheita ao atingir cerca de 22 cm¹⁶³. Os vasos (6 para cada tratamento) utilizados no transplântio foram pré-acondicionados conforme descrito acima e posteriormente mantidos na casa de vegetação sob as mesmas condições de irrigação por 30 dias antes dessa etapa. Foram feitas análises do solo, na semeadura, considerado tempo 0, conforme descrito a seguir. As mesmas análises foram feitas nos solos de seis sementeiras, que foram coletadas aleatoriamente, no transplântio e as folhas de alface neste momento foram avaliadas quanto a capacidade antioxidante. As amostras de solo de todos os vasos foram analisadas também na colheita final, assim como as folhas da alface.

4.2.4 Análises do solo

Coleta da amostra. As amostras foram escolhidas aleatoriamente, coletadas integralmente das sementeiras, acondicionadas e homogeneizadas em sacos de polietileno. Todas as coletas eram realizadas na parte da manhã. Na coleta antes da irrigação e após homogeneização, as amostras foram armazenadas em sacos identificados de polietileno de coloração escura e sistema de vedação para análises de pH e Respiração Basal (RBS). Após a irrigação, as amostras foram homogeneizadas e acondicionadas em tubos falcon devidamente identificados para análises de umidade (U) e Capacidade de Retenção da Água (CRa). As análises físico-químicas, todas feitas em triplicata e realizadas nos laboratórios de Biotecnologia e Ecologia Microbiana (Labem) da UFRJ e Laboratório de Bioativos (PPGAN/UNIRIO). Para transporte até o laboratório de bioativos, as amostras foram acondicionadas em isopor com gelo seco (<4°C). Todas as amostras, foram armazenadas sob refrigeração até o momento das análises, quando indicado.

Umidade. As amostras foram acondicionadas em tubos falcon devidamente vedados com parafilme e armazenadas sob refrigeração por 24h. O teor de umidade foi feito em analisador por Infravermelho (IV) da marca Gehaka 2500 e em analisador IV digital da marca Ohaus.

Capacidade de Retenção de Água. 25g das amostras foram transferidas para um funil de plástico, vedado com lã de vidro. As amostras foram saturadas com água destilada e tampadas com filme plástico para evitar a perda de água por evaporação. Após um período de 4 horas, a amostra saturada com água foi colocada em tubo falcon vedado com parafilme e armazenada em geladeira 48 horas; sendo então realizada a umidade através do analisador IV digital da marca Ohaus e analisador IV da marca Gehaka 2500¹³⁰.

Respiração Basal. 20g de cada amostra, foram colocadas em frascos de polipropileno com capacidade de 50 ml e incubadas em sacos de polietileno com sistema de fechamento e de coloração escura por 7 dias. No mesmo saco de incubação, foi acondicionado frasco similar com 5mL de NaOH 1M. Posteriormente a incubação, o NaOH foi titulado com HCl 0,5M, usando o indicador fenolftaleína, seguindo o método proposto por Jenkinson & Powlson (1976).

$$\text{RBS (mg C-CO}_2\text{/kg solo seco/hrs)} = (\text{vol. B} - \text{vol. A}) * \text{M/ms/ T}$$

Onde: Vol. A= Volume do HCl gasto na titulação da amostra; vol. B= Volume do HCl gasto no branco; M= Molaridade HCl 0,5M; ms= massa seca (g); T= número de horas incubação.

pH. As amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno vedados e armazenadas sob refrigeração por 72h. O pH foi medido em pHmetro da marca Biovera em uma mistura de solo:água destilada (1:2)¹³¹.

4.2.5 Análises nas folhas da alface. A altura das alfaces foi medida em centímetros (cm) a partir do nível do solo até a extremidade da folha mais alta com o auxílio de uma trena¹⁶⁴.

Preparo da amostra. As alfaces foram coletadas, lavadas e colocadas em sacos de polietileno de cor escura e sistema de fechamento, devidamente identificados, acondicionadas em isopor com gelo seco (<4 °C) para transporte até o laboratório de bioativos, na Unirio, Urca, onde foram dispostas em tabuleiros e colocadas para secagem em estufa com circulação de ar ventilada a 65°C por 5 horas, sendo trituradas em liquidificador, retornando para a estufa por mais 1 hora a 90°C¹²⁹. Para a análise da capacidade antioxidante a amostra foi submetida a extração com mistura de etanol: água (50/50, v/v), na proporção de 3,0% (p/v) mantendo-se em incubadora shaker (NovaTecnica) a 30°C por 10 horas. Após este período, a mistura foi centrifugada (Thermo Fisher Scientific, MegaFuge 16R, EUA) 2000xg por 15 minutos e filtrada em papel de filtro, sendo o sobrenadante recuperado e armazenado a -20°C até o momento da análise¹⁶⁵. Solução aquosa 10% (v/v) do extrato da amostra foi utilizada para a análise da capacidade antioxidante descrita a seguir..

Atividade antioxidante. O teor total de fenólicos foi determinado a partir da técnica de Folin-Ciocalteu¹⁶⁶, utilizando o equipamento Victor NivoMicroplate Reader (Perkin Elmer, German), e os resultados foram expressos como mg de equivalente de ácido gálico por grama de amostra (mg EAG/g⁻¹). A atividade antioxidante do radical ABTS foi feita conforme descrito por RE et al. (1999)¹⁶⁷, utilizando o equipamento Victor NivoMicroplate Reader (Perkin Elmer, German). Os resultados foram expressos como mg de Trolox por grama de amostra (mg Trolox/g⁻¹). A atividade oxidante pela redução do ferro (FRAP) foi feita conforme descrito por Benzie and Strain (1996)¹⁶⁸, utilizando o equipamento Victor NivoMicroplate Reader (Perkin Elmer, German). Os resultados foram expressos como mg de ferro reduzido por grama de amostra (mg

$\text{Fe}^{2+}/\text{g}^{-1}$). A atividade antioxidante pelo teste ORAC foi feito como descrito por Zulueta et al. (2009)¹⁶⁹, utilizando o equipamento Victor NivoMicroplate Reader (Perkin Elmer, German). Os resultados foram expressos em mg de Trolox equivalente per gram of sample (mg TE.g^{-1}).

4.2.6 Tratamento estatístico. Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados estão expressos como média \pm desvio padrão. Para comparação das médias aritméticas, foi feita a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey usando o GraphPad Prism versão 5, com nível de significância de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Qualidade do solo

A variação das condições climáticas é mostrada na Figura 1 durante os 86 dias de experimento, com temperatura máxima igual a $33,8^\circ\text{C}$ correspondendo ao dia da sementeira e a mínima de $18,3^\circ\text{C}$ no período do transplantio.

A temperatura possui influência na disponibilidade de água e nutrientes às plantas, uma vez que pode afetar a taxa de evaporação e na inativação de enzimas produzidas pela microbiota do solo³⁵. O aumento da temperatura pode reduzir a força de ligação entre as partículas minerais e a água, que quando combinada com a expansão térmica diferencial pode resultar na redução dos espaços vazios¹⁴⁰.

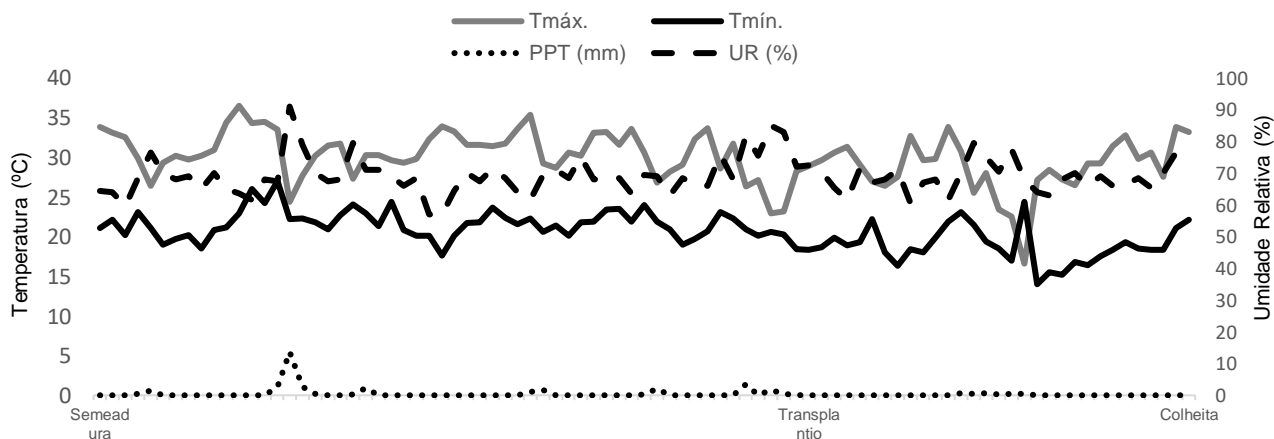


Figura 1: Variação das temperaturas máxima e mínima (°C), umidade relativa (%) e precipitação pluviométrica durante os 86 dias do experimento (Fonte: INMET¹³⁵).

O uso da FFH promoveu crescimento diferenciado das folhas da alface (**Figura 2**). No momento do transplântio, realizado após 56 dias de cultivo, somente o solo adicionado de FFH apresentou altura das folhas entre 8 a 10 cm¹⁶², parâmetro estabelecido para esta etapa.

Resultado semelhante relacionado ao baixo crescimento da alface plantada em solo com adição de resíduos de cebola foi visto por Pellejero et al. (2017)⁷, tal resultado foi relacionado com a alta relação de C/N dos resíduos da cebola.

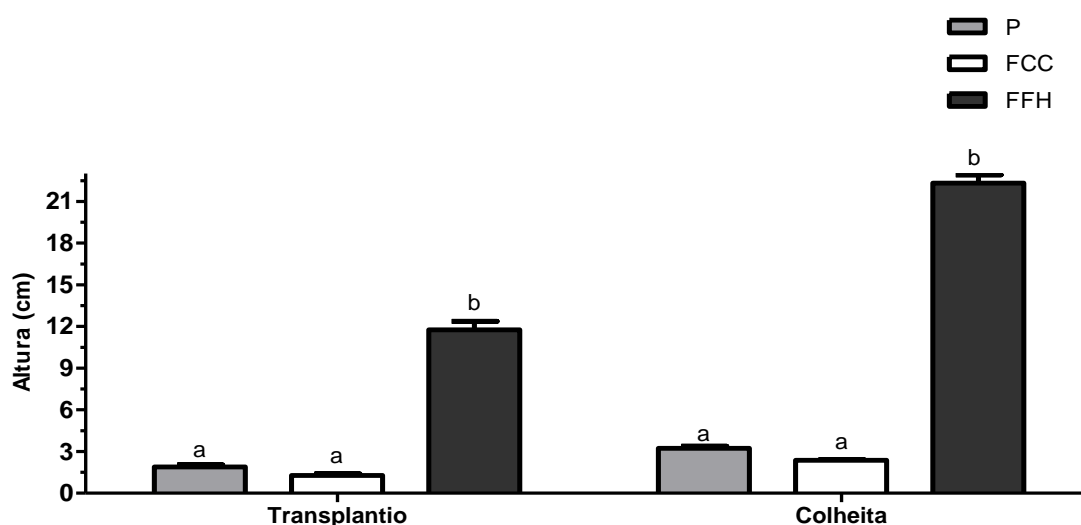


Figura 2: Altura das alfaces (cm) colhidas no período do transplântio e colheita, cultivadas em solos: Puro (P), P adicionado com Farinha de Casca de Cebola 10% (FCC) e P adicionado com Farinha de Frutas e Hortaliças 3% (FFH).

