



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CARLYSON REGIO DE MEDEIROS

**USO DE MICROALGAS NA COMPOSIÇÃO DE INSUMOS
AGRÍCOLAS**

POMBAL

2021

CARLYSON REGIO DE MEDEIROS

USO DE MICROALGAS NA COMPOSIÇÃO DE INSUMOS AGRÍCOLA

Trabalho de Conclusão de Curso a ser apresentado a Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito básico para conclusão do curso de Bacharelado em Agronomia.

Orientador: D. Sc. Railene Herica Carlos Rocha.

POMBAL
2021

M488u	<p>Medeiros, Carlyson Regio de.</p> <p>Uso de microalgas na composição de insumos agrícola. / Carlyson Regio de Medeiros. - Pombal, 2021.</p> <p>42 f. : il. color.</p> <p>Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2021.</p> <p>"Orientação: Prof. Dr. Railene Herica Carlos Rocha."</p> <p>Referências.</p> <p>1. Desenvolvimento sustentável. 2. Agricultura sustentável. 3. Insumo agrícola. 4. Microalgas - uso. I. Rocha, Railene Herica Carlos. II. Título.</p> <p>CDU 502.131.1(043)</p>
-------	--

CARLYSON REGIO DE MEDEIROS

USO DE MICROALGAS NA COMPOSIÇÃO DE INSUMOS AGRÍCOLA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia do Centro
de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da
Universidade Federal de Campina Grande, para
obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA:



Orientador - Prof. D. Sc.
(Universidade Federal de Campina Grande- CCTA/UAGRA)

Membro Externo – José Franciraldo de Lima
(Universidade Federal de Campina Grande-UFCG)

Membro Externo – MSc. Albert Einstein Mathias Medeiros Teodósio
(Universidade Federal da Paraíba - UFPB)

**Pombal/PB
2021**

Aos meus pais, Carlos Augusto e Elimari, que sempre estiveram presentes ao meu lado me ajudando a vencer essa jornada, oferecendo todo o apoio e conhecimento muito além da universidade, possibilitando a aplicação dos meus conhecimentos na prática.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, pela família que me destes, pelas pessoas maravilhosas que fazem parte da minha vida, pela força e coragem para conseguir vencer e superar as etapas mais difíceis nesta jornada.

Aos meus pais, Carlos Augusto e Elimari, meus irmãos Carliellyson e Clara e minha esposa Juliana, por terem acreditado em mim, por me apoiarem sempre emocionalmente e financeiramente e pela dedicação que tiveram para que eu pudesse seguir os melhores caminhos, além de serem as pessoas mais importantes da minha vida.

A minha orientadora, Professora Railene Herica Carlos Rocha, por estar sempre disposta a me ajudar, pela paciência, suas orientações e discussões que possibilitaram a elaboração do trabalho.

A banca examinadora composta pelos professores Jose Franciraldo de Lima e Albert Einstein Mathias Medeiros Teodoro, pelas contribuições no melhoramento da pesquisa.

Aos meus amigos de estudos Arthur Dimas, Leônidas Canuto e Smyth Trotsk, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas e por compreenderem minha ausência, mas que sempre tiveram por perto dispostos a me ajudar, que me acolheram muito bem.

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	9
2. OBJETIVO.....	11
3. METODOLOGIA.....	12
4. DESENVOLVIMENTO.....	123
4.1 Aumento na produção agrícola para suprir a demanda de alimentos	13
4.2 Inovação na confecção de insumos agrícolas	134
4.3 Microalgas	145
4.4 Uso de microalgas na agricultura.....	148
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

MEDEIROS, C. R. Uso de microalgas na composição de insumos agrícola. 2021. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB.

RESUMO

A necessidade do aumento de produção de alimentos de forma sustentável se faz cada vez mais presente. Desta maneira, os insumos agrícolas são elementos necessários para a os setores agrícolas conseguirem atingir a produção das culturas. Um material que tem sido bastante divulgado na confecção de diversos produtos são as microalgas. As microalgas são vistas como uma fonte energética que poderia suprir toda a demanda dos combustíveis fósseis, sem comprometer a produção de alimento e sem pressionar o desmatamento das florestas. Em virtude de serem fontes alternativas de compostos orgânicos utilizados na produção de insumos para a agricultura, objetiva-se com este trabalho um estudo das pesquisas atuais sobre a utilização das microalgas, sobretudo na composição de insumos agrícolas. Utilizou-se de uma pesquisa do tipo descritiva, na qual foi baseada em literaturas de periódicos nacionais e internacionais. O material bibliográfico após ser selecionado foi agrupado por assunto e utilizado na construção do estudo. O fato de ser uma excelente fonte de nutrientes e ter uma capacidade de uma alta produtividade, além disso, possuir uma boa captura de carbono altamente eficiente; elevado teor de lipídeos ou amido, faz das microalgas destaque em novos estudos em relação a outras matérias-primas na composição de um determinado produto que podem favorecer a fisiologia das plantas, estimulando o crescimento e a produtividade. O desenvolvimento de novos insumos agrícolas a partir da utilização de microalgas para obter esses produtos é uma alternativa inovadora para novas pesquisas.

Palavras-chaves: Demanda de alimentos. Nutrientes; Biomassa; Agricultura sustentável.

MEDEIROS, C. R. Use of microalgae in the composition of agricultural inputs. 2021. 42f. Course Conclusion Paper - Federal University of Campina Grande, Pombal - PB.

ABSTRATC

The need to increase food production in a sustainable way is increasingly present. In this way, agricultural inputs are necessary elements for agricultural sectors to achieve crop production. A material that has been widely publicized in the manufacture of various products are microalgae. Microalgae are seen as an energy source that could supply all the demand for fossil fuels, without compromising food production and without putting pressure on the deforestation of forests. Due to the fact that they are alternative sources of organic compounds used in the production of inputs for agriculture, this study aims to study current research on the use of microalgae, especially in the composition of agricultural inputs. A descriptive research was used, in which it was based on literature from national and international journals. The bibliographic material after being selected was grouped by subject and used in the construction of the study. The fact that it is an excellent source of nutrients and has a capacity for high productivity, in addition, it has a good capture of highly efficient carbon; high content of lipids or starch, makes microalgae stand out in new studies in relation to other raw materials in the composition of a certain product that can favor the physiology of plants, stimulating growth and productivity. The development of new agricultural inputs based on the use of microalgae to obtain these products is an innovative alternative for new research.

Keywords: Food demand; Nutrients; Biomass; Sustainable Agriculture.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A agricultura é um setor da atividade econômica de grande importância na história mundial, principalmente no Brasil, sendo fator crucial no processo de industrialização, contribuindo para o crescimento econômico. Considerando-se as últimas décadas, não há dúvidas de que a agricultura brasileira alcançou ganhos elevados de produtividade (BRAGAGNOLO & BARROS, 2015). Atualmente, o país é identificado como uma potência no setor do agronegócio, sendo um dos principais exportadores mundiais de frutas frescas, suco de laranja, açúcar, etanol, derivados de soja, café e outros itens (SANTOS & ARAÚJO, 2017).

Contudo, com a população mundial cada vez mais crescente, maior será a demanda de alimentos para suprir as necessidades da população, se fazendo imprescindível a adoção da inovação no setor de insumos agrícolas, uma vez que estes podem favorecer o aumento da produção agrícola.

Segundo a Divisão Populacional da ONU (2015), o mundo abriga cerca de 7,2 bilhões de pessoas. Estima-se que a tendência de crescimento seja contínua. Além disso, quanto mais a população cresce, maior será a necessidade de intensificar as atividades agrícolas e aumentar os níveis de produção por unidade de terra (OLIVEIRA et al., 2017).

Em outras palavras, o crescimento populacional desperta a busca por melhora na eficiência para aumento da produção agrícola (FEDOROFF et al., 2010; GODFRAY et al., 2010).

Como alternativa de melhorar a eficiência na produção agrícola é através da inovação dos insumos agrícolas. Isso porque a agricultura depende da produção do conhecimento e da inovação dos produtos agrícolas para promover saltos em produtividade e em qualidade (RIBEIRO, 2016). Conforme Seidler & Fritz Filho, na literatura tradicional, o setor da inovação na agricultura é descrito como dependente das inovações ocorridas no campo dos fornecedores de insumos agrícolas.

Neste contexto, um material que tem sido bastante utilizado para a confecção de vários produtos, inclusive de insumos agrícolas, são as microalgas. As microalgas são um grupo grande e diversificado de microrganismos unicelulares e fototróficos, e têm atraído muito a atenção mundial nos últimos anos pelos produtos naturais valiosos que sintetizam, assim como a sua capacidade para biorremediação de efluentes e o seu potencial para a produção de energia (FORTES, 2015), além disso, são usadas como

matéria-prima na produção de fertilizantes e para prolongar a vida útil e manter a qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças *in natura* (HENRIKSON, 2012; CIOLACU et al., 2014; BRASIL & GARCIA, 2016).

Uma alternativa para prolongar a vida útil e manter a qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças *in natura* e minimamente processadas é o uso de recobrimentos comestíveis (CIOLACU et al., 2014), pois pode interferir com o metabolismo respiratório do fruto, criando uma barreira semipermeável contra o movimento de oxigênio, dióxido de carbono, umidade e soluto, controlando assim, as trocas de umidade, gases e solutos com o meio ambiente (LIMA et al., 2018; ZHAO, 2019).