De acordo com Tran et al. (2019)¹⁷³ a presença dos biopolímeros afeta o rearranjo da estrutura do solo, outro fator relacionado é a composição da matéria orgânica adicionada ao solo, que influencia positivamente ou não neste processo, considerando que os aminoácidos e os açúcares são mais facilmente decompostos e outros como a lignina e lipídios, lentamente degradados⁴⁵. A FCC apresenta alto teor de lignina (38,9%) e relação FDS:FDI (1:13), quando comparados a FFH, respectivamente 19,3% e 1:4. Esses dados sugerem que os biopolímeros da FCC são

lentamente decompostos, influenciando negativamente na nutrição e qualidade do solo, no que diz respeito ao crescimento das folhas de alface.

O transplantio é caracterizado como uma etapa importante para o crescimento da planta, pois através deste, as sementes podem germinar mais rapidamente e com bom sistema radicular, sendo feito entre o período de 25 a 40 dias, com o desenvolvimento bem estabelecido da raiz¹⁷⁵ e a colheita da alface deve ser realizada 30 dias após o transplantio¹⁶³, completando o ciclo de cultivo. Neste estudo, o ciclo de cultivo foi 86 dias, considerando que a colheita foi realizada após 30 dias do transplantio. Mesmo favorecendo o crescimento das folhas de alface com uso da FFH, o tempo de cultivo até o momento do transplantio foi tardio podendo ter ocorrido pela alta variação da temperatura no decorrer do experimento¹⁶¹. Acredita-se que altas temperaturas durante a maior parte do cultivo, podem ter influenciado negativamente nas condições P e P + FCC10%, promovendo pouco crescimento da alface. O crescimento da planta pode ser afetado por alguns fatores advindos do solo; a distribuição da raiz e a capacidade desta de captar água e nutrientes, é influenciado pela forma de como o solo está estruturado⁴⁸.

É sabido que para melhor cultivo, o solo deve estar balanceado em relação aos micronutrientes e pH¹³⁷. Mas, considerando o teor de cinzas da FFH (4,9%) e da FCC (5,9%), foi feita a opção de não realizar ajuste dos diferentes solos propostos neste estudo. Com isto, observa-se que mesmo com solo não balanceado e temperatura alta no período do cultivo, a FFH promoveu o crescimento das folhas e manteve o ciclo de cultivo desta hortaliça nos padrões estabelecidos pela literatura, de aproximadamente 90 dias⁷.

A composição dos biopolímeros presentes nos fertilizantes orgânicos, também impactou no teor de umidade (**Figura 3**) e na capacidade de retenção de água (**Figura 4**). A variação do teor de água no solo influencia na disponibilidade de água para as plantas e microrganismos, mas também tem efeito significativo na taxa de difusão dos nutrientes¹⁷⁶. Apenas o solo adicionado de FCC apresentou aumento relevante do teor de umidade, mantendo este em aproximadamente 55% durante todo experimento. A adição de matéria orgânica ao solo se correlaciona com a formação dos poros, que podem ser divididos em micro ou macroporos. O aumento da estabilidade dos agregados pode ser causado pela sua maior interação através dos polissacarídeos que funcionam como agentes ligantes¹⁷⁷.

O solo adicionado com FCC apesar de ter um alto conteúdo de umidade, cerca de 60% no transplantio e 50% na colheita, promoveu um crescimento pobre da alface, conforme visto

anteriormente. O alto conteúdo de água está relacionado com oxigenação restrita, possuindo impacto no crescimento da planta⁴⁴. Além disso, a baixa oxigenação está associada ao aumento de microrganismos anaeróbios no solo, um exemplo desse grupo de microrganismos são as bactérias desnitrificadoras, que consistem em microrganismos que promovem a redução de nitrato a gás nitrogênio, provocando a perda de nitrogênio¹⁷⁹. Outros efeitos prejudiciais nas condições anaeróbicas acontecem, como estresse nas raízes por anóxia; produção de ácidos orgânicos e ácido sulfídrico, entre outras substâncias tóxicas para o vegetal¹⁸⁰.

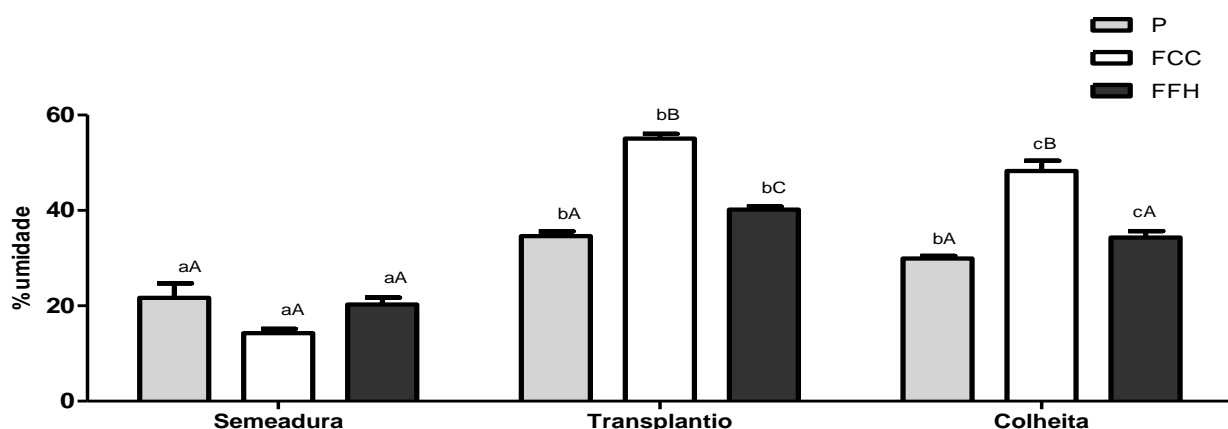


Figura 3: Teor de umidade de solo com diferentes tratamentos: Puro (P), adicionado com Farinha de Casca de Cebola 10% (FCC) e adicionado com Farinha de Frutas e Hortaliças 3% (FFH) durante o cultivo de alface nos períodos de sementeira (0), transplântio (56 dias) e colheita (86 dias). Letras minúsculas indicam a diferença de cada tratamento com o decorrer do tempo e letras maiúsculas indicam a diferença entre os tratamentos em cada tempo ($P < 0,05$; Teste de Tukey).

No solo com adição da FFH, a CRA não demonstrou alteração nos períodos de cultivo, com resposta semelhante ao solo P. A CRA está relacionada com a estrutura do solo e rearranjo dos agregados¹²³. Possivelmente, esse resultado está relacionado com a demanda pela planta por matéria orgânica e a maior absorção de nutrientes, influenciando negativamente no rearranjo dos agregados, reduzindo a capacidade de adsorção da água.

A manutenção da CRA do solo nos períodos de cultivo com a adição de FFH possivelmente está relacionado com a maior necessidade de água do solo plantado para adequado crescimento da planta, já que foi o único tratamento que teve um crescimento efetivo da alface¹⁸¹. Através do efeito de evapotranspiração da planta se tem a sucção de água do solo pela raiz, que provoca

alteração da estabilidade da estrutura do solo através de mudanças na resistência ao cisalhamento, provocando alteração da CRA¹⁸².

O solo com adição de FCC foi o que teve a maior CRA. O alto conteúdo de fibra insolúvel dessa matriz, representada principalmente por celulose e lignina, está relacionado com uma taxa mais lenta de decomposição, propiciando maior capacidade de adsorção da água pelos grupamentos hidrofílicos destes biopolímeros¹³⁷, como carbonilas e hidroxilas.

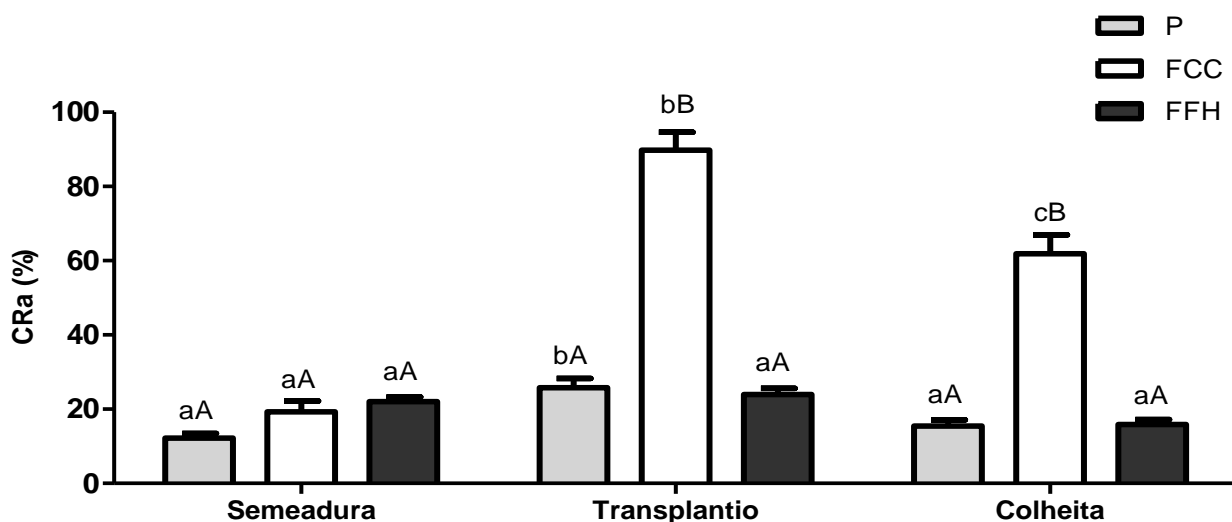


Figura 4: Capacidade de Retenção de Água (CRA) do solo com diferentes tratamentos: Puro (P), adicionado com Farinha de Casca de Cebola 10% (FCC) e adicionado com Farinha de Frutas e Hortaliças 3% (FFH) durante o cultivo de alface nos períodos de semeadura (0), transplântio (56 dias) e colheita (86 dias). Letras minúsculas indicam a diferença de cada tratamento com o decorrer do tempo e letras maiúsculas indicam a diferença entre os tratamentos em cada tempo ($P < 0,05$; Teste de Tukey).

XUE et al. (2016)¹⁸¹ relatam que a CRA do solo igual a 10-20% acarretou em menor crescimento da planta, tendo também menor biomassa radicular nessa faixa de CRA em comparação ao solo com CRA igual a 30-50%. A adição dos fertilizantes orgânicos estudados, refletem comportamento contrário, onde solo com menor CRA (P + FFH) promoveu maior crescimento da planta. Acredita-se que a principal justificativa para tal comportamento, está associada a estrutura dos agregados, conforme já discutido anteriormente.

Com relação a atividade metabólica, a condição mais impactada foi a com adição de FCC (**Figura 5**). Apesar do baixo crescimento da alface cultivada com esse fertilizante orgânico, o alto conteúdo de biopolímeros desse material e a proporção (10%) adicionada ao solo parece ter estimulado o aumento da atividade metabólica⁶⁰.