As microalgas do gênero *Chlorella* podem ser usadas para suplementar o valor nutricional dos frutos e prolongar sua vida de prateleira, devido ao seu equilíbrio da sua composição bioquímica, incluindo fibra dietética e proteína (ANYANWU et al., 2018). Esta alternativa promissora, além de ser um material biológico sem riscos aos consumidores, vêm apresentando resultados satisfatórios em prolongar a vida útil em diversos frutos tropicais, como manga, banana, goiaba e mamão (OLIVEIRA et al., 2018a; OLIVEIRA et al., 2018b; ONIAS et al., 2018 e TEODOSIO et al., 2018).

Vale destacar que a produção de biomassa e produtos derivados é uma atividade industrial que já foi estabelecida em escala comercial em vários países (SILVA et al., 2019). O interesse nestas microalgas é devido ao seu rápido crescimento e ciclos de vida simples, permitindo estudos aprofundados de seus mecanismos e uso como suplemento alimentar por possuírem um alto teor de nutrientes, especialmente de vitamina B12, C e D2, proteínas (aminoácidos essenciais e não essenciais), carboidratos, ácidos graxos, carotenóides, e outros compostos bioativos naturais (antioxidantes, redutores de colesterol, entre outros.), que podem ser aplicados especialmente para o desenvolvimento de alimentos funcionais devido as suas propriedades nutricionais e farmacêuticas, sendo essenciais na alimentação humana (VIEGAS et al., 2015; VIGANI et al., 2015; KATIYAR et al., 2017; SILVA et al., 2019).

Diversos estudos dos compostos bioativos de *Chlorella* mostraram que estes compostos podem ter atividades biológicas benéficas, não limitadas a propriedades antitumorais, anti-inflamatórias, antimicrobianas, antioxidantes e anticoagulantes (DANTAS et al., 2015; SILVA et al., 2019).

2. OBJETIVO

Em virtude dos grandes números de estudos que vêm sendo realizado com as microalgas, objetivou-se realizar um levantamento em periódicos das informações atuais sobre microalgas e sua utilização na agricultura, sobretudo na composição de insumos agrícolas.

3. METODOLOGIA

A pesquisa pelos artigos desta revisão foi realizada por meio de publicações sobre o tema microalgas e suas utilidades na agricultura. Trata-se de uma pesquisa do tipo descritiva, devido ao seu elevado potencial foram realizadas buscas em literaturas nacionais e internacionais abrangendo o tema. A pesquisa acima compreendeu estudos entre o período de 1988 a 2021. O material bibliográfico após ser selecionado foi agrupado por assunto e utilizado na construção do trabalho. As buscas foram realizadas no google acadêmico (<https://scholar.google.com.br/>) e no science direct (<https://www.sciencedirect.com>). Outrossim, a literatura citada tem como as principais fontes vários periódicos com relevância de fator de impacto (Acta Scientiarum Agronomy; Applied Energy; Applied Microbiology and Biotechnology; Bioresource Technology; Biotechnology Advances; Brazilian Journal of Development; Ciência Rural; Environmental and Experimental Botany; Food Chemistry; Frontiers in Plant Science; Journal Applied Phycology; Journal of Food Science and Technology; Plant Physiology; Revista de Ciências Agrárias; Science; Scientia Horticulturae; e Trends in Food Science & Technology).

4. DESENVOLVIMENTO

4.1 Aumento na produção agrícola para suprir a demanda de alimentos

Estima-se que em 2025 (UNITED NATIONS, 2014) a população mundial alcançará 8,1 bilhões de pessoas e que em 2050 (PANTA et al., 2016) alcançará 9,6 bilhões de pessoas. Com a população mundial cada vez mais crescente, tem se aumentado a exploração dos recursos naturais com o passar dos anos para atender a demanda de alimentos (OLIVEIRA, 2017).

Com relação à demanda, como as projeções populacionais indicam crescimento acelerado e contínuo nas próximas décadas, o que deve elevar a demanda de alimentos em geral, as projeções de crescimento populacional, do aumento do consumo *per capita*, da expansão das cidades e das restrições no uso de terra nas próximas décadas fazem mais presente o debate sobre a incapacidade de atender às necessidades humanas por alimentos (SAATH & FACHINELLO, 2018).

Com o aumento da população mundial nas próximas décadas, fica claro a a pressão sobre os sistemas agrícolas e a crescente necessidade de converter as extensões remanescentes de ecossistemas naturais em agroecossistemas (ARTUZO et al., 2017), para atender a demanda de alimentos.

Assim, é necessário que a expansão agrícola, para atender à demanda mundial por alimentos (FAO, 2014), seja orientada no sentido de se buscarem medidas conservacionistas desse recurso, principalmente nos países em desenvolvimento, que detêm a maior parte de terra arável disponível, mas ainda não desenvolveram potencialmente as técnicas conservacionistas de manejo. E uma das medidas conservacionistas seria a utilização racional e pontual de insumos agrícolas (ARTUZO et al., 2017).

Além disso, as condições que favorecem a produção agrícola são disponibilidade de terras somada às tecnologias para correção de solos, materiais genéticos adaptados e suporte tecnológico em máquinas, equipamentos e demais insumos que permitiram aumentar a produção (SZNITOWSKI, 2017).

Neste intuito uma solução para atender a demanda por alimentos é a inovação dos insumos agrícolas, pois conforme Seidler & Fritz Filho, o setor da inovação na agricultura é descrito como dependente das inovações ocorridas no campo dos insumos agrícolas.

4.2 Inovação na confecção de insumos agrícolas

Insumos agrícolas são os elementos necessários para a os setores agrícolas conseguirem atingir a produção das culturas. São compostos por defensivos agrícolas, fertilizantes, equipamentos e máquinas, elementos que possibilitam o plantio e o cultivo das mais diferentes culturas (LUTZENBERGER, 2001). Dentre os insumos, os fertilizantes são utilizados para aumentar a produtividade das culturas e para substituir os nutrientes do solo exportados com a colheita (ARTUZO et al., 2017).

Segundo Moraes Neto (2001), ele define fertilizante como uma substância na qual é capaz de acrescentar nutrientes ao solo, conseqüentemente aumentando a produtividade agrícola e/ou vegetal, além disso, o fertilizante é feito com os compostos minerais ou orgânicos na qual tem como objetivo suprir as deficiências nas substancia principais para a sobrevivência dos vegetais, na qual são aplicados como forma de repor a extração realizada na cultura.

No Brasil com o aumento das tecnologias e demandas agrícolas o uso do fertilizante cresce cada vez mais (FIESP, 2016). Neste intuito, é necessário a inovação na produção destes insumos para que se possa atender a demanda mundial de alimentos, além disso, poderá dar mais opções de produto agrícola aos agricultores.

Visto que a inovação é um dos principais motores da produtividade, rentabilidade e competitividade para a agricultura (OECD, 2013), caracterizando a adoção da inovação agrícola como uma medida de importância no desenvolvimento da agricultura (PESHIN et al., 2009).

Um material que tem sido bastante divulgado na confecção de diversos produtos são as microalgas. As microalgas são vistas como uma fonte energética que poderia suprir toda a demanda dos combustíveis fósseis, sem comprometer a produção de alimento e sem pressionar o desmatamento das florestas (CHISTI, 2007). Além disso, tem a biomassa de microalga residual (também conhecida como torta), gerada após a extração dos lipídeos para produção de biodiesel, pode ser usada apropriadamente para a produção de bioetanol ou biometano (SINGH e OLSEN, 2011), Outrossim, a torta de microalgas também é usada como matéria-prima na produção de ração animal ou fertilizantes, após sua biodigestão (HENRIKSON, 2012).

Neste contexto, a utilização de microalgas para a confecção de insumos agrícolas como fertilizantes se torna uma alternativa inovadora, mediante a necessidade da agricultura em atender a demanda de alimentos.

4.3 Microalgas

As microalgas fazem parte de um grupo muito heterogêneo de organismos, são predominantemente aquáticos e geralmente microscópicos unicelulares, podendo formar colônias, e apresentar pouca ou nenhuma diferenciação celular, o número exato de espécies de microalgas ainda não é conhecido, mas muitas espécies já podem crescer em sistemas de cultivo (SCHMITZ et al., 2012).

A grande diversidade de microalgas e suas características fisiológicas tornam este grupo uma fonte potencialmente rica para a aplicação em diferentes setores da economia, tendo em vista que, a biotecnologia de microalgas envolve a cultura e a manipulação de vias metabólicas para obter produtos de alto valor, como ácidos graxos ômega-3 e carotenoides (GALARZA et al., 2016).

Para a manutenção de suas estruturas, as microalgas podem utilizar diferentes metabolismos energéticos, como a fotossíntese, respiração e fixação/assimilação de nitrogênio, o que as destaca como organismos únicos com um grande potencial de aplicação tecnológica (ORTENZIO et al., 2015). Através da fotossíntese, podem sintetizar ácidos graxos a partir de fontes de carbono, como o CO₂, e também diretamente a partir de fontes de carbono orgânico (glicose, acetato, etc.), a composição e a quantidade de lipídios dependem da espécie de microalgas e das condições autotrófica ou heterotrófica de crescimento (HUANG et al., 2010).

As microalgas crescem muito rapidamente quando comparadas às culturas terrestres. Durante a fase de pico de crescimento, algumas microalgas podem duplicar a cada 3,5 h. Assim, o fato das microalgas crescerem de forma acelerada também as torna uma cultura promissora para uso econômico (BRENNAN e OWENDE, 2010). Segundo Pereira et al. (2012), as microalgas possuem ampla capacidade de desenvolvimento em ambientes com baixos níveis de nutrientes, gerando uma biomassa muitas vezes rica em ácidos graxos, proteínas e carboidratos.

Assim, a biomassa microalgal pode ser destinada para fins de interesse alimentares, químico, cosmético e farmacêutico, já que é rica em compostos biologicamente ativos como, por exemplo, vitaminas, proteínas, ácidos graxos insaturados, dentre outros (CHEW et al., 2017). São comercialmente interessantes na utilização para a nutrição humana e / ou animal, obtenção de biocombustíveis, óleos essenciais, pigmentos, entre outros usos (HARUN et al. 2010).

A composição bioquímica da biomassa das microalgas é determinada pela natureza de cada espécie algal, pela forma de cultivo e de fatores como a intensidade de luz, temperatura, pH, nutrientes e concentração de CO₂ (FERREIRA et al., 2013; MARELLA et al., 2019). E a escolha da espécie a ser cultivada depende diretamente da finalidade a ser fornecida à biomassa resultante (pigmentos, alimento) e/ou se a cultura é para fitorremediação, quanto ao consumo humano de microalgas, este, é limitado a algumas espécies devido ao estrito controle sobre a segurança alimentar, fatores comerciais, demanda do mercado e preparação específica (PERÉZ e LABBÉ, 2014).

Os 3 gêneros mais proeminentes são *Chlorella*, *Spirulina* e *Dunaliella*, que são comercializados como suplementos alimentares (BRENNAN e OWENDE 2010; MENDOZA et al., 2011). Ainda, segundo Borowitzka (1999); Rawat et al. (2011) e Abdel-Raouf et al. (2012) diversos outros gêneros foram identificados em águas residuais de diferentes fontes, como *Ankistrodesmus*, *Scenedesmus*, *Euglena*, *Chlamydomonas*, *Oscillatoria*, *Micractinium*, *Golenkinia*, *Phormidium*, *Botryococcus*, *Nitzschia*, *Navicula* e *Stigeoclonium*es.

Algumas espécies de microalgas também são utilizadas na indústria de cosméticos para o cuidado da pele, como *Arthrospira* e *Chlorella*, na forma de cremes anti-envelhecimento, produtos refrescantes ou regeneradores da pele, emolientes e anti-irritantes. Os extratos ricos em proteínas de *Arthrospira* reparam os sinais prematuros do envelhecimento da pele, exercem um efeito tensor e previnem a formação de estrias. Extratos de *Chlorella vulgaris* estimulam a síntese de colágeno, auxiliando na regeneração do tecido e na redução de rugas, enquanto *Nannochloropsis oculata* tem excelentes propriedades de endurecimento da pele (SPOLAORE et al., 2006).

A *Spirulina*, é uma das microalgas mais estudadas e utilizadas em todo o mundo. (*Arthrospira platensis*) é uma espécie de alga verde-azul, de grande interesse na área da biotecnologia, sendo amplamente explorada no seu uso farmacêutico e na alimentação humana e animal, pois é cultivada em várias partes do mundo (PAPADAKI et al., 2017; SPOLAORE et al., 2006).

A *Spirulina* tem aproximadamente 60-70% de sua massa seca em proteínas com alta biodisponibilidade. É o organismo terrestre e aquático com maior teor de proteínas e melhor aminograma e digestibilidade (SONI et al., 2017). Além disso, contém ácidos graxos poliinsaturados essenciais e vitaminas (PAPADAKI et al., 2017).

A *Spirulina* possui diversas atividades farmacológicas como antimicrobiana (incluindo antiviral e antibacteriana), anticâncer, metaloprotetora (prevenção de

envenenamento por metais pesados como Cd, Pb, Fe, Hg), além de efeitos imunoestimulantes e antioxidantes devido ao seu rico conteúdo em proteínas, polissacarídeo, lipídio, aminoácidos essenciais e ácidos graxos, vitaminas e minerais dietéticos (HOSEINI et al., 2013).

Outro tipo de microalga bastante explorada é a *Chlorella*, seu nome vem da palavra grega *chloros* que significa verde, e o sufixo latino *ella* que se refere ao seu tamanho microscópico (SAFI et al., 2014). A microalga *Chlorella* é uma alga verde unicelular do grupo das clorofíceas, eucariótica, encontrada, tanto em água doce como em ambiente marinho, sendo amplamente utilizada como suplemento alimentar (KRALOVEC et al., 2005).

O interesse nesta microalga é devido ao seu rápido crescimento e ciclos de vida simples, permitindo estudos aprofundados de seus mecanismos e uso como suplemento alimentar por possuírem um alto teor de nutrientes, especialmente de vitamina B12, C e D2, proteínas (aminoácidos essenciais e não essenciais), carboidratos, ácidos graxos, amido, minerais, ficocianina, clorofila, β -caroteno, biomassa, lipídios, enzimas, e outros compostos bioativos naturais (antioxidantes, redutores de colesterol), que podem ser aplicados especialmente para o desenvolvimento de alimentos funcionais devido as suas propriedades nutricionais e farmacêuticas, sendo essenciais na alimentação humana, onde seu cultivo para a produção de biomassa e produtos derivados é uma atividade industrial que já foi estabelecida em escala comercial em vários países (VIEGAS et al., 2015; VIGANI et al., 2015; KATIYAR et al., 2017; SILVA et al., 2019).

Segundo Safi et al. (2014), em relação a presença de compostos que são benéficos para a saúde humana e animal, a *Chlorella* sp. tem uma maior atividade conservante do que produtos obtidos sinteticamente, incluindo hidroxianisol butilado (BHA) e hidroxitolueno butilado (BHT), além de uma capacidade significativamente maior de emulsificação do que outros produtos (URSU et al., 2014). Além disso, por sua rica composição e benefícios nutricionais, *Chlorella* sp. é considerada uma matéria-prima promessa para tratamento de frutas na forma de revestimento bio-orgânico, podendo dessa forma, aumentar o valor comercial da produção (OLIVEIRA et al., 2018).

A microalga verde unicelular *Dunaliella salina* tem sido útil no estudo do metabolismo dos carotenoides, pois é capaz de acumular grandes quantidades desses compostos benéficos (YE et al., 2008). Alguns autores relatam o acúmulo de carotenoides em *Dunaliella salina* ocorrendo sob os efeitos de diferentes condições

ambientais abióticas (GÓMEZ e GONZÁLEZ, (2005) ; COESEL et al., (2008); LAMERS et al., (2010); RAMAKRISHNA et al., (2011). Segundo Lamers et al.(2010), a intensidade da luz é um estímulo chave para a superprodução de β -caroteno nesta microalga.

Dunaliella salina é muito estudada por ser a fonte mais rica de β -caroteno natural (TAFRESHI et al., 2009). Contendo alto teor do isômero 9-cis (~50% do total β -caroteno) (RAJA et al., 2007; KHOO et al., 2011). Outros carotenoides valiosos com valor médico potencial também estão presentes em *Dunaliella salina*, incluindo violaxantina, antheraxantina, zeaxantina, α -caroteno e licopeno (FU et al., 2013).

Desta forma, Pérez e Labbé (2014), relatam que considerando o potencial das microalgas na fitorremediação, somado aos múltiplos usos de sua biomassa, sugere-se que seu cultivo seja econômica e ambientalmente atrativo, e que a combinação do tratamento de águas residuais e a geração de biomassa para geração de biocombustíveis seriam os usos mais interessantes a serem desenvolvidos. No entanto, mais estudos devem ser realizados, com ênfase especial em sistemas de colheita mais eficientes e avaliações econômicas para os diferentes usos da biomassa.

4.4 Uso de microalgas na agricultura

O uso frequente, e na maioria das vezes, inadequado, de produtos químicos nas lavouras ocasionam perdas a longo prazo da camada fértil do solo, diminuindo sua biodiversidade, o desenvolvimento das plantas e eliminando os inimigos naturais das pragas. Dessa forma, a indiscutível necessidade de proteger o meio ambiente e combater os efeitos adversos que as mudanças climáticas causam na agricultura, tem levado à retomada, com grande aceitação, do uso de extratos vegetais e algas, para aumentar os rendimentos agrícolas e para a prevenção e tratamento de doenças de plantas (POVERO et al., 2016).

Quanto a descoberta das algas para a utilização humana, é relatado por Lembi et al. (1988), que no século 19, os habitantes da costa coletavam as grandes algas marrons levadas pela maré, as colocavam em suas terras e observavam o efeito benéfico desses organismos sobre plantas e terras agrícolas. Desta forma, a descoberta do potencial uso desses microorganismos celulares ocorreu quando a ideia de cultivo de microalgas em grande escala, especialmente espécies do gênero *Chlorella* para a utilização como alimento, começava a ser considerada por pesquisadores nos Estados Unidos, nos anos de 1947 e 1948, na época, foram feitos estudos preliminares, onde foi possível constatar

que as microalgas realmente tem um grande potencial de crescimento e acúmulo de compostos de interesse, pois diferente das plantas superiores, essas, seriam muito flexíveis nos diferentes acúmulos de carboidratos, proteínas e lipídios, sendo sugerido pelos pesquisadores, que o próximo passo seria o envolvimento com pesquisas aplicadas e engenharia (SPOEHR e MILNER, 1949).