O alto conteúdo de compostos fenólicos⁹ e alta atividade antioxidante¹²⁹ da FFH, justificam melhor a atividade metabólica deste solo na semeadura, considerando que compostos fenólicos solúveis influenciam na atividade microbiana¹⁵⁶. Interessante notar que durante o experimento a variação da RBS no solo com este fertilizante orgânico foi irrelevante.

Considerando a influência positiva do aumento da umidade no período do transplântio para os solos P e com FCC, entende-se o aumento significativo da RBS. O teor de água adequado no solo é de extrema importância para a difusão dos nutrientes, conforme já mencionado. Não havendo nutrientes disponíveis no solo P, a taxa de RBS reduz ao nível do plantio, caracterizando falta de trocas de substâncias liberadas pela raiz que nutrem a microbiota¹³⁷.

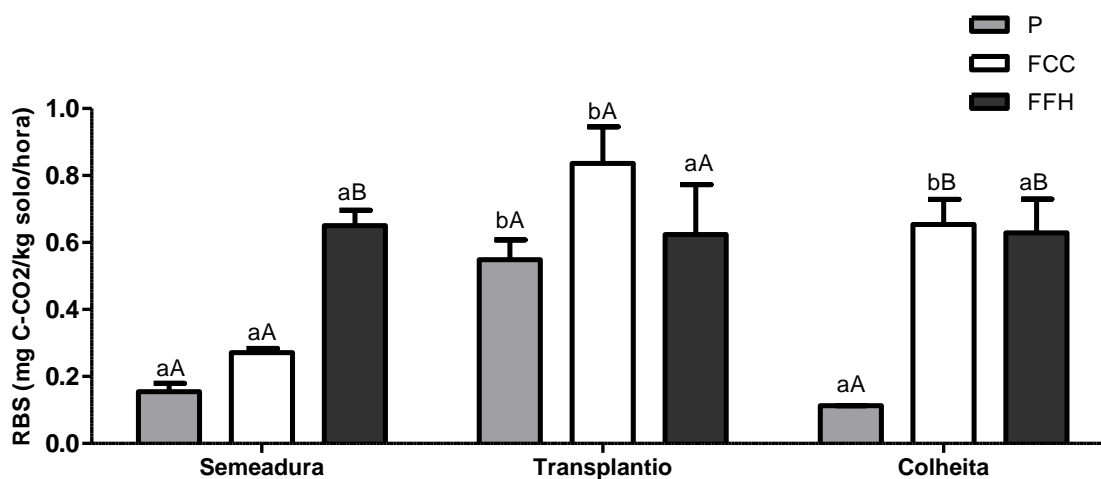


Figura 5: Respiração Basal do solo (RBS) com diferentes tratamentos: Puro (P), P adicionado com Farinha de Casca de Cebola 10% (FCC) e P adicionado com Farinha de Frutas e Hortaliças 3% (FFH) durante o cultivo de alface nos períodos de semeadura (0), transplântio (56 dias) e colheita (86 dias). Letras minúsculas indicam a diferença de cada tratamento com o decorrer do tempo e letras maiúsculas indicam a diferença entre os tratamentos em cada tempo ($P < 0,05$; Teste de Tukey).

O aumento do pH (**Figura 6**) ocorreu em todos os solos, durante o experimento, mas apenas o solo tratado com FFH apresentou comportamento similar ao estudo mencionado anteriormente. Wang et al. (2019)¹⁴⁶ relatam que resíduos orgânicos aplicados ao solo reduzem a acidez, justificando que a matriz dos resíduos orgânicos contém compostos que podem quelar os prótons, provocando a liberação de grupamentos de hidroxila -OH que tamponam o meio.

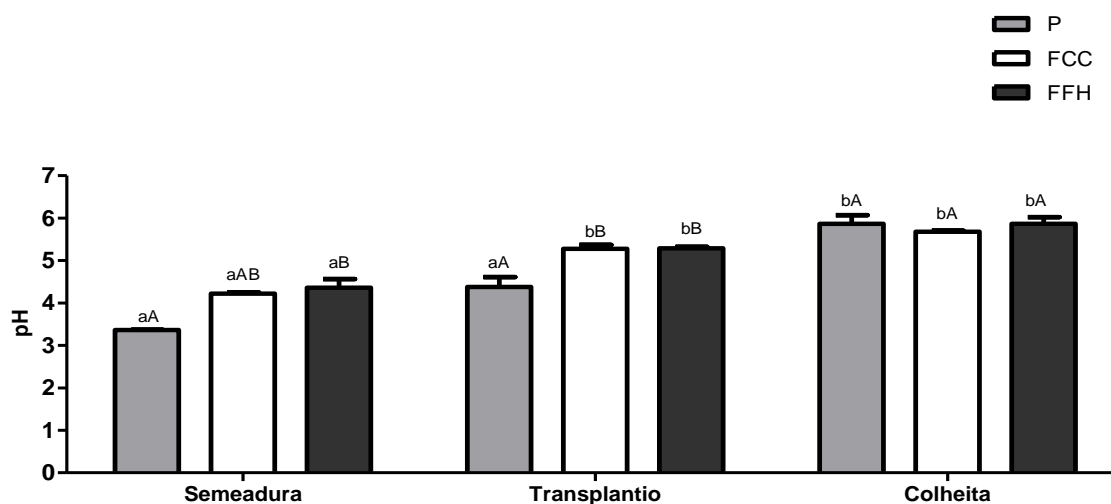


Figura 6: pH de solo com diferentes tratamentos: Puro (P), adicionado com Farinha de Casca de Cebola 10% (FCC) e adicionado com Farinha de Frutas e Hortaliças 3% (FFH) durante o cultivo de alface nos períodos de sementeira (0), transplântio (56 dias) e colheita (86 dias). Letras minúsculas indicam a diferença de cada tratamento com o decorrer do tempo e letras maiúsculas indicam a diferença entre os tratamentos em cada tempo ($P < 0,05$; Teste de Tukey).

4.3.2 Características da alface

Como discutido anteriormente, a alface cultivada em solo adicionado com FCC 10% e solo P não cresceu, com isto, somente a alface cultivada em solo com FFH 3% foi analisada.

Houve aumento significativo da atividade antioxidante das folhas de alface cultivadas em solo adicionado com FFH (**Figura 7**), quando comparadas a amostra de referência. Kapoulas et al. (2017)¹⁶⁰ verificaram variação do teor de fenólicos totais para alface produzida na forma convencional (0,4 mg EAG/g MF) e em sistema orgânico (0,2 mg EAG/g MF). Este estudo, apresenta teor de fenólicos superior aos citados, favorecendo assim, o aspecto nutricional desta hortaliça.

Alface analisada por FRAP resultou em 1,78 mgFe²⁺/g MF e a alface cultivada em solo com FFH 1,31 mgFe²⁺/g, não mostrando diferença relevante nos resultados encontrados em ambos estudos com relação a esse método.

Já na comparação da a atividade antioxidante pelo método ABTS, Llorach et al. (2008)²¹ analisando alface encontrou 1,15 mgTEAC/g MF, neste estudo, este valor aumentou 4 vezes, corroborando que a adição da FFH no solo possibilita a melhora no valor nutricional da hortaliça.

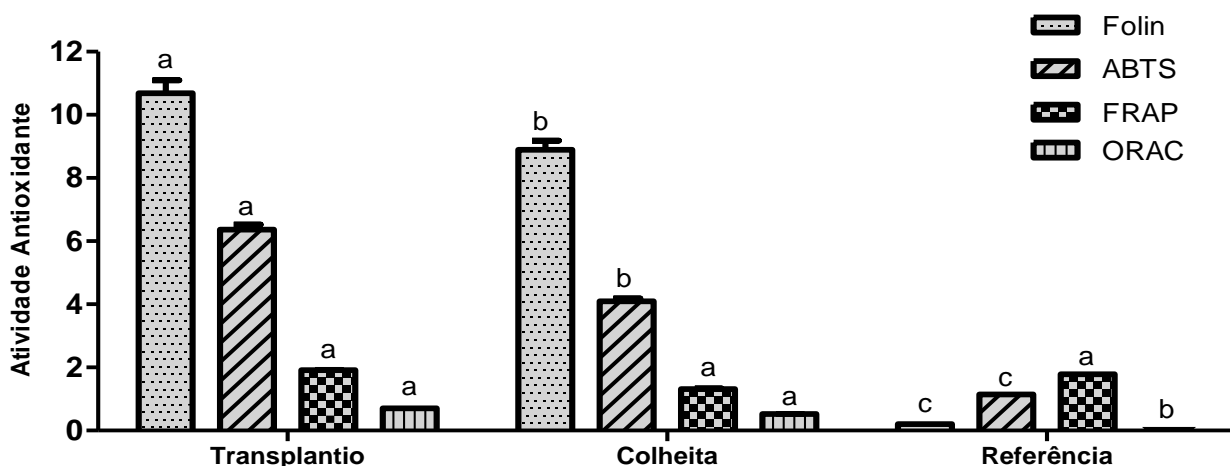


Figura 7: Atividade antioxidante de folhas de alface cultivadas em solo adicionado de FFH 3% nos períodos de transplântio (56 dias) e colheita (86 dias) e amostras de referência^{20,21,160}, expressos como fenólicos totais (mg ácido gálico/g massa fresca - MF); FRAP (mg Fe²⁺/g⁻¹ MF); ABTS (mg Trolox/g⁻¹ MF); ORAC (mg Trolox/g⁻¹) avaliada separadamente em cada análise. Letras diferentes indicam diferença estatística avaliado para o mesmo método entre os períodos de cultivo e dados de referência ($P < 0,05$; Teste de Tukey).

O teor de compostos antioxidantes analisado está, possivelmente, associado ao alto conteúdo de compostos bioativos da FFH (88 compostos fenólicos identificados)¹⁰ e a estrutura dos agregados que favoreceram o fluxo de nutrientes entre o solo e a planta¹⁶⁰.

A maior atividade antioxidante no transplântio pode estar associada, com estresse da planta nessa importante etapa de desenvolvimento, considerando que as plantas reagem a condições ambientais através de mudanças fisiológicas como mecanismos de defesa a diferentes condições de estresse¹⁸³.

Os dados obtidos pelos métodos de Folin e ABTS indicaram diferenças significativas nos períodos de transplante e colheita da alface, já pelo método FRAP tal fato não foi observado. López et al. (2014)¹⁸⁴ relataram que os principais ácidos orgânicos da alface são os cítrico e o málico, por sua vez estes não apresentaram alta atividade antioxidante quando analisados pelo FRAP e mostraram maior capacidade antioxidante quando analisados pelo ABTS. Zhao et al. (2007)¹⁸⁵ relataram que mais de 90% da atividade antioxidante analisada pelo método ORAC é atribuída a compostos hidrofílicos, com isso compostos com características lipofílicas, como carotenoides e vitamina E não são adequadamente identificados, podendo compreender os baixos teores encontrados na atividade antioxidante avaliada por esse método.

Os dados sugerem que a FFH possa ser utilizada como um bioestimulante, uma vez que promoveu melhoria na qualidade nutricional da alface e ainda aumento do crescimento da planta. Estudos adicionais que promovam alterações na estrutura dos agregados, como a utilização de tratamento enzimático, visando facilitar decomposição e ainda fluxo de nutrientes¹⁸⁶ pode ser uma alternativa para melhorar o desempenho desta matriz.