Nos dias atuais, com os avanços tecnológicos, a forma de aplicação das algas foi aprimorada, começaram a ser utilizados extratos das mesmas, e atualmente, esses extratos têm ganhado aceitação como "bioestimuladores de plantas", eles induzem respostas fisiológicas nas plantas, como promover o crescimento, melhorar a floração e a produtividade, estimular a qualidade e o conteúdo nutricional do produto comestível, além de prolongar a vida útil, as aplicações de diferentes tipos de extratos têm estimulado a tolerância das plantas a uma ampla gama de estresses abióticos (Battacharyya et al., 2015) além de estarem presentes na produção de fármacos e bioquímicos, fertilizantes, suplementos alimentares e ração animal (COSTA e MORAIS, 2011).

A *Spirulina*, por exemplo, tem se mostrado capaz de ativar o sistema imunológico das plantas, gerando maiores rendimentos, de maior qualidade e mais resistentes a doenças e estresses ambientais, além de maior germinação e maior enraizamento quando aplicado ao solo. Ao comparar um fertilizante à base de *Spirulina* com um fertilizante químico, alguns autores constataram que embora tenha menor teor de NPK, o fertilizante à base dessa alga estimula o crescimento das lavouras de forma semelhante ao fertilizante químico, pois possui quantidades maiores de outros elementos (cálcio, ferro, manganês, zinco e selênio) que ajudam a moderar as quantidades de nutrientes exigidas pelas plantas (WUANG et al., 2016).

Nas algas, foram identificados fitohormônios e reguladores de crescimento (citocininas, auxinas, giberelinas, betaínas, ácido abscísico e de brassinosteróides) (CALVO et al., 2014; DU JARDIN, 2015). Segundo Franco et al. (2006), durante a fase de implantação dos sistemas de produção de frutíferas, o uso de microalgas pode ser aplicado com a finalidade de obter mudas com homogeneidade e boa qualidade, assim, obtendo um rápido crescimento e produção no pomar.

Garcia-Gonzalez e Sommerfeld, (2016) estudando sobre a propriedade biofertilizante e bioestimulante da microalga *Spirulina (Acutodesmus dimorphu)*, verificaram que seu extrato celular e a biomassa seca foram capazes de desencadear uma germinação mais rápida e melhorar crescimento e emissão floral em tomate.

Corroboram com esse estudo Kumari et al. (2011) e Hernández-Herrera et al. (2013), que avaliando a aplicação de algas em tomate, na forma de pulverizações foliares, observaram um aumento no acúmulo de biomassa vegetal e maiores rendimentos das colheitas.

Guedes et al. (2018), utilizando diferentes concentrações de biofertilizante a base de *Spirulina platensis*, na produção de mudas de mamoeiro “Formosa” e “Papaya”, observaram que quando aplicada nas raízes, uma suspensão na concentração de 1,08% da microalga aumenta o crescimento e a produção de biomassa das mudas.

Além da aplicação como biofertilizante, as microalgas atualmente constituem uma das opções mais utilizadas no que se refere ao recobrimento de frutas para fins de conservação e diminuição das perdas que ocorrem na pós colheita, principalmente com o enfoque que envolve o mercado de exportações e de consumo. Segundo Onias et al. (2018), atualmente, um dos grandes desafios da fruticultura brasileira é a preservação da qualidade da fruta após a colheita. Além do que, a crescente procura para exportação e mercado interno, onde muitas vezes, o aumento da produção não tem sido suficiente, implica na necessidade de investimento em tecnologias na cadeia produtiva visando minimizar as perdas pós-colheita (RANA et al., 2015; BOTELHO et al., 2016).

Além do mais, devido às grandes dificuldades em eliminar enormes volumes de resíduos originados por embalagens de alimentos não biodegradáveis, são motivados os estudos a base de biopolímeros como materiais a serem utilizados como recobrimentos comestíveis em embalagens de alimentos, oferecendo mais benefícios do que os materiais sintéticos, em termos de biocompatibilidade, sendo atóxicos e de baixo custo (ZHAO, 2019).

Oliveira et al. (2018) estudaram sobre o uso de *Chlorella* sp. no recobrimento de manga ‘Tommy Atkins’ armazenada sob refrigeração, os autores observaram dados importantes sobre seu uso, como a maior firmeza de polpa e menor mudanças na cor da casca das mangas conforme as concentrações da microalga iam sendo aumentadas. Também em manga orgânica ‘Tommy Atkins’, Onias et al. (2016) avaliou sua qualidade pós colheita quando tratada com biofilmes enriquecidos com *Spirulina platensis*, a concentração de 3% de amido de milho e 3% da microalga em pó proporcionou aumento nos sólidos solúveis em torno de 30%, perda de massa fresca inferior a 4% e maior conteúdo de vitamina C, aos 11 dias de armazenamento.

Teodósio et al. (2021) verificando os efeitos de revestimentos comestíveis de *Chlorella* sp. contendo óleo de semente de romã na qualidade da fruta *Spondias*

tuberosa durante o armazenamento refrigerado constataram que os revestimentos associados aos frutos de melhor qualidade apresentaram 2,0% de *Chlorella* sp.

Ainda, Câmara et al. (2020) buscaram estudar a utilização da microalga *Chlorella* sp. no enriquecimento proteico de barra de cereal, e observaram que as barras de cereal enriquecidas com a *Chlorella vulgaris* apresentaram valores médios de proteína acima do encontrado em barra de cereal comercial (4%), os autores ainda afirmam que o enriquecimento proteico por meio da adição da microalga como fonte de proteína, se apresenta como promissora e com caráter inovador na biotecnologia de alimentos

Considerando aspectos relacionados à cadeia alimentar, as microalgas são de fundamental importância na aquicultura e especialmente na maricultura (BERTOLDI et al., 2008). Na aquicultura, as microalgas têm sido aplicadas para a alimentação direta ou indireta de algumas espécies de peixes, moluscos e crustáceos de interesse econômico, para a síntese de compostos nutracêuticos, tais como os ácidos graxos poliinsaturados (ácido araquidônico – ARA, ácido eicosapentaenóico – EPA e ácido docosaheptaenóico – DHA, por exemplo), pigmentos carotenóides (astaxantina, betacaroteno, luteína, cantaxantina etc.), que apresentam propriedades terapêuticas (DERNER et al., 2006).

Na produção de combustíveis, o interesse da humanidade por fontes alternativas, provenientes de matérias-primas renováveis, rejeitos industriais ou resíduos diversos não é uma novidade, fatores como disponibilidade, preço das matérias-primas normalmente utilizadas e a necessidade de desenvolvimento de biocombustíveis para outras aplicações, como a aviação, mantêm esforços de pesquisadores no desenvolvimento de novas rotas e novos biocombustíveis (REZENDE e PAZA, 2017).

Além do que, são inúmeras as desvantagens causadas pelo uso de combustíveis originados de petróleo, devido principalmente a sua contribuição para o acúmulo de dióxido de carbono no ambiente, onde, até o uso de cana-de-açúcar e oleaginosas como milho, soja, palma e girassol, pode se tornar escasso, pois estas culturas necessitam de grandes quantidades de terras agricultáveis, e com o passar do tempo podem competir com a produção de culturas alimentares (SCHMITZ et al., 2012).

Apontadas como uma das mais promissoras fontes de matérias-primas para a produção de biocombustíveis, as microalgas possuem grande potencial de produção de óleos em áreas reduzidas e não são utilizadas de forma direta como insumos alimentícios atualmente (PEREIRA et al., 2020). As microalgas possuem elevada densidade de lipídios, convertendo em maior produtividade de óleo por hectare, podem

ser cultivadas em uma instalação industrial, requerendo área muito menor e não exigindo fertilidade de solo (Lira et al., 2012), e utilizam a energia solar para converter o CO₂ e água em biomassa, pois são organismos fotossintéticos que se desenvolvem em ambientes aquáticos (CARNEIRO et al, 2018).

Menezes et al. (2013) avaliando a potencialidade de microalgas dulcícolas como fonte de matéria-prima graxa para a produção de biodiesel, observaram que a alga *Choricystis* sp., foi a que apresentou melhor rendimento na obtenção de ésteres metílicos de ácidos graxos, sendo 115% superior ao apresentado pela soja, demonstrando sua potencialidade para ser utilizada como fonte de matéria-prima para a produção de biodiesel.

Ao mesmo tempo em que auxilia na produção de biocombustíveis, as microalgas também atuam no tratamento de efluentes contaminados por substâncias tóxicas. Para Cheah et al. (2018), o cultivo de microalgas para o tratamento de águas residuais vem atraindo o interesse da comunidade científica, pois configura-se como um método ideal para promover simultaneamente a redução de resíduos e a geração de biocombustíveis, auxiliando e promovendo a sustentabilidade ambiental.

Pacheco et al. (2015) e Chen et al. (2015) reforçam que o processo da utilização das microalgas vem merecendo muitos estudos, considerando aspectos da remediação de águas residuárias e da viabilidade econômica para recuperar nutrientes, além de permitir a aeração em processos consorciados com lodos ativados, a redução da emissão de CO₂ e a recuperação de energia.