4.4 CONCLUSÃO

A adição de FFH 3% no solo propiciou melhoria no perfil nutricional da alface da variedade Crespa, mantendo o ciclo total de cultivo (86 dias) similar ao observado na literatura (90 dias), apresentando maior conteúdo de fenólicos totais e maior capacidade antioxidante, quando comparados com dados da literatura, mostrando ter potencial como fertilizante orgânico e bioestimulante de plantas.

4.5 ABREVIÇÕES USADAS

ABTS, 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico); AI, alta irrigação; BI, baixa irrigação; C, carbono; CRa, capacidade de retenção de água; CO₂, dióxido de carbono; DPPH, 2,2-difenil-1-picrilhidrazila; FCC, farinha de casca de cebola; FDS, fibras dietéticas solúveis; FDI, fibras dietéticas insolúveis; FFH, farinha de frutas e hortaliças; FRAP, Poder Antioxidante de Redução de Ferro; HCl, ácido clorídrico, RBS, respiração basal; P, solo Puro; U, umidade; MS, matéria seca; M, molaridade; NaOH, hidróxido de sódio; ORAC, capacidade de absorção de radicais de oxigênio.

4.6 AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos estabelecimentos a disponibilização das cascas de cebola e apoio financeiro à CAPES e CNPq.

5 REFERÊNCIAS

- (1) FAO Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. O desperdício de alimentos tem consequências no clima, na água, na terra e na biodiversidade.
- (2) Reis, C. V. S.; Moreira, T. B. S.; Cunha, G. H. de M. O Efeito Marginal Do Capital Humano Na Agricultura Familiar. *Espacios* **2017**, 38, 8.
- (3) ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Políticas Para La Agricultura Familiar En América Latina Y El Caribe. Santiago- Chile 2007, p 366.
- (4) Wu, H.; Wang, S.; Gao, L.; Zhang, L.; Yuan, Z.; Fan, T.; Wei, K.; Huang, L. Nutrient-Derived Environmental Impacts in Chinese Agriculture during 1978–2015. *Journal of Environmental Management* **2018**, 217, 762–774. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.002>.
- (5) Neethu, C. S.; Mujeeb Rahiman, K. M.; Rosmine, E.; Saramma, A. V.; Mohamed Hatha, A. A. Utilization of Agro-Industrial Wastes for the Production of Lipase from *Stenotrophomonas Maltophilia* Isolated from Arctic and Optimization of Physical Parameters. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* **2015**, 4, 703–709. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2015.09.002>.
- (6) Chen, J.-H. The Combined Use of Chemical and Organic Fertilizers And/or Biofertilizer for Crop Growth and Soil Fertility. In *International Workshop of Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for efficient crop production and Fertilizer use*; 2006; pp 1–11.
- (7) Pellejero, G.; Miglierina, A.; Aschkar, G.; Turcato, M.; Jiménez-Ballesta, R. Effects of the Onion Residue Compost as an Organic Fertilizer in a Vegetable Culture in the Lower Valley of the Rio Negro. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* **2017**, 6 (2), 159–166. <https://doi.org/10.1007/s40093-017-0164-8>.

- (8) Martins, R. C.; Chiapetta, S. C.; Paula, F. D. De; Gonçalves, É. C. B. a. Avaliação Da Vida de Prateleira de Bebida Isotônica Elaborada Com Suco Concentrado de Frutas E Hortaliças Congeladas Por 30 Dias. *Alimentos e Nutrição***2011**, 22 (4), 623–629.
- (9) Andrade, R. M. S. de; Ferreira, M. S. L.; Gonçalves, É. C. B. de A. Functional Capacity of Flour Obtained from Residues of Fruit and Vegetables Functional Capacity of Flour Obtained from Residues of Fruit and Vegetables. *International Food Research Journal***2016**, No. January 2014, 1675–1681.
- (10) Gonçalves, E. C. B. A.; Lozano-Sanchez, J.; Gomes, S.; Ferreira, M. S. L.; Cameron, L. C.; Segura-Carretero, A. Byproduct Generated during the Elaboration Process of Isotonic Beverage as a Natural Source of Bioactive Compounds. *Journal of Food Science***2018**, 83 (10). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14336>.
- (11) Benítez, V.; Mollá, E.; Martín-Cabrejas, M. A.; Aguilera, Y.; LÓPEZ-ANDREU, F. J.; COOLS, K.; TERRY, L. A.; ESTEBAN, R. M. Characterization of Industrial Onion Wastes (*Allium Cepa* L.): Dietary Fibre Characterization of Industrial Onion Wastes (*Allium Cepa* L.): Dietary Fibre and Bioactive Compounds. *Plant Foods for Human Nutrition***2011**, 66, 48–57. <https://doi.org/10.1007/s11130-011-0212-x>.
- (12) Gawlik-Dziki, U.; Świeca, M.; Dziki, D.; Baraniak, B.; Tomiło, J.; Czyz, J. Quality and Antioxidant Properties of Breads Enriched with Dry Onion (*Allium Cepa* L.) Skin. *Food Chemistry***2013**, 138 (2–3), 1621–1628. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.151>.
- (13) Sayed, H. S.; Hassan, N. M. M.; KHALEK, A. El. The Effect of Using Onion Skin Powder as a Source of Dietary Fiber and Antioxidants on Properties of Dried and Fried Noodles. *Current Science International***2014**, 3, 468–475.
- (14) Lee, K. A.; Kim, K. T.; Nah, S. Y.; Chung, M. S.; Cho, S. W.; Paik, H. D. Antimicrobial and Antioxidative Effects of Onion Peel Extracted by the Subcritical Water. *Food Science and Biotechnology***2011**, 20 (2), 543–548. <https://doi.org/10.1007/s10068-011-0076-8>.
- (15) Albishi, T.; John, J. A.; Al-Khalifa, A. S.; Shahidi, F. Antioxidative Phenolic Constituents of Skins of Onion Varieties and Their Activities. *Journal of Functional Foods***2013**, 5 (3), 1191–1203. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.04.002>.
- (16) IFESAN, B. O. T. Chemical Composition of Onion Peel (*Allium Cepa*) and Its Ability to

Serve as a Preservative in Cooked Beef. *International Journal of Science and Research Methodology***2017**, 7 (4), 25–34.

- (17) Kim, M. J.; Moon, Y.; Tou, J. C.; Mou, B.; Waterland, N. L. Nutritional Value, Bioactive Compounds and Health Benefits of Lettuce (*Lactuca Sativa* L.). *Journal of Food Composition and Analysis***2016**, 49, 19–34. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.03.004>.
- (18) Yang, X.; Cui, X.; Zhao, L.; Guo, D.; Feng, L.; Wei, S.; Zhao, C.; Huang, D. Exogenous Glycine Nitrogen Enhances Accumulation of Glycosylated Flavonoids and Antioxidant Activity in Lettuce (*Lactuca Sativa* L.). *Frontiers in Plant Science***2017**, 8, 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02098>.
- (19) Schneider, M.; Goss, K. U. Temperature Dependence of the Water Retention Curve for Dry Soils. *Water Resources Research***2011**, 47 (3), 1–5. <https://doi.org/10.1029/2010WR009687>.
- (20) Melo, E. de A.; Maciel, M. I. S.; Lima, V. L. A. G.; Leal, F. L. L.; Caetano, A. C. da S.; Nascimento, R. J. Capacidade Antioxidante de Hortaliças Usualmente Consumidas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos***2006**, 26 (3), 639–644. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612006000300024>.
- (21) Llorach, R.; Martínez-Sánchez, A.; Tomás-Barberán, F. A.; Gil, M. I.; Ferreres, F. Characterisation of Polyphenols and Antioxidant Properties of Five Lettuce Varieties and Escarole. *Food Chemistry***2008**, 108 (3), 1028–1038. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.032>.
- (22) Chisari, M.; Todaro, A.; Barbagallo, R. N.; Spagna, G. Salinity Effects on Enzymatic Browning and Antioxidant Capacity of Fresh-Cut Baby Romaine Lettuce (*Lactuca Sativa* L. Cv. Duende). *Food Chemistry***2010**, 119 (4), 1502–1506. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.033>.
- (23) Garner, E.; de la O Campos, A. P. Identifying the “family Farm”. An Informal Discussion of the Concepts and Definitions. *Food and Agriculture Organization of the United Nations***2014**, No. 14, 1–37. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2012.04.016>.
- (24) Planalto (BRASIL). LEI N° 11.326, DE 24 DE JULHO DE 2006. 2006, pp 1–3.
- (25) Medina, G.; Almeida, C.; Novaes, E.; Godar, J.; Pokorny, B. Development Conditions for

- Family Farming: Lessons From Brazil. *World Development***2015**, 74, 386–396. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.05.023>.
- (26) Ricciardi, V.; Ramankutty, N.; Mehrabi, Z.; Jarvis, L.; Chookolingo, B. How Much of the World's Food Do Smallholders Produce? *Global Food Security***2018**, 17 (January), 64–72. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.05.002>.
- (27) Food and Agriculture Organization of the United Nations. Family Farming Knowledge Platform <http://www.fao.org/family-farming/countries/nic/en/>.
- (28) (IBGE), B. I. of G. and S. Rendimento médio da produção (Kg por Hectare), 2016.
- (29) Singh, C.; Tiwari, S.; Gupta, V. K.; Singh, J. S. The Effect of Rice Husk Biochar on Soil Nutrient Status, Microbial Biomass and Paddy Productivity of Nutrient Poor Agriculture Soils. *Catena***2018**, 171, 485–493. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.07.042>.
- (30) Wei, Y.; Wu, D.; Wei, D.; Zhao, Y.; Wu, J.; Xie, X.; Zhang, R.; Wei, Z. Improved Lignocellulose-Degrading Performance during Straw Composting from Diverse Sources with Actinomycetes Inoculation by Regulating the Key Enzyme Activities. *Bioresource Technology***2019**, 271 (August 2018), 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.081>.
- (31) Sath, P. K.; Duhan, S.; Duhan, J. S. Agro-Industrial Wastes and Their Utilization Using Solid State Fermentation: A Review. *Bioresources and Bioprocessing***2018**, 5, 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0187-z>.
- (32) Chen, W.; Xu, Y.; Shi, S.; Cao, Y.; Chen, M.; Zhou, X. Fast Modification on Wheat Straw Outer Surface by Water Vapor Plasma and Its Application on Composite Material. *Scientific Reports***2018**, 8, 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20285-5>.
- (33) Cassales, A.; Souza-Cruz, P. B. de; Rech, R.; Záchia Ayub, M. A. Optimization of Soybean Hull Acid Hydrolysis and Its Characterization as a Potential Substrate for Bioprocessing. *Biomass and Bioenergy***2011**, 35, 4675–4683. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.09.021>.
- (34) Balci, G.; Demirsoy, H.; Demirsoy, L. Evaluation of Performances of Some Organic Waste in Organic Strawberry Cultivation. *Waste and Biomass Valorization***2017**, 0 (0), 1–7. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0132-6>.