Desta forma, a biotecnologia de microalgas recebe grande destaque por se configurar em uma abordagem eficaz e de baixo custo para a remoção de nutrientes e outros contaminantes dos efluentes do tratamento de águas residuárias, como metais pesados e fármacos (VAN DEN HENDE et al., 2011 ; ZHU et al., 2015).

Silveira et al. (2019) buscaram desenvolver um sistema integrado com microalgas (MA) e wetland (WCPMA) construído de fluxo vertical no tratamento de efluentes urbanos, os autores obtiveram resultados expressivos, indicando que o sistema MA+WCPMA é uma alternativa promissora no tratamento de águas residuárias para unidades geradoras descentralizadas, possibilitando maior redução da ação eutrofizante, tanto em termos de fósforo total quanto de nitrogênio amoniacal.

As principais microalgas cultivadas comercialmente são espécies dos gêneros *Chlorella Beyerinck*, (Chlorophyceae) e *Arthrospira Stizenberger* (Cyanophyceae) para a adição em alimentos naturais (“health food”), *Dunaliella salina* Teodoresco,

(Chlorophyceae) para a obtenção de betacaroteno e *Haematococcus pluvialis* Flotow (Chlorophyceae) para a obtenção de astaxantina (BECKER, 2004). A instrução normativa nº 61, de 8 de julho de 2020 a qual estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura, exige para os biofertilizantes de extratos de algas, um teor mínimo (porcentagem em peso) de ácido algínico em fluido de 1% e em sólido de 5%, exceto para o extrato de alga *Ecklonia* máxima obtido por extração física, quando o teor mínimo de ácido algínico para produtos fluídos ou sólidos será de 0,5% no mínimo (MAPA, 2020).

Dentre as microalgas mais utilizadas na agricultura temos a *Spirulina platensis* é (Guedes et al., 2018), *Chlorella* sp. (Lima et al., 2020), em que vários pesquisadores desenvolveram trabalhos com a utilização de microalgas para auxílio como insumos agrícolas ou até mesmo para revestimento na conservação de algumas culturas.

Onias et al. (2016) trabalhando com qualidade pós-colheita de manga ‘Tommy Atkins’ orgânica tratada com biofilmes enriquecidos com *Spirulina platensis*, verificaram que o recobrimento B5 (3% de fécula de mandioca mais 3% de *Spirulina platensis* em pó) proporcionou aumento nos teores de sólidos solúveis (SS) até o oitavo dia e posterior redução com o avanço do armazenamento. Já o biofilme B6 (3% de amido de milho mais 3% de *Spirulina platensis* em pó) proporcionou aumento nos sólidos solúveis em torno de 30%, firmeza de polpa 15N e perda de massa fresca inferior a 4% e maior conteúdo de vitamina C, aos 11 dias de armazenamento, sendo considerado o melhor dos recobrimentos testados.

Rocha et al. (2017) analisando a biomassa e fisiologia de mudas de mamoeiro produzidas sob adubação foliar com *Spirulina platensis*, verificaram que o uso de *S. platensis* em baixas concentrações (1%) proporciona melhoria no desempenho produtivo das mudas de mamoeiro e influência na variável eficiência do uso da água das mudas de mamoeiro.

Silva et al. (2017a) avaliando a produção, aspectos nutricionais e fisiológicos de alface sob adubação foliar com *Spirulina platensis*, verificaram que os resultados obtidos mostraram que as concentrações do fertilizante, não afetaram a produção, o crescimento, os teores de nutrientes avaliados, assim como não influenciaram as trocas gasosas das plantas.

Silva et al. (2017b) analisando a qualidade pós-colheita da alface cv. Elba em função de aplicações foliares de *Spirulina platensis*, verificaram que o uso de

Spirufert® a 7.5% promove manutenção nas características de qualidade para o armazenamento de alface avaliada 24 h após a colheita, preservando os teores de sólidos solúveis, de acidez titulável, de ácido ascórbico, de clorofila total e de clorofila *a*.

Onias et al. (2018) trabalhando com revestimento biodegradável à base de *Spirulina platensis* na conservação pós-colheita de goiaba Paluma mantidas sob diferentes temperaturas de armazenamento verificaram que os revestimentos com *Spirulina platensis* foram eficientes no retardo da perda de massa nos frutos em ambas as temperaturas de armazenamento, sendo o tratamento T2, que se refere a concentração de 1% a 10 ± 2 °C o mais eficiente, proporcionando as menores perdas quando comparado a testemunha.

Dias et al. (2016) avaliando o crescimento, produção e qualidade pós-colheita de berinjela produzida sob adubação foliar com *Spirulina platensis*, verificaram que o produto aplicado em concentrações mais baixas proporciona maior produção de frutos, sem influenciar os teores foliares de N, P, K e Na da cultura. Já concentrações mais elevadas do produto favorecem o desenvolvimento vegetativo da berinjela em detrimento da produção. Além disso, o produto não afeta a cor do fruto nem seus sólidos solúveis, porém o manejo com concentrações mais baixas proporciona maior estabilidade na firmeza dos frutos durante o seu armazenamento de até seis dias.

Lima et al., (2020) trabalhando com o aproveitamento de *Chlorella* sp. como bioestimulante na germinação de sementes de melão (*Cucumis melo* L.), verificaram que concluíram que a modulação do cultivo de *Chlorella* sp. é uma viável estratégia para a produção de compostos ativos. Além disso, os hidrolisados de *Chlorella* sp. demonstraram um potencial bioestimulante e pode ser uma fonte de moléculas para muitas aplicações na agricultura.

Oliveira et al., (2020) estudando o revestimento de *Spirulina platensis* para conservação de romã, verificaram que o revestimento com 1% de *Spirulina platensis* proporcionou os melhores resultados, retardando o desenvolvimento da cor, aumentando brilho, mantendo os teores de açúcares e ácido ascórbico e reduzindo a adstringência.

Dias et al. (2019) avaliando a biomassa de microalgas via raiz sob a produção de mudas de Maracujá amarelo, verificaram que as doses influenciaram o número de folhas, massa fresca da raiz, massa seca da raiz, comprimento da parte aérea e massa fresca da parte aérea significativamente.

Guedes et al., (2018) analisando a produção de mudas de mamão com *Spirulina platensis* como um bioestimulante aplicado na folha e raiz, verificaram que 1,08% de *S. platensis* aplicadas na raiz podem proporcionar o melhor crescimento e produção de biomassa das mudas.

Teodosio et al. (2018) trabalhando com o efeito dos revestimentos biodegradáveis à base de microalgas (*Scenedesmus* sp. e *Chlorella* sp.) e óleo da Semente da Romã na Conservação Pós-Colheita do Mamão 'Golden', verificaram que o uso de coberturas composto por *Scenedesmus* sp. e *Chlorella* sp. em associação ou não com óleo de semente de romã foi comprovado eficiente na redução da taxa de respiração do mamão 'Golden', retardando o amadurecimento e, portanto, representando uma alternativa promissora para a conservação pós-colheita dessas frutas.

Teodosio et al. (2020) analisando compostos bioativos em umbu (*Spondias tuberosa*) por aplicação de comestível revestimento à base de *Chlorella* sp durante o armazenamento verificaram que *Chlorella* sp. associado ao óleo de semente de romã produziu uma atmosfera modificada em torno da fruta, retardando o processo de amadurecimento.

Teodosio et al. (2021) avaliando os efeitos de revestimentos comestíveis de *Chlorella* sp. contendo óleo de semente de romã em qualidade do fruto de *Spondias tuberosa* durante o armazenamento refrigerado, verificaram que *Chlorella* sp. + Revestimentos de óleo de semente de romã mantiveram o amadurecimento retardado, manteve a firmeza, a massa e uma cor mais verde quando comparado ao tratamento de controle.

Oliveira et al. (2018a), avaliando a qualidade pós-colheita de bananas 'Prata Anã' tratadas com revestimento de microalgas, verificaram que as microalgas *Spirulina platensis*, *Chlorella* sp., e *Scenedesmus* sp. usadas com 2% para o recobrimento da banana 'Prata Anã' retarda o amadurecimento, mantendo a firmeza da polpa e diminui a perda de massa fresca, estendendo a conservação dos frutos para oito dias.

Oliveira et al. (2018b) avaliando a Pós-colheita de manga 'Tommy Atkins' submetida ao revestimento de *Chlorella* sp., verificaram que a firmeza de a polpa e a manutenção dos ácidos orgânicos dos frutos foram maiores nos tratamentos com grande quantidade de *Chlorella* sp. Além disso, o uso de biofilme com *Chlorella* sp. a 2% preservou a qualidade da manga 'Tommy Atkins' até dez dias de armazenamento, a 23 ° C e 42% UR.

Oliveira et al. (2018c) avaliando o efeito de recobrimentos de *Chlorella* sp. sob a conservação pós-colheita de manga ‘Tommy Atkins’, verificaram maior firmeza de polpa na manga com o aumento nas concentrações do recobrimento de *Chlorella* sp. e maior conteúdo de ácido ascórbico (22,17%) nos frutos tratados com 3% de *Chlorella* sp. Além disso, o uso do recobrimento de *Chlorella* sp. na concentração de 1% e 2%, proporciona amadurecimento sem prejuízo nos atributos de qualidade dos frutos durante o armazenamento a 10 °C e 7 dias a 25 °C e 42%UR.

Oliveira et al. (2018d) estudando a conservação pós-colheita de manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimento bio-orgânico de *Chlorella* sp. Verificaram que o aumento na contração de *Chlorella* sp., acima de 2%, provoca retardamento no amadurecimento. Além disso, os melhores indicativos físico-químicos de manutenção da qualidade da manga ‘Tommy Atkins’ foram observados nos frutos que receberam o recobrimento a 1% de *Chlorella* sp., como reflexo na boa aparência, na perda de massa fresca inferior a 5,5% e em açúcares totais acima de 12%, em ambas as condições de armazenamento [Experimento I (sob refrigeração a 10 °C, sendo 21 dias a 10 °C e 42% UR e, em seguida, sete dias a 25 °C e 42% UR) e experimento II (sob temperatura ambiente a 23 °C e 42% UR), por dez dias].

Desta forma, o uso de algas oferece um grande benefício para uma agricultura sustentável e mais respeitosa com o meio ambiente, por se tratarem de produtos naturais, que apresentam diversidade de substâncias que estimulam o crescimento e a produtividade das lavouras, favorecem a atividade microbiana do solo e melhoram a absorção de nutrientes pelas raízes. Além disso, conferem às plantas uma resistência eficaz ao estresse abiótico, pelo fato de conterem substâncias com alto poder antioxidante (PADRÓN et al., 2020).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao aumento mundial no crescimento populacional, vários estudos afirmam que num futuro próximo, não terá alimentos para todas para atender e suprir as necessidades da população mundial. Nesse contexto, fica claro a participação essencial da agricultura para o aumento da produção agrícola, como forma de atender o aumento na demanda por alimentos.

Com isso, surge a necessidade da inovação na agricultura, sobretudo nos insumos agrícolas, os quais são responsáveis pelo aumento na produção das culturas. Com base nisso, uma alternativa inovadora na produção dos insumos agrícolas é através da sua produção mediante o uso de microalgas.

As microalgas são organismos unicelulares que podem ser usadas como fonte para síntese de vários bioprodutos, dentre eles, os fertilizantes agrícolas. As vantagens do uso de microalgas em relação sobre outras matérias primas na composição de um determinado produto está no fato de ser uma excelente fonte de nutrientes e ter uma capacidade de uma alta produtividade, além disso, possui uma boa captura de carbono altamente eficiente; elevado teor de lipídeos ou amido, fatores que podem favorecer a fisiologia das plantas, estimulando o crescimento e a produtividade.

O desenvolvimento de novos insumos agrícolas a partir da utilização de microalgas para obter esses produtos é um campo fértil e inovador para novas pesquisas. No Brasil o mercado de produtos agrícola tendo na sua composição o uso de microalgas é pouco diversificado, no entanto, pode ser promissor para investimento das indústrias de produtos agrícolas, podendo ser uma alternativa eficiente quanto a nutrição das plantas e garantir o sucesso necessário para a produção agrícola.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-RAOUF, N. A. A.; AL-HOMAIDAN, E.; IBRAHEEM, I. B. M. Microalgas e tratamento de águas residuais. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.19, p.257-275, 2012.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SILVA, L. X. da. Agricultura de precisão: inovação para a produção mundial de alimentos e otimização de insumos agrícolas. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v.13, n.29, p. 146-161, 2017.

BATTACHARYYA, D.; BABGOHARI, M. Z.; RATHOR, P.; PRITHIVIRAJ, B. Extratos de algas marinhas como bioestimulantes em horticultura. **Scientia Horticulturae**, v.30, p.39-48, 2015.

BECKER, W. Microalgae in human and animal nutrition. In: RICHMOND, A. (Ed). **Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology**. London: Blackwell Science, 2004. p.312-351.

BERTOLDI, F. C.; SANT'ANNA, E.; OLIVEIRA, J. L. B. Revisão: biotecnologia de microalgas. **B. CEPPA**, v.26, n.1, p.9-20, 2008.

BOROWITZKA, M. A. Produção comercial de microalgas: lagoas, tanques, tubos e fermentadores. **Journal of Biotechnology**, v.70, p.313-332, 1999.

BOTELHO, L. N. S.; ROCHA, D. A.; BRAGA, M. A.; SILVA, A.; ABREU, C. M. P. de. – Quality of guava cv. 'Pedro Sato' treated with cassava starch and cinnamon essential oil. **Scientia Horticulturae**, v.209, p.214-220, 2016.

BRAGAGNOLO, C.; BARROS, G. S. de C. Impactos Dinâmicos dos Fatores de Produção e da Produtividade sobre a Função de Produção Agrícola. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.53, n.1, p.31–50, 2015.

BRASIL, B. dos S. A. F.; GARCIA, L. C. **Microalgas: alternativas promissoras para a indústria**. Agroenergia em Revista, Ano IV, nº 10, 2016.

BRENNAN, L.; OWENDE, P. Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.14, p.557-577, 2010.

CALVO P.; NELSON L.; KLOEPPER, J. W. Usos agrícolas de bioestimulantes de plantas. **Planta e solo**, v.383, p.3-41, 2014.

CÂMARA, A. P. C.; NASCIMENTO, V. R. L. do.; CÂMARA, F. R. A. de.; NASCIMENTO, T. A. de.; COELHO, R. R. P.; NASCIMENTO, A. S. do. SANTOS, L. L. S.; CAVALCANTI FILHO, L. L. Enriquecimento proteico de barra de cereal com *Chlorella vulgaris*. **Brazilian Journal of Development**. v.6, n.6, p.35193-35208, 2020.

CARNEIRO, G. A.; SILVA, J. J. R.; OLIVEIRA, G. A.; PIO, F. P. B. O uso de microalgas na produção de biocombustíveis. **Research, Society and Development**, v.7, n.5, p.1-12, 2018.

CIOLACU, L.; NICOLAU, A. L.; HOORFAR, J. Edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. **Global Safety of Fresh Produce**, v. 1, n.1, p. 233-244, 2014.

CHEAH, W. Y.; SHOW, P. L.; JUAN, J. C.; CHANG, J. S.; LING, T. C. Microalgae cultivation in palm oil mill effluent (POME) for lipid production and pollutants removal. **Energy Conversion and Management**, v. 174, n. 15, p. 430-438, 2018.

CHEN, G.; ZHAO, L.; QI, Y. Enhancing the productivity of microalgae cultivated in wastewater toward biofuel production: A critical review. **Applied Energy**, v. 137, p. 282-291, 2015.

CHEW, K. W.; YAP, J. Y.; SHOW, P. L.; SUAN, N. H.; JUAN, J. C.; LING, T. C.; LEE, D.; CHANG, J. Microalgae biorefinery: High value products perspectives. **Bioresource Technology**, v. 229, p. 53-62, 2017.

CHISTI, Y. Biodiesel from microalgae. **Biotechnology Advances**, v.25, p.294-306, 2007.

COESEL, S. N.; BAUMGARTNER, A. C.; TELES, L. M.; RAMOS, A. A.; HENRIQUES, N. M.; CANCELA, L.; VARELA, J. C. A limitação de nutrientes é o principal fator regulador para o acúmulo de carotenoides e para os níveis de transcrição de estado estacionário de *Psy* e *Pds* em *Dunaliella salina* (Chlorophyta) exposto a alta luz e estresse salino. **Marine Biotechnology**, v.10, p.602–611, 2008.

COSTA, J. A. V.; MORAIS, M. G. The role of biochemical engineering in the production of biofuels from microalgae. **Bioresource Technology**, v.102, p.2–9, 2011.

DANTAS, D. M. M.; COSTA, R. M. P. B.; CUNHA, M. G. C.; GALVEZ, A. O., DRUMMOND, A. R.; BEZERRA, R. S. Bioproduction, antimicrobial and antioxidant activities of compounds from chlorellavulgares. *Research & Reviews:Journal of Botanical Sciences*, v. 4, n. 2, p. 12-18, 2015.

DIAS, G. A.; ARAÚJO, R. H. C. R.; ALVES, W. G.; OLIVEIRA, A. M. F. de; SOUSA, D. D. A. de; LIMA, J. F. de; SANTOS, I. de M.; ALVES, K. de A.; SOUSA, D. D. A. de; ARAÚJO, J. L. Biomass of Microalgae via Root Under the Production of Yellow Passionfruit Seedlings. **Journal of Agricultural Science**; v.11, n.6; p.105-112, 2019.

DIAS, G. A.; ROCHA, R. H. C.; ARAÚJO, J. L.; LIMA, J. F. de; GUEDES, W. A. Growth, yield, and postharvest quality in eggplant produced under different foliar fertilizer (*Spirulina platensis*) treatments. **Semina: Ciências Agrárias**, v.37, n.6, p.3893-3902, 2016.

DERNER, R. B.; OHSE, S.; VILLELA, M.; CARVALHO, S.M.; FETT, R. Microalgas, produtos e aplicações. **Ciência Rural**, v.36, n.6, p.1959-1967, 2006.

DU JARDIN, P. Bioestimulantes de plantas: definição, conceito, categorias principais e regulamentação. **Scientia Horticulturae**, v.196, p.3-14, 2015.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Fao discute demanda mundial por alimentos**. 2014. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/FAOddma.asp>> Acesso em: 29/03/2021.

FEDOROFF, N. V. et al. Radically rethinking agriculture for the 21st century. **Science**, v.327, n.5967, p.833-834, 2010.

FERREIRA, S. P.; SOARES, L. S. de.; COSTA, J. A. V. Review: microalgae: an alternative source to obtain essential fatty acids. **Revista de Ciências Agrárias**, v.36 n.3 p.275-287, 2013.