- (35) Qu, M.; Liu, Y.; Zhang, G.; Xue, S. J.; Fan, H.; Wang, Y.; Yu, S. Identification and Characterization of Soybean Dreg Soluble Dietary Fibre by Combination of Extrusion Pre-Treatment and Enzymatic Modification. *Food Quality and Safety***2017**, *1*, 153–160. <https://doi.org/10.1093/fqs/fyx014>.
- (36) Cabrera, E.; Muñoz, M. J.; Martín, R.; Caro, I.; Curbelo, C.; Díaz, A. B. Comparison of Industrially Viable Pretreatments to Enhance Soybean Straw Biodegradability. *Bioresource Technology***2015**, *194*, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.06.090>.
- (37) Locatelli, A. F.; Scavazini, R.; Sanchez, S. Redução, Reutilização E Reciclagem De Resíduos Em Unidade De Alimentação E Nutrição. *Revista Simbio-Logias***2008**, *1* (2), 9.
- (38) Alexandrino, A. M.; Faria, H. G. De; Souza, C. G. M. De; Peralta, R. M. Aproveitamento Do Resíduo de Laranja Para a Produção de Enzimas Lignocelulolíticas Por *Pleurotus Ostreatus* (Jack:Fr). *Ciência e Tecnologia de Alimentos***2007**, *27* (2), 364–368. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000200026>.
- (39) Ministry of Agriculture. Farm Practice: Manure Storage and Use; British Columbia, 2014; pp 1–3.
- (40) Oliveira, L. D. S.; Cristina, M.; Costa, G.; Souza, H. A. De; Blum, J. Characterization of Organic Wastes and Effects of Their Application on the Soil. *Journal of Agricultural Science*;**2018**, *10*. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n6p291>.
- (41) Ding, J.; Jiang, X.; Ma, M.; Zhou, B.; Guan, D.; Zhao, B.; Zhou, J.; Cao, F.; Li, L.; Li, J. Effect of 35 Years Inorganic Fertilizer and Manure Amendment on Structure of Bacterial and Archaeal Communities in Black Soil of Northeast China. *Applied Soil Ecology***2016**, *105*, 187–195. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.04.010>.
- (42) Ma, M.; Zhou, J.; Ongena, M.; Liu, W.; Wei, D.; Zhao, B.; Guan, D.; Jiang, X.; Li, J. Effect of Long-Term Fertilization Strategies on Bacterial Community Composition in a 35-Year Field Experiment of Chinese Mollisols. *AMB Express***2018**, *8*, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0549-8>.
- (43) Liu, Z.; Singer, S.; Tong, Y.; Kimbell, L.; Anderson, E.; Hughes, M.; Zitomer, D.; McNamara, P. Characteristics and Applications of Biochars Derived from Wastewater Solids. *Renewable and Sustainable Energy Reviews***2018**, *90*, 650–664.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.040>.

- (44) Nascimento, P.; Marim, R.; Carvalho, G.; Mali, S. Nanocellulose Produced from Rice Hulls and Its Effect on the Properties of Biodegradable Starch Films. *Materials Research***2016**, *19*, 167–174. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2015-0423>.
- (45) Zhang, H.; Ding, X.; Chen, X.; Ma, Y.; Wang, Z.; Zhao, X. A New Method of Utilizing Rice Husk: Consecutively Preparing D-Xylose, Organosolv Lignin, Ethanol and Amorphous Superfine Silica. *Journal of Hazardous Materials***2015**, *291*, 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.03.003>.
- (46) Sinclair, A.; Jiang, L.; Bajwa, D.; Bajwa, S.; Tangpong, S.; Wang, X. Cellulose Nanofibers Produced from Various Agricultural Residues and Their Reinforcement Effects in Polymer Nanocomposites. *Journal of Applied Polymer Science***2018**, *135* (21), 9–11. <https://doi.org/10.1002/app.46304>.
- (47) Liu, K.; Lin, X.; Yue, J.; Li, X.; Fang, X.; Zhu, M.; Lin, J.; Qu, Y.; Xiao, L. High Concentration Ethanol Production from Corncob Residues by Fed-Batch Strategy. *Bioresource Technology***2010**, *101*, 4952–4958. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.11.013>.
- (48) Daud, Z.; Hatta, M. Z. M.; Kassim, A. S. M.; Awang, H.; Aripin, A. M. Exploring of Agro Waste (Pineapple Leaf, Corn Stalk, and Napier Grass) by Chemical Composition and Morphological Study. *BioResources***2014**, *9*, 872–880. <https://doi.org/10.15376/biores.9.1.872-880>.
- (49) Templeton, D. W.; Sluiter, A. D.; Hayward, T. K.; Hames, B. R.; Thomas, S. R. Assessing Corn Stover Composition and Sources of Variability via NIRS. *Cellulose***2009**, *16*, 621–639. <https://doi.org/10.1007/s10570-009-9325-x>.
- (50) Bayitse, R.; Hou, X.; Bjerre, A. B.; Saalia, F. K. Optimisation of Enzymatic Hydrolysis of Cassava Peel to Produce Fermentable Sugars. *AMB Express***2015**, *5*. <https://doi.org/10.1186/s13568-015-0146-z>.
- (51) Kaewpradit, W.; Toomsan, B.; Cadisch, G.; Vityakon, P.; Limpinuntana, V.; Saenjan, P.; Jogloy, S.; Patanothai, A. Mixing Groundnut Residues and Rice Straw to Improve Rice Yield and N Use Efficiency. *Field Crops Research***2009**, *110*, 130–138.

<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.07.011>.

- (52) de Oliveira, R. A.; Comin, J. J.; Tiecher, T.; Piccin, R.; Somavilla, L. M.; Loss, A.; Lourenzi, C. R.; Kitzler, C.; Brunetto, G. Release of Phosphorus Forms from Cover Crop Residues in Agroecological No-till Onion Production. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo***2017**, *41*, 1–16. <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20160272>.
- (53) Brockmann, D.; Pradel, M.; Hélias, A. Agricultural Use of Organic Residues in Life Cycle Assessment: Current Practices and Proposal for the Computation of Field Emissions and of the Nitrogen Mineral Fertilizer Equivalent. *Resources, Conservation and Recycling***2018**, *133* (August 2017), 50–62. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.034>.
- (54) Singh, V. K.; Dwivedi, B. S.; Singh, S. K.; Mishra, R. P.; Shukla, A. K.; Rathore, S. S.; Shekhawat, K.; Majumdar, K.; Jat, M. L. Field Crops Research Effect of Tillage and Crop Establishment, Residue Management and K Fertilization on Yield, K Use Efficiency and Apparent K Balance under Rice- Maize System in North-Western India. *Field Crops Research***2018**, *224* (April), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.04.012>.
- (55) Nigussie, A.; Kuyper, T. W.; Neergaard, A. de. Agricultural Waste Utilisation Strategies and Demand for Urban Waste Compost: Evidence from Smallholder Farmers in Ethiopia. *Waste Management***2015**, *44*, 82–93. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.07.038>.
- (56) Cayuela, M. L.; Sánchez-Monedero, M. A.; Roig, A.; Sinicco, T.; Mondini, C. Biochemical Changes and GHG Emissions during Composting of Lignocellulosic Residues with Different N-Rich by-Products. *Chemosphere***2012**, *88*, 196–203. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.03.001>.
- (57) 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***2018**, *187*, 273–284. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.211>.
- (58) Carneiro, L. J.; Costa, M. S. S. de M.; Costa, L. A. de M.; Martins, M. F. L.; Rozatti, M. A. T. Nutrient Loss in Composting of Agroindustrial Residues. *Engenharia Agrícola***2013**, *33*, 796–807. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162013000400019>.
- (59) Ministry of Agriculture Livestock and Food Supply (MAPA, B. Instrução Normativa N° 46, DE 6 DE OUTUBRO DE 2011. 2014.

- (60) Mohammadi, A.; Cowie, A. L.; Anh Mai, T. L.; Brandão, M.; Anaya de la Rosa, R.; Kristiansen, P.; Joseph, S. Climate-Change and Health Effects of Using Rice Husk for Biochar-Compost: Comparing Three Pyrolysis Systems. *Journal of Cleaner Production***2017**, *162*, 260–272. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.026>.
- (61) Waqas, M.; Nizami, A. S.; Aburiazza, A. S.; Barakat, M. A.; Ismail, I. M. I.; Rashid, M. I. Optimization of Food Waste Compost with the Use of Biochar. *Journal of Environmental Management***2018**, *216*, 70–81. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.06.015>.
- (62) Czekala, W.; Dach, J.; Dong, R.; Janczak, D.; Malińska, K.; Józwiakowski, K.; Smurzyńska, A.; Cieślik, M. Composting Potential of the Solid Fraction of Digested Pulp Produced by a Biogas Plant. *Biosystems Engineering***2017**, *160*, 25–29. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.05.003>.
- (63) Azim, K.; Soudi, B.; Boukhari, S.; Perissol, C.; Roussos, S.; Thami Alami, I. Composting Parameters and Compost Quality: A Literature Review. *Organic Agriculture***2018**, *8* (2), 141–158. <https://doi.org/10.1007/s13165-017-0180-z>.
- (64) Yu, Z.; Tang, J.; Liao, H.; Liu, X.; Zhou, P.; Chen, Z.; Rensing, C.; Zhou, S. The Distinctive Microbial Community Improves Composting Efficiency in a Full-Scale Hyperthermophilic Composting Plant. *Bioresource Technology***2018**, *265*, 146–154. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.06.011>.
- (65) Zhang, L.; Sun, X. Effects of Bean Dregs and Crab Shell Powder Additives on the Composting of Green Waste. *Bioresource Technology***2018**, *260* (March), 283–293. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.03.126>.
- (66) Pan, I.; Dam, B.; Sen, S. K. Composting of Common Organic Wastes Using Microbial Inoculants. *3 Biotech***2012**, *2*, 127–134. <https://doi.org/10.1007/s13205-011-0033-5>.
- (67) Li, Z.; Lu, H.; Ren, L.; He, L. Experimental and Modeling Approaches for Food Waste Composting: A Review. *Chemosphere***2013**, *93*, 1247–1257. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.06.064>.
- (68) Hanc, A.; Dreslova, M. Effect of Composting and Vermicomposting on Properties of Particle Size Fractions. *Bioresource Technology***2016**, *217*, 186–189.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.02.058>.

- (69) Lazcano, C.; Domínguez, J. *The Use of Vermicompost in Sustainable Agriculture : Impact on Plant Growth and Soil Fertility*; 2011.
- (70) Singh, R. P.; Embrandiri, A.; Ibrahim, M. H.; Esa, N. Management of Biomass Residues Generated from Palm Oil Mill: Vermicomposting a Sustainable Option. *Resources, Conservation and Recycling***2011**, 55 (4), 423–434. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.11.005>.
- (71) Vega, A. de la. *Vermicomposting: The Future of Sustainable Agriculture and Organic Waste Management*; 2016.
- (72) Bhat, S. A.; Singh, J.; Vig, A. P. Earthworms as Organic Waste Managers and Biofertilizer Producers. *Waste and Biomass Valorization***2018**, 9, 1073–1086. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-9899-8>.
- (73) Fornes, F.; Mendoza-Hernández, D.; García-de-la-Fuente, R.; Abad, M.; Belda, R. M. Composting versus Vermicomposting: A Comparative Study of Organic Matter Evolution through Straight and Combined Processes. *Bioresource Technology***2012**, 118, 296–305. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.05.028>.
- (74) Topoliantz, S.; Ponge, J. F.; Ballof, S. Manioc Peel and Charcoal: A Potential Organic Amendment for Sustainable Soil Fertility in the Tropics. *Biology and Fertility of Soils***2005**, 41, 15–21. <https://doi.org/10.1007/s00374-004-0804-9>.
- (75) Nweke, I. A. Effect of Cassava Peel Compost and Earthworm (Eudriluseugeneae) Activities on the Rheological, Physical and Biological Properties of Oil Polluted Soil. *International Journal of Agricultural and Environmental Sciences***2016**, 1, 26–32.
- (76) Suthar, S. Bioremediation of Agricultural Wastes through Vermicomposting. *Bioremediation Journal***2009**, 13, 21–28. <https://doi.org/10.1080/10889860802690513>.
- (77) Shak, K. P. Y.; Wu, T. Y.; Lim, S. L.; Lee, C. A. Sustainable Reuse of Rice Residues as Feedstocks in Vermicomposting for Organic Fertilizer Production. *Environmental Science and Pollution Research***2014**, 21, 1349–1359. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1995-0>.
- (78) Bhor, S. D.; Patil, S. R.; Gajare, A. S.; Ghodke, S. K. Influence of Crop Residue and Earthworm Species on Quality and Decomposition Rate of Vermicompost. *An Asian*

*Journal of Soil Science***2013**, 8 (1), 72–75.