FIESP – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Projeções para o agronegócio brasileiro**. 2016. Disponível em: <<http://apps2.fiesp.com.br/outlookDeagro/pt-BR>>. Acesso em: 28 fev. 2021.

FORTES, M. M.; **Fotobiorreatores para o cultivo de microalgas destinadas à produção de biodiesel**. 180 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

FRANCO, C. F., PRADO, R. M. Uso de soluções nutritivas no desenvolvimento e no estado nutricional de mudas de goiabeira: macronutrientes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.28, n.2, p.199-205, 2006.

FU, W.; GUÐMUNDSSON, Ó.; PAGLIA, G.; HERJÓLFSSON, G.; ANDRÉSSON, Ó. S.; PALSSON, B. Ø.; BRYNJÓLFSSON, S. Enhancement of carotenoid biosynthesis in

the green microalga *Dunaliella salina* with light-emitting diodes and adaptive laboratory evolution. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.97, p.2395–2403, 2013.

GALARZA, J. I.; DELGADO, N.; HENRÍQUEZ, V. Cisgenesis and intragenesis in microalgae: promising advancements towards sustainable metabolites production. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.100, p. 10225–10235, 2016.

GARCIA-GONZALEZ, J, SOMMERFELD, M. Biofertilizer and biostimulant properties of the microalga *Acutodesmus dimorphus*. **Journal of Applied Phycology**, v.28, n.1, p.1051–1061, 2016.

GODFRAY, H. C. J. et al. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. **Science**, v.327, n.5967, p.812-818, 2010.

GÓMEZ, P. I.; GONZÁLEZ, M. A. Efeito da temperatura e da irradiância no crescimento e na capacidade carotenogênica de sete cepas de *Dunaliella salina* (Chlorophyta) cultivadas em condições de laboratório. **Biological Research**, v.38, p.151-162, 2005.

GUEDES, W. A.; ARAÚJO, R. H. C. R.; ROCHA, J. L. A.; LIMA, J. F.; DIAS, G. A.; OLIVEIRA, Á. M. F.; LIMA, R. F.; OLIVEIRA, L. M. Production of papaya seedlings using *Spirulina platensis* as a biostimulant applied on leaf and root. **Journal of Experimental Agriculture International**, v.28, n.1, p.1-9, 2018.

HARUN, R.; SINGH, FORDE, G. M.; DANQUAH, M. K. Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.14, p.1037–1047, 2010.

HENRIKSON, R. **Dream: Algae Landscape and Architecture Designs**. Algae Industry Magazine website, 29 de Janeiro de 2012. Disponível em: <http://www.algaeindustrymagazine.com/the-future-of-algae-pt-4/>. Acessado em 19/03/2021.

HERNÁNDEZ-HERRERA, R. M.; SANTACRUZ-RUVALCABA, F.; RUIZ-LÓPEZ, M. A.; NORRIE, J.; HERNÁNDEZ-CARMONA, G. Efeito de extratos líquidos de algas marinhas no crescimento de mudas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). **Journal Applied Phycology**, v.26, p.619-628, 2013.

HOSEINI, S. M.; Khosravi-Darani, K.; Mozafari, M. R. Nutritional and medical applications of *Spirulina* microalgae. **Mini Reviews in Medicinal Chemistry**, v.13, n.8, p.1231-1237, 2013.

HUANG, G.; CHEN, F.; WEI, D.; ZHANG, X.; CHEN, G. Produção de biodiesel por biotecnologia microalgal. **Applied Energy**, v.87, n.38, 2010.

JIN, E. S.; MELIS, A. Microalgal biotechnology: Carotenoid production by the green algae *Dunaliella salina*. **Biotechnology and Bioprocess Engineering**, v.8, p.331–337. 2003.

KATIYAR, R.; GURJAR, B. R.; BISWAS, S.; PRUTHI, V.; KUMAR, N.; KUMAR, P. Microalgae: An emerging source of energy based bio-products and a solution for environmental issues. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 72, n. 7, p. 1083– 1093, 2017.

KHOO, H. E.; PRASAD, K. N.; KONG, K. W.; JIANG, Y.; ISMAIL, A. Carotenoids and their isomers: Color pigments in fruits and vegetables. **Molecules**, v.16, p.1710–1738, 2011.

KUMARI, R.; KAUR, I.; BHATNAGAR, A. K. Efeito do extrato aquoso de *Sargassum johnstonii* Setchell & Gardner no crescimento, rendimento e qualidade de *Lycopersicon esculentum* Mill. **Journal Applied Phycology**, v.23, p.623-633, 2011.

KRALOVEC, J. A.; POWER, M. R.; LIU, F.; MAYDANSKI, E.; EWART, H. S.; WATSON, L.V.; BARROW, C. J.; LIN, T. J. Aqueous *Chlorella* extract inhibits IL-5 production by mast cells in vitro and reduces ovalbumin-induced eosinophil infiltration in the airway in mice in vivo. **International Immunopharmacology**, vol. 5, p. 689-698, 2005.

LAMERS, P. P.; JANSSEN, M. de.; VOS, R. C. H.; BINO, R. J.; WIJFFELS, R. H. Explorando e explorando a acumulação de carotenoides em *Dunaliella salina* para aplicações de fábrica de células. **Trends Biotechnol**, v.26, p.631-638, 2008.

LEMBI, C. A.; WAALAND, J. R. **Algas e Assuntos Humanos**. Cambridge University Press, 590 p., 1988.

LIMA, J. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; SOUZA, W. R. de; DEBONSI, H. M.; SANTOS, V. F. dos; DANTAS, A. M. N.; ARAÚJO, R. H. C. R. Utilization of *Chlorella* sp. as biostimulant in the germination of melon seeds (*Cucumis melo* L.). **Journal of Agricultural Studies**, v.8, n.2, p.750-773, 2020.

LIMA, M. A. C.; SILVA, S. M.; & OLIVEIRA, V. R. Umbu— *Spondias tuberosa*. **Exotic Fruits**, v. 1, n. 1, p. 427–433, 2018.

LIRA, R. A. de.; MARTINS, M. A.; MACHADO, M. F.; CORRÊDO, L. P. de.; MATOS, A. T. de. As microalgas como alternativa à produção de biocombustíveis. **Engenharia na agricultura**, v.20, n.5, 389-403, 2012.

LUTZENBERGER, J. A. O absurdo da agricultura. **Estudos Avançados**, v.15, n.43, p.61-74, 2001.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução normativa nº 61, de 8 de julho de 2020**. 2020. Disponível em:< <https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-61-de-8-de-julho-de-2020-266802148>>. Acesso em: 09 de maio de 2021.

MARELLA, T. K.; DATTA, A.; PATIL, M. D.; DIXIT, S.; TIWARI, A. Biodiesel production through algal cultivation in urban wastewater using algal floway. **Bioresource Technology**, v. 280, p. 222-228, 2019.

MENDOZA, H. A. de.; LA JARA, E. E.; PORTILLO. **Planta piloto de cultivo de microalgas: Potencial desenvolvimento de novas atividades econômicas associadas à biotecnologia nas Ilhas Canárias.** Instituto Tecnológico das Canárias, 60 p. 2011.

MENEZES, R. S.; LELES, M. I. G.; SOARES, A. T.; BRANDÃO, P. I.; FRANCO, M.; ANTONIOSI FILHO, N. R. Avaliação da potencialidade de microalgas dulcícolas como fonte de matéria-prima graxa para a produção de biodiesel. **Química Nova**, v.36, n.1, p.10-15, 2013.

MORAES NETO, S. P. de. **Fertilizantes NPK e suas origens.** 2001. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/noticias/artigo-fertilizantes-npk-e-suas-origens>>. Acesso em: 13 mar. 2021.

OECD - Organisation for Economic Cooperation and Development. (2013). **Agricultural innovation systems: A framework for analysing the role of the government.** OECD Publishing. Disponível em: https://www.oecdilibrary.org/agriculture-and-food/agricultural-innovation-systems_9789264200593-en. Acesso em: 19/03/2021.

OLIVEIRA, Á. M. F. de; ARAÚJO, R. H. C. R.; TEODOSIO, A. E. M. de M.; LIMA, J. F. de; FREITAS, E. F. Q. de; SANTOS, J. J. F. dos; SANTOS, B. G. F. L.; ONIAS, E. A.; RODRIGUES, M. H. B. S.; ALVES, K. de A.; OLIVEIRA, L. M. Postharvest Quality of 'Prata Anã' Bananas Treated with Microalgae Coating. **Journal of Experimental Agriculture International**, v.27, n.2, p.1-11, 2018a.

OLIVEIRA, A. M. F. de; ROCHA, R. H. C.; GUEDES, W. A.; DIAS, G. A.; LIMA, J. F. de; OLIVEIRA, L. M.; ALVES, K. de A.; TEODOSIO, A. E. M. de M.; MORAIS, F. A. de. Postharvest of 'Tommy Atkins' Mango Submitted to Coating of *Chlorella* sp. **Journal of Agricultural Science**, v.10, n.9; p.225-233, 2018b.

OLIVEIRA, Á. M. F. de; ROCHA, R. H. C.; GUEDES, W. A.; DIAS, G. A.; LIMA, J. F. de. Use of *Chlorella* sp. for coating 'tommy atkins' mango fruits stored under refrigeration. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p. 565-572, 2018c.

OLIVEIRA, Á. M. F. de; ROCHA, R. H. C.; GUEDES, W. A.; FURTUNATO, T. C. de S.; LIMA, J. F. de. Postharvest conservation of 'Tommy Atkins' mango with bio-organic coating of *Chlorella* sp. **Científica, Jaboticabal**, v.46, n.1, p.8-16, 2018d.

OLIVEIRA, A. S. L. de. **Trocas gasosas e crescimento de *Atriplex nummularia* Lindl irrigada com água proveniente de rejeito salino**. 86 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, PE, 2017.

OLIVEIRA, D. L. de. **Impactos do crescimento populacional sobre a produção agrícola de alimentos e demanda dos fatores primários de produção: uma abordagem de blocos econômicos**. 186 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2017.

OLIVEIRA, L. M. de; OLIVEIRA, Á. M. F. de; ARAÚJO, R. H. C. R.; DIAS, G. A.; TEODÓSIO, A. E. M. de M.; LIMA, J. F. de; BARBOSA, L. da S.; GUEDES, W. A. *Spirulina platensis* coating for the conservation of pomegranate. **AIMS Agriculture and Food**, v.5, n.1, p.76–85, 2020.

ONIAS, E. A.; TEODOSIO, A. E. M. M.; BOMFIM, M. P.; ROCHA, R. H. C.; LIMA, J. F.; MEDEIROS, M. L. S. Revestimento biodegradável à base de *Spirulina platensis* na conservação pós-colheita de goiaba Paluma mantidas sob diferentes temperaturas de armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 849-860, 2018.

ONIAS, E. A.; ROCHA, R. H. C.; LIMA, J. F. de.; ONIAS, E. A.; FURTUNATO, T. C. S de. Organic 'Tommy Atkins' mango postharvest quality when treated with biofilms enriched by *Spirulina platensis*. **Científica**, v.44, n.3, p.286-293, 2016.

ONIAS, E. A.; TEODOSIO, A. E. E. M.; BOMFIM, M. P.; ROCHA, R. H. C.; LIMA, J. F. de.; MEDEIROS, M. L. S. de. Revestimento biodegradável à base de *Spirulina platensis* na conservação pós-colheita de goiaba Paluma mantidas sob diferentes temperaturas de armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, v.41, n.3, p.849-860, 2018.

ORTENZIO, Y. T.; AMARAL, G. G. do.; ALMEIDA, S. S. dos.; OLIVEIRA, E. C. A. M. Cultivo de microalgas utilizando resíduos agroindustriais para a produção de biocombustíveis: perspectivas e desafios. **Bioenergia em revista: diálogos**, ano 5, n. 1, p. 58-65, 2015.

PACHECO, M. M.; HOELTZ M.; MORAES M. S.; SCHNEIDER. R. C. Microalgae: cultivation techniques and wastewater phycoremediation. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 50, n. 6, p. 585-601, 2015.

PADRÓN, I. L.; GONZÁLEZ, L. M.; DOMINGUEZ, G. P.; GUERRERO, Y. L.; VÁZQUEZ, M. N.; RODRIGUEZ, J. A. C. Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. **Cultura Tropical**, v.41 n.2, 2020.

PANTA, S.; FLOWER, T.; DOYLE, R.; LANE, P.; HAROS. G.; SHABALA, S. Growth responses of *Atriplex lentiformis* and *Medicago arborea* in three soil types treated with saline water irrigation. **Environmental and Experimental Botany**, v. 128, p. 39-50, 2016.

PAPADAKI, S.; KYRIAKOPOULOU, K.; TZOVENIS, I.; KROKIDA, M. Impacto ambiental da recuperação de ficocianina de *Spirulina platensis* cyanobacterium. **Ciência Alimentar Inovadora e Tecnologias Emergentes**, v.44: 217-231. 2017.

PEREIRA, C. M. P.; HOBUSS, C. B.; MACIEL, J. V.; FERREIRA, L. R.; DEL PINO, F. B.; MESKO, M. F. Biodiesel renovável derivado de microalgas: avanços e perspectivas tecnológicas. **Química Nova**, v.35, n.10, 2012.

PEREIRA, E. R. L. de.; ARAÚJO, V. B. S. da.; LIRA, E. B. de.; MORAIS, V. M. M.; SASSI. C. F. C. da.; FERNANDEZ, H. F.; MEDEIROS. M. B. de.; SASSI. R.; ATHAYDE-FILHO, P. F. de. Bioprospecção de espécies de microalgas regionais do Nordeste do Brasil para aplicação na produção de biocombustíveis. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v.7, n.16, p.809-833, 2020.

PÉREZ, A. H.; J. I. LABBÉ. Microalgas, cultivo y beneficios. **Revista De Biología Marina y Oceanografía**, v.49, n.2, pp.157-173, 2014.

PESHIN, R.; VASANTHAKUMAR, J.; KALRA, R. (2009). Diffusion of innovation theory and integrated pest management. In R. Peshin; R. K. Dhawan (Eds.), **Integrated pest management: Dissemination and impact**, (pp. 1-29). Dordrecht: Springer.

POVERO, G.; MEJIA, J. F.; DI TOMMASO, D.; PIAGGESI, A.; WARRIOR, P. Uma abordagem sistemática para descobrir e caracterizar bioestimulantes naturais de plantas. **Frontiers in Plant Science**, v.7, 435, 2016.

RAJA, R.; HEMAISWARYA, S.; RENGASAMY, R. Exploitation of *Dunaliella* for β -carotene production. **Applied Microbiology and Biotechnology**, 2007,74, 517–523.

RAMAKRISHNA, A.; DAYANANDA, C.; GIRIDHAR, P.; RAJASEKARAN, T.; RAVISHANKAR, G. A. O fotoperíodo influencia indolaminas endógenas em cultura da alga verde *Dunaliella bardawil*. **Indian Journal of Experimental Biology**, v.49, p.234–240, 2011.

RANA, S.; SIDDIQUI, S.; GOYAL, A. Extension of the shelf life of guava by individual packaging with cling and shrink films. **Journal of Food Science and Technology**, v.52, n.12, p.8148-8155, 2015.

RAWAT, I. R.; RANJITH-KUMAR, T.; MUTANDA, E. F. B. Função dupla das microalgas: Ficoremediação de águas residuais domésticas e produção de biomassa para a produção de biocombustíveis sustentáveis. **Applied Energy**, v.88, p.3411-3424, 2011.

REZENDE, D. B.; PASA, V. M. D. Tendências e oportunidades para pesquisas em biocombustíveis. **The Journal of Engineering and Exact Sciences - JCEC**, v.03, n. 03 p.561-572, 2017.

RIBEIRO, M. C. M. Ciência, tecnologia e inovação na agricultura: 25 anos de cooperação internacional no Semiárido. **Parcerias Estratégicas**, v.21, n.42, p.137-162, 2016.

ROCHA, R. H. C.; LIMA, J. F. de; FURTUNATO, T. C. de S.; MEDEIROS JUNIOR, F. J. de; GUEDES, W. A.; ALMEIDA, R. S. de. Biomass and physiology of papaya seedlings produced under leaf fertilization with *Spirulina platensis*. **Científica**, Jaboticabal, v.45, n.4, p.398-405, 2017.

SAATH, K. C. de O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.56, n.2, p.195–212, 2018.

SAFI, C.; ZEBIB, B.; MERAH, O.; PIERRE-YVES, P.; VACA-GARCIA, C. Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.35, p.265–278. 2014.

SANTOS, P. V. S.; ARAÚJO, M. A. de. A importância da inovação aplicada ao agronegócio: uma revisão. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, v.5, n.7, p.31-47, 2017.

SCHMITZ, R.; MAGRO, C. D.; COLLA, L. M. Aplicações ambientais de microalgas. **Revista CIATEC – UPF**, v.4, n.1, p.48-60, 2012.

SEIDLER, E. P.; FRITZ FILHO, L. F. A evolução da agricultura e o impacto gerado pelos processos de inovação: um estudo de caso no município de Coxilha-RS. **Econ. e Desenv.**, v.28, n.1, p.388 - 409, 2016.

SILVA, D. S. O. e; NÓBREGA, J. S.; ROCHA, R. H. C.; ARAÚJO, J. L.; GUEDES, W. A.; LIMA, J. F. de. Produção, aspectos nutricionais e fisiológicos de alface sob adubação foliar com *Spirulina platensis*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.12, n.1, p.41-47, 2017a.

SILVA, D. S. O. e; ROCHA, R. H. C.; NÓBREGA, J. da S.; DIAS, G. A.; LIMA, J. F. de; GUEDES, W. A. Post-harvest quality of lettuce cv. Elba in relation to *Spirulina platensis* foliar applications. **Científica**, v.45, n.2, p.162-168, 2017b.

SILVA, J.; ALVES, C.; PINTEUS, S.; REBOLEIRA, J.; PEDROSA, R.; BERNADINO, S. *Chlorella*. **Nonvitamin And Nonmineral Nutritional Supplements**, v. 1, n. 1, p.187-193, 2019.

SILVEIRA, E. O.; WINK, M.; ZAPPE, A. L.; KIST, L. T.; MACHADO, E. L. Sistema integrado com microalgas e wetland construído de fluxo vertical no tratamento de efluentes urbanos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.24, n.2, p.305-313, 2019.

SINGH, A.; OLSEN, S. I. A