- (79) Ayneband, A.; Gorooei, A.; Moezzi, A. A. Vermicompost: An Eco-Friendly Technology for Crop Residue Management in Organic Agriculture. *Energy Procedia***2017**, 141, 667–671. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.090>.
- (80) Khwanchai, K.; Kanokkorn, S. Effect of Agricultural Waste on Vermicompost Production and Earthworm Biomass. *Journal of Environmental Science and Technology***2018**, 11, 23–27. <https://doi.org/10.3923/jest.2018.23.27>.
- (81) Karmakar, S.; Adhikary, M.; Gangopadhyay, A.; Brahmachari, K. Impact of Vermicomposting in Agricultural Waste Management Vis-À-Vis Soil Health Care. *Journal of Environmental Science and Natural Resources***2015**, 8 (1), 99–104. <https://doi.org/10.3329/jesnr.v8i1.24680>.
- (82) Laura, P.; Filipov, F.; Oroian, I.; Mihalache, M.; Odagiu, A.; Buta, M. Use of Soil Conditioners in Greenhouses Soils. *ProEnvironment***2014**, 7, 185–189.
- (83) Liu, Z.; Rong, Q.; Zhou, W.; Liang, G. Effects of Inorganic and Organic Amendment on Soil Chemical Properties, Enzyme Activities, Microbial Community and Soil Quality in Yellow Clayey Soil. *PLoS ONE***2017**, 12 (3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172767>.
- (84) Xu, M.; Liang, M.; Chen, J.; Xia, Y.; Zheng, Z.; Zhu, Q.; Deng, X. Preliminary Research on Soil Conditioner Mediated Citrus Huanglongbing Mitigation in the Field in Guangdong, China. *European Journal of Plant Pathology***2013**, 137 (2), 283–293. <https://doi.org/10.1007/s10658-013-0238-z>.
- (85) Zia-Ur-Rehman, M.; Rizwan, M.; Sabir, M.; Shahjahan; Ali, S.; Ahmed, H. R. Comparative Effects of Different Soil Conditioners on Wheat Growth and Yield Grown in Saline-Sodic Soils. *Sains Malaysiana***2016**, 45, 339–346.
- (86) Guilherme, M. R.; Aouada, F. A.; Fajardo, A. R.; Martins, A. F.; Paulino, A. T.; Davi, M. F. T.; Rubira, A. F.; Muniz, E. C. Superabsorbent Hydrogels Based on Polysaccharides for Application in Agriculture as Soil Conditioner and Nutrient Carrier: A Review. *European Polymer Journal***2015**, 72, 365–385. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2015.04.017>.
- (87) Milani, P.; França, D.; Balieiro, A. G.; Faez, R. Polymers and Its Applications in

- Agriculture. *Polímeros***2017**, 27, 256–266. <https://doi.org/10.1590/0104-1428.09316>.
- (88) Cândido, J. D. S.; Pereira, A. G. B.; Fajardo, A. R.; Ricardo, N. M. P. S.; Feitosa, J. P. A.; Muniz, E. C.; Rodrigues, F. H. A. Poly(acrylamide-Co-Acrylate)/rice Husk Ash Hydrogel Composites. II. Temperature Effect on Rice Husk Ash Obtention. *Composites Part B: Engineering***2013**, 51, 246–253. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2013.03.027>.
- (89) Simões, A. C.; Alves, G. K.; Ferreira, R. L.; Araújo Neto, S. E.; Simões, A. C.; Alves, G. K.; Ferreira, R. L.; Araújo Neto, S. E. Qualidade Da Muda E Produtividade de Alface Orgânica Com Condicionadores de Substrato. *Horticultura Brasileira***2015**, 33 (4), 521–526. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000400019>.
- (90) Demir, Z.; Gülser, C. Effects of Rice Husk Compost Application on Soil Quality Parameters in Greenhouse Conditions. *Eurasian J Soil Sci***2015**, 4, 185–190.
- (91) Mousa, A. A. Effect of Using Some Soil Conditioners on Salt Affected Soil Properties and Its Productivity at El-Tina Plain Area, North Sinai, Egypt. *Egypt Journal Soil Science***2017**, 111 (1), 101–111. <https://doi.org/10.21608/EJSS.2017.1526>.
- (92) Wang, H. C.; Chou, C. Y.; Chiou, C. R.; Tian, G.; Chiu, C. Y. Humic Acid Composition and Characteristics of Soil Organic Matter in Relation to the Elevation Gradient of Moso Bamboo Plantations. *PLoS ONE***2016**, 11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162193>.
- (93) Abubakar, T.; Marikkar, N.; Salleh, A.; Azlan, A.; Jivan, M. Evaluation of Brans of Different Rice Varieties for Their Antioxidative and Antihyperglycemic Potentials. *Journal of Food Biochemistry***2017**, 41, 1–7. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12295>.
- (94) Lerma, T. A.; Palencia, M.; Combatt, E. M. Soil Polymer Conditioner Based on Montmorillonite-Poly (Acrylic Acid) Composites. *Journal of Applied Polymer Science***2018**, 46211, 1–8. <https://doi.org/10.1002/app.46211>.
- (95) MIRANDA, N. D. O.; PIMENTA, A. S.; SILVA, G. G. C. DA; OLIVEIRA, E. M. M.; CARVALHO, M. A. B. DE. Biochar as Soil Conditioner in the Succession of Upland Rice and Cowpea Fertilized with Nitrogen. *Universidade Rural do Semi-Árido*. 2017, pp 313–323.
- (96) Chen, B.; Yan, C.; Garré, S.; Mei, X.; Liu, E. Effects of a “one Film for 2 Years” System on the Grain Yield, Water Use Efficiency and Cost-Benefit Balance in Dryland Spring

- Maize (*Zea Mays* L.) on the Loess Plateau, China. *Archives of Agronomy and Soil Science***2017**, 1–31. <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1393530>.
- (97) Koucher, L. D. P.; Brunetto, G.; Júnior, V. M.; Souza, M. Nitrogen Transfer from Cover Crop Residues to Onion Grown under Minimum Tillage in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo***2017**, *41*, 1–10.
- (98) Nishigaki, T.; Shibata, M.; Sugihara, S.; Mvondo-ze, A. D.; Araki, S.; Funakawa, S. Effect of Mulching with Vegetative Residues on Soil Water Erosion and Water Balance in an Oxisol Cropped by Cassava in East Cameroon. 2016, pp 1–34. <https://doi.org/10.1002/ldr.2568>.
- (99) Kasirajan, S.; Ngouajio, M. Polyethylene and Biodegradable Mulches for Agricultural Applications: A Review. *Agronomy for Sustainable Development***2012**, *32*, 501–529. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0068-3>.
- (100) Kong, L. Maize Residues, Soil Quality, and Wheat Growth in China. A Review. *Agronomy for Sustainable Development***2014**, *34*, 405–416. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0182-5>.
- (101) MAHMOOD, A.; IHSAN, M. Z.; KHALIQ, A.; HUSSAIN, S.; CHEEMA, Z. A.; NAEEM, M.; DAUR, I.; HUSSAIN, H. A.; ALGHABARI, F. Crop Residues Mulch as Organic Weed Management Strategy in Maize. *Clean Soil Air Water***2016**, *44*, 317–324. <https://doi.org/10.1002/clen.201500155>.
- (102) Akhtar, K.; Wang, W.; Khan, A.; Ren, G.; Feng, M. Z. A. Y.; Yang, G. Wheat Straw Mulching with Fertilizer Nitrogen: An Approach for Improving Soil Water Storage and Maize Crop Productivity Building Soil Organic Matter through Integrated Nutrient Management (Funded by HEC, Pakistan) View Project. *Plant, Soil and Environment***2018**, *64* (7), 330–337. <https://doi.org/10.17221/96/2018-PSE>.
- (103) Sedyama, M. A. N.; Santos, I. C. dos; Lima, P. C. de. Cultivo de Hortaliças No Sistema Orgânico. *Revista Ceres***2014**, *61*, 829–837. <https://doi.org/10.1590/0034-737x201461000008>.
- (104) Tirado, O. I. M. Effect of Green Manures and Organic Amandments on Verticullium of Potato in Manitoba, University of Manitoba: Manitoba, 2009.

- (105) Llorach-Massana, P.; Lopez-Capel, E.; Peña, J.; Rieradevall, J.; Montero, J. I.; Puy, N. Technical Feasibility and Carbon Footprint of Biochar Co-Production with Tomato Plant Residue. *Waste Management***2017**, *67*, 121–130. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.05.021>.
- (106) Latawiec, A. E.; Królczyk, J. B.; Kuboń, M.; Szwedziak, K.; Drosik, A.; Polańczyk, E.; Grotkiewicz, K.; Strassburg, B. B. N. Willingness to Adopt Biochar in Agriculture: The Producer's Perspective. *Sustainability (Switzerland)***2017**, *9*, 1–13. <https://doi.org/10.3390/su9040655>.
- (107) Pereira, G. S.; Cipriani, M.; Wisbeck, E.; Souza, O.; Strapazzon, J. O.; Gern, R. M. M. Onion Juice Waste for Production of *Pleurotus Sajor-Caju* and Pectinases. *Food and Bioproducts Processing***2017**, *106*, 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2017.08.006>.
- (108) Nair, V. D.; Nair, P. K. R.; Dari, B.; Freitas, A. M.; Chatterjee, N.; Pinheiro, F. M. Biochar in the Agroecosystem–Climate-Change–Sustainability Nexus. *Frontiers in Plant Science***2017**, *8* (December). <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02051>.
- (109) Weber, K.; Quicker, P. Properties of Biochar. *Fuel***2018**, *217*, 240–261. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.12.054>.
- (110) Zornoza, R.; Moreno-Barriga, F.; Acosta, J. A.; Muñoz, M. A.; Faz, A. Stability, Nutrient Availability and Hydrophobicity of Biochars Derived from Manure, Crop Residues, and Municipal Solid Waste for Their Use as Soil Amendments. *Chemosphere***2016**, *144*, 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.08.046>.
- (111) Hagemann, N.; Joseph, S.; Schmidt, H. P.; Kammann, C. I.; Harter, J.; Borch, T.; Young, R. B.; Varga, K.; Taherymoosavi, S.; Elliott, K. W.; et al. Organic Coating on Biochar Explains Its Nutrient Retention and Stimulation of Soil Fertility. *Nature Communications***2017**, *8* (1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01123-0>.
- (112) Windeatt, J. H.; Ross, A. B.; Williams, P. T.; Forster, P. M.; Nahil, M. A.; Singh, S. Characteristics of Biochars from Crop Residues: Potential for Carbon Sequestration and Soil Amendment. *Journal of Environmental Management***2014**, *146*, 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.08.003>.
- (113) Calderón, F. J.; Benjamin, J.; Vigil, M. F. A Comparison of Corn (*Zea Mays* L.) Residue

and Its Biochar on Soil C and Plant Growth. *PLoS ONE***2015**, *10*, 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121006>.

- (114) Naeem, M. A.; Khalid, M.; Aon, M.; Abbas, G.; Tahir, M.; Amjad, M.; Murtaza, B.; Yang, A.; Akhtar, S. S. Effect of Wheat and Rice Straw Biochar Produced at Different Temperatures on Maize Growth and Nutrient Dynamics of a Calcareous Soil. *Archives of Agronomy and Soil Science***2017**, *63*, 2048–2061. <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1325468>.
- (115) UFLA. Fertilizantes Orgânicos: Usos, Legislação E Métodos De Análise. 2014, pp 1–90.
- (116) Arvanitoyannis, I. S.; Tserkezou, P. Corn and Rice Waste: A Comparative and Critical Presentation of Methods and Current and Potential Uses of Treated Waste. *International Journal of Food Science and Technology***2008**, *43*, 694–725. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01545.x>.
- (117) Kokhia, M. S. Composting : Advantages and Disadvantages. *Proceedings of the Institute of Zoology***2015**, *XXIV*, 1–11.
- (118) Storck, C. R.; Nunes, G. L.; Oliveira, B. B. De; Basso, C. Folhas, Talos, Cascas E Sementes de Vegetais: Composição Nutricional , Aproveitamento Na Alimentação E Análise Sensorial de Preparações. *Ciência Rural***2013**, *43*, 537–543.
- (119) Liang, W.; Wu, X.; Zhang, S.; Xing, Y.; Wang, R. Effect of Organic Amendments on Soil Water Storage in the Aeolian Sandy Land of Northeast China. *2011 International Conference on Electrical and Control Engineering, ICECE 2011 - Proceedings***2011**, No. January 2014, 1538–1540. <https://doi.org/10.1109/ICECENG.2011.6058457>.
- (120) Faiyad, R. M.; Bador, A. G.; El-Mahdy, R. Maximize Utilization of Some Organic Fertilizers To Produce the Highest Yield of Cowpea. *Egyptian Journal of Soil Science***2019**, *59* (0), 53–66. <https://doi.org/10.21608/ejss.2019.7215.1238>.
- (121) Gelaw, A. M.; Singh, B. R.; Lal, R. Organic Carbon and Nitrogen Associated with Soil Aggregates and Particle Sizes under Different Land Uses in Tigray , Northern Ethiopia AND PARTICLE SIZES UNDER DIFFERENT LAND USES IN TIGRAY, Northern Ethiopia. *Land Degradation & Development***2013**. <https://doi.org/10.1002/ldr.2261>.
- (122) Yazdanpanah, N.; Mahmoodabadi, M.; Cerdà, A. The Impact of Organic Amendments on

- Soil Hydrology, Structure and Microbial Respiration in Semiarid Lands. *Geoderma***2016**, 266, 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.11.032>.
- (123) Rawls, W. J.; Pachepsky, Y. A.; Ritchie, J. C.; Sobecki, T. M.; Bloodworth, H. Effect of Soil Organic Carbon on Soil Water Retention. *Geoderma***2003**, 116 (1–2), 61–76. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00094-6](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00094-6).
- (124) Minasny, B.; Mcbratney, A. B. Limited Effect of Organic Matter on Soil Available Water Capacity. *European Journal of Soil Science***2018**, 69, 39–47. <https://doi.org/10.1111/ejss.12475>.
- (125) ZUCOLOTTO, J.; TAKAHASHI, R. S.; RAGASSI, C. F.; ANTUNES, P. H. S. de S.; MELO, P. C. T.; CARDOSO, E. J. B. N.; Favarin, J. L. Influência Da Incorporação de Materiais Orgânicos Associada Ao Manejo Do Solo Na Atividade Microbiana Durante O Ciclo Da Batata. *Revista Agrária Acadêmica***2018**, 1.
- (126) Chartzoulakis, K.; Bertaki, M. Sustainable Water Management in Agriculture under Climate Change. *Agriculture and Agricultural Science Procedia***2015**, 4 (4), 88–98. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.011>.
- (127) Brito, T. B.; Carrajola, J. F.; Gonçalves, E. C. B. A.; Martelli-Tosi, M.; Ferreira, M. S. L. Fruit and Vegetable Residues Flours with Different Granulometry Range as Raw Material for Pectin-Enriched Biodegradable Film Preparation. *Food Research International***2019**, 121 (August 2018), 412–421. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.058>.
- (128) Reddy, J. P.; Rhim, J. W. Extraction and Characterization of Cellulose Microfibers from Agricultural Wastes of Onion and Garlic. *Journal of Natural Fibers***2018**, 15 (4), 465–473. <https://doi.org/10.1080/15440478.2014.945227>.
- (129) FERREIRA, M. S. L.; SANTOS, M. C. P. dos; MORO, T. M. A.; ANDRADE, R. M. S.; GONÇALVES, É. C. B. de A. Formulation and Characterization of Functional Foods Based on Fruit and Vegetable Residue Flour. *Journal of food Science and Technology***2015**, 52, 822–830. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1061-4>.
- (130) Loss, A.; Pereira, M. G.; Beutler, S. J.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. dos. Carbono Mineralizável, Carbono Orgânico E Nitrogênio Em Macroagregados de Latossolo Sob Diferentes Sistemas de Uso Do Solo No Cerrado Goiano. *Semina: Ciências Agrárias***2013**,

34, 2153–2168. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n5p2153>.

- (131) Gombert, A. K.; Pinto, A. L.; Castilho, L. R.; Freire, D. M. G. Lipase Production by *Penicillium Restrictum* in Solid-State Fermentation Using Babassu Oil Cake as Substrate. *Process Biochemistry***1999**, 35 (1–2), 85–90. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(99\)00036-9](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(99)00036-9).
- (132) Onwuka, B.; Mang, B. Effects of Soil Temperature on Some Soil Properties and Plant Growth. *Advances in Plants & Agriculture Research***2018**, 8 (1), 34–37. <https://doi.org/10.15406/apar.2018.08.00288>.
- (133) Pavani, G.; Rao, P. C.; Padmaja, G.; Kumar, B. N. Effect of Soil Temperature, Moisture and pH on Soil L-Glutaminase Activity. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences***2017**, 6 (8), 3081–3087. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.608.369>.
- (134) Kelishadi, H.; Mosaddeghi, M. R.; Ayoubi, S.; Mamedov, A. I. Effect of Temperature on Soil Structural Stability as Characterized by High Energy Moisture Characteristic Method. *Catena***2018**, 170, 290–304. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.06.015>.
- (135) INMET. Instituto Nacional de Metereologia http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTYyMQ== (accessed Aug 5, 2019).
- (136) Vengadaramana, A.; Jashothan, J. Effect of Organic Fertilizers on the Water Holding Capacity of Soil in Different Terrains of Jaffna Peninsula in Sri Lanka. *Journal of Natural Product and Plant Resource***2012**, 2 (4), 500–503.
- (137) Cardoso, E. J. B. N.; Andreote, F. D. *Microbiologia Do Solo*; 2016. <https://doi.org/10.11606/9788586481567>.
- (138) Miao, S.; Ye, R.; Qiao, Y.; Zhu-Barker, X.; Doane, T. A.; Horwath, W. R. The Solubility of Carbon Inputs Affects the Priming of Soil Organic Matter. *Plant and Soil***2017**, 410, 129–138. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2991-1>.
- (139) Shahbaz, M.; Kuzyakov, Y.; Sanaullah, M.; Heitkamp, F.; Zelenev, V.; Kumar, A.; Blagodatskaya, E. Microbial Decomposition of Soil Organic Matter Is Mediated by Quality and Quantity of Crop Residues: Mechanisms and Thresholds. *Biology and Fertility*

*of Soils***2017**, 53 (3), 287–301. <https://doi.org/10.1007/s00374-016-1174-9>.

- (140) Gao, H.; Shao, M. Effects of Temperature Changes on Soil Hydraulic Properties. *Soil and Tillage Research***2015**, 153, 145–154. <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.05.003>.
- (141) Negassa, W. C.; Guber, A. K.; Kravchenko, A. N.; Marsh, T. L.; Hildebrandt, B.; Rivers, M. L. Properties of Soil Pore Space Regulate Pathways of Plant Residue Decomposition and Community Structure of Associated Bacteria. *PLoS ONE***2015**, 10 (4), 1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123999>.
- (142) Gülser, C.; Minkina, T.; Sushkova, S.; Kızılkaya, R. Changes of Soil Hydraulic Properties during the Decomposition of Organic Waste in a Coarse Textured Soil. *Journal of Geochemical Exploration***2017**, 174, 66–69. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.05.014>.
- (143) Rabot, E.; Wiesmeier, M.; Schlüter, S.; Vogel, H. J. Soil Structure as an Indicator of Soil Functions: A Review. *Geoderma***2018**, 314 (October 2017), 122–137. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.11.009>.
- (144) Zhang, H. Y.; Li, M.; Wells, R. R.; Liu, Q. J. Effect of Soil Water Content on Soil Detachment Capacity for Coarse- and Fine-Grained Soils. *Soil Science Society of America Journal***2019**, 83, 697–706. <https://doi.org/10.2136/sssaj2018.05.0208>.
- (145) Zhang, L.; Sun, X. Effects of Bean Dregs and Crab Shell Powder Additives on the Composting of Green Waste. *Bioresour. Technol.***2018**, 260 (February), 283–293. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.03.126>.
- (146) Wang, J.; Sun, N.; Xu, M.; Wang, S.; Zhang, J.; Cai, Z.; Cheng, Y. The Influence of Long-Term Animal Manure and Crop Residue Application on Abiotic and Biotic N Immobilization in an Acidified Agricultural Soil. *Geoderma***2019**, 337, 710–717. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.10.022>.
- (147) Rukshana, F.; Butterly, C. R.; Baldock, J. A.; Xu, J. M.; Tang, C. Model Organic Compounds Differ in Priming Effects on Alkalinity Release in Soils through Carbon and Nitrogen Mineralisation. *Soil Biology and Biochemistry***2012**, 51, 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.03.022>.
- (148) Shen, Q.; Zhang, K.; Song, J.; Shen, J.; Xu, J.; Inubushi, K.; Brookes, P. C. Contrasting Biomass, Dynamics and Diversity of Microbial Community Following the Air-Drying and

- Rewetting of an Upland and a Paddy Soil of the Same Type. *Biology and Fertility of Soils***2018**, *54*, 871–875. <https://doi.org/10.1007/s00374-018-1308-3>.
- (149) Ye, G.; Lin, Y.; Liu, D.; Chen, Z.; Luo, J.; Bolan, N.; Fan, J.; Ding, W. Long-Term Application of Manure over Plant Residues Mitigates Acidification, Builds Soil Organic Carbon and Shifts Prokaryotic Diversity in Acidic Ultisols. *Applied Soil Ecology***2019**, *133*, 24–33. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.09.008>.
- (150) García-Gil, J. C.; Ceppi, S. B.; Velasco, M. I.; Polo, A.; Senesi, N. Long-Term Effects of Amendment with Municipal Solid Waste Compost on the Elemental and Acidic Functional Group Composition and pH-Buffer Capacity of Soil Humic Acids. *Geoderma***2004**, *121* (1–2), 135–142. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2003.11.004>.
- (151) Nair, A.; Ngouajio, M. Soil Microbial Biomass, Functional Microbial Diversity, and Nematode Community Structure as Affected by Cover Crops and Compost in an Organic Vegetable Production System. *Applied Soil Ecology***2012**, *58*, 45–55. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.03.008>.
- (152) Yan, N.; Marschner, P.; Cao, W.; Zuo, C.; Qin, W. Influence of Salinity and Water Content on Soil Microorganisms. *International Soil and Water Conservation Research***2015**, *3*, 316–323. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.11.003>.
- (153) Šimek, M.; Cooper, J. E. The Influence of Soil pH on Denitrification: Progress towards the Understanding of This Interaction over the Last 50 Years. *European Journal of Soil Science***2002**, *53*, 345–354. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2002.00461.x>.
- (154) Davidson, E. A.; Verchot, L. V.; Cattânio, J. H.; Ackerman, I. L.; Carvalho, J. E. M.; Davidson, E. A.; Verchot, L. V.; Henrique, J. Effects of Soil Water Content on Soil Respiration in Forests and Cattle Pastures of Eastern Amazonia Source : *Biogeochemistry* , Vol . 48 , No . 1 , Controls on Soil Respiration : Implications for Climate Change (Jan . , 2000), Pp . 53-69 Published by : S. *Biogeochemistry***2000**, *48* (1), 53–69.
- (155) Xue, R.; Shen, Y.; Marschner, P. Low Soil Water Content during Plant Growth Influences Soil Respiration and Microbial Biomass after Plant Removal and Rewetting. *Journal of soil science and plant nutrition***2016**, *16* (4), 955–966. <https://doi.org/10.4067/s0718-95162016005000068>.

- (156) Christodoulou, E.; Agapiou, A.; Anastopoulos, I.; Omirou, M.; Ioannides, I. M. The Effects of Different Soil Nutrient Management Schemes in Nitrogen Cycling. *Journal of Environmental Management***2019**, *243*, 168–176. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.115>.
- (157) Filho, R. C. dos S.; Holanda, E. P. T. de; Oliveira, L. C. F. de; Silva, V. M. F. da. O Aproveitamento de Resíduos Sólidos Urbanos, Por Meio de Compostagem Aeróbia Enriquecida Com Casca de Sururu Para Aproveitamento Na Construção Civil. *Ciências exatas e tecnológicas***2017**, *4* (2), 125–134.
- (158) Piechowiak, T.; Balawejder, M. Onion Skin Extract as a Protective Agent against Oxidative Stress in *Saccharomyces Cerevisiae* Induced by Cadmium. *Journal of Food Biochemistry***2019**, *43*. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12872>.
- (159) Reddy, J. P.; Rhim, J. W. Extraction and Characterization of Cellulose Microfibers from Agricultural Wastes of Onion and Garlic. *Journal of Natural Fibers***2018**, *15* (4), 465–473. <https://doi.org/10.1080/15440478.2014.945227>.
- (160) Kapoulas, N.; Koukounaras, A.; Ilić, Z. S. Nutritional Quality of Lettuce and Onion as Companion Plants from Organic and Conventional Production in North Greece. *Scientia Horticulturae***2017**, *219*, 310–318. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.03.027>.
- (161) Foteinis, S.; Chatzisyneon, E. Life Cycle Assessment of Organic versus Conventional Agriculture. A Case Study of Lettuce Cultivation in Greece. *Journal of Cleaner Production***2016**, *112*, 2462–2471. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.075>.
- (162) Luz, J. M. Q.; Bellodi, A. L.; Martins, S. T.; Diniz, K. A.; Lana, R. M. Q. Composto Orgânico de Lixo Urbano E Vermiculita Como Substrato Para a Produção de Mudanças de Alface, Tomate E Couve-Flor. *Bioscience Journal***2004**, *20* (1), 67–74.
- (163) Oliveira, E. Q. de; Souza, R. J. de; Cruz, M. do C. M. da; Marques, V. B.; França, A. C. Produtividade de Alface E Rúcula, Em Sistema Consorciado, Sob Adubação Orgânica E Mineral. *Horticultura Brasileira***2010**, *28* (1), 36–40. <https://doi.org/10.1590/s0102-05362010000100007>.
- (164) Almeida, A. E. da S.; Bezerra Neto, F.; Costa, L. R.; Silva, M. L.; Lima, J. S. S.; Barros, A. P. Eficiência Agronômica Do Consórcio Alface-Rúcula Fertilizado Com Flor-de-Seda.

*Revista Caatinga***2015**, 28 (3), 79–85.

- (165) Santos, M. C. P.; Gonçalves, É. C. B. A. Effect of Different Extracting Solvents on Antioxidant Activity and Phenolic Compounds of a Fruit and Vegetable Residue Flour. *Scientia Agropecuaria***2016**, 7 (1), 07–14. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.01.01>.
- (166) Singleton, V. L.; Orthofer, R.; Lamuela-Raventós, R. M. Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Polyphenols and Flavonoids***1999**, 299 (1974), 152–178.
- (167) Re, R.; Pellegrini, N.; Proteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M.; Rice-Evanvs, C. Antioxidant Activity Applying an Improved Abts Radical Cation Decolorization Assay. *Journal of Food Science and Technology***1999**, 26, 1231–1237. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.04.056>.
- (168) Benzie; F, I. F.; Strain, J. J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of ‘. *The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of ““ Antioxidant Power ””*: *The FRAP Assay***1996**, 76, 70–76.
- (169) Zulueta, A.; Esteve, M. J.; Frígola, A. ORAC and TEAC Assays Comparison to Measure the Antioxidant Capacity of Food Products. *Food Chemistry***2009**, 114 (1), 310–316. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.033>.
- (170) Curiel Yuste, J.; Baldocchi, D. D.; Gershenson, A.; Goldstein, A.; Misson, L.; Wong, S. Microbial Soil Respiration and Its Dependency on Carbon Inputs, Soil Temperature and Moisture. *Global Change Biology***2007**, 13, 2018–2035. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01415.x>.
- (171) Gao, J.; Zhou, W.; Liu, Y.; Zhu, J.; Sha, L.; Song, Q.; Ji, H.; Lin, Y.; Fei, X.; Bai, X.; et al. Effects of Litter Inputs on N₂O Emissions from a Tropical Rainforest in Southwest China. *Ecosystems***2018**, 21 (5), 1013–1026. <https://doi.org/10.1007/s10021-017-0199-8>.
- (172) Kelishadi, H.; Mosaddeghi, M. R.; Ayoubi, S.; Mamedov, A. I. Effect of Temperature on Soil Structural Stability as Characterized by High Energy Moisture Characteristic Method. *Catena***2018**, 170, 290–304. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.06.015>.
- (173) Tran, A. T. P.; Chang, I.; Cho, G. C. Soil Water Retention and Vegetation Survivability

- Improvement Using Microbial Biopolymers in Drylands. *Geomechanics and Engineering***2019**, *17* (5), 475–483. <https://doi.org/10.12989/gae.2019.17.5.475>.
- (174) Miao, S.; Ye, R.; Qiao, Y.; Zhu-Barker, X.; Doane, T. A.; Horwath, W. R. The Solubility of Carbon Inputs Affects the Priming of Soil Organic Matter. *Plant and Soil***2017**, *410* (1–2), 129–138. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2991-1>.
- (175) Greenwood, D. J.; McKee, J. M. T.; Fuller, D. P.; Burns, I. G.; Mulholland, B. J. A Novel Method of Supplying Nutrients Permits Predictable Shoot Growth and Root: Shoot Ratios of Pre-Transplant Bedding Plants. *Annals of Botany***2007**, *99* (1), 171–182. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl240>.
- (176) Yan, K.; Jarvis, C.; Gu, J.; Yan, Y. Production and Catalytic Transformation of Levulinic Acid: A Platform for Speciality Chemicals and Fuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews***2015**, *51*, 986–997. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.021>.
- (177) Rahmati, M.; Pohlmeier, A.; Abasiyan, S. M. A.; Weihermüller, L.; Vereecken, H. Water Retention and Pore Size Distribution of a Biopolymeric-Amended Loam Soil. *Vadose Zone Journal***2019**, *18* (1), 0. <https://doi.org/10.2136/vzj201811.0205>.
- (178) Yan, N.; Marschner, P.; Cao, W.; Zuo, C.; Qin, W. Influence of Salinity and Water Content on Soil Microorganisms. *International Soil and Water Conservation Research***2015**, *3*, 316–323. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.11.003>.
- (179) Powell, S. M.; Ferguson, S. H.; Snape, I.; Siciliano, S. D. Fertilization Stimulates Anaerobic Fuel Degradation of Antarctic Soils by Denitrifying Microorganisms. *Environmental Science and Technology***2006**, *40* (6), 2011–2017. <https://doi.org/10.1021/es051818t>.
- (180) Tiedje, J. M.; Sexstone, A. J.; Parkin, T. B.; Revsbech, N. P.; Shelton, D. R. Anaerobic Processes in Soil. *Plant and Soil***1984**, *76*, 197–212.
- (181) Xue, R.; Shen, Y.; Marschner, P. Low Soil Water Content during Plant Growth Influences Soil Respiration and Microbial Biomass after Plant Removal and Rewetting. *Journal of soil science and plant nutrition***2016**, *16*, 955–966. <https://doi.org/10.4067/s0718-95162016005000068>.
- (182) Leung, A. K.; Garg, A.; Ng, C. W. W. Effects of Plant Roots on Soil-Water Retention and

Induced Suction in Vegetated Soil. *Engineering Geology***2015**, *193*, 183–197. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2015.04.017>.

- (183) Galieni, A.; Di Mattia, C.; De Gregorio, M.; Specca, S.; Mastrocola, D.; Pisante, M.; Stagnari, F. Effects of Nutrient Deficiency and Abiotic Environmental Stresses on Yield, Phenolic Compounds and Antiradical Activity in Lettuce (*Lactuca Sativa* L.). *Scientia Horticulturae***2015**, *187*, 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.02.036>.
- (184) López, A.; Javier, G. A.; Fenoll, J.; Hellín, P.; Flores, P. Chemical Composition and Antioxidant Capacity of Lettuce: Comparative Study of Regular-Sized (Romaine) and Baby-Sized (Little Gem and Mini Romaine) Types. *Journal of Food Composition and Analysis***2014**, *33*, 39–48. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.10.001>.
- (185) Zhao, X.; Iwamoto, T.; Carey, E. E. Antioxidant Capacity of Leafy Vegetables as Affected by High Tunnel Environment, Fertilization and Growth Stage. *Journal of the Science of Food and Agriculture***2007**, *87*, 2692–2699. <https://doi.org/10.1002/jsfa>.
- (186) Parađiković, N.; Teklić, T.; Zeljković, S.; Lisjak, M.; Špoljarević, M. Biostimulants Research in Some Horticultural Plant species—A Review. *Food and Energy Security***2019**, *8*, 1–17. <https://doi.org/10.1002/fes3.162>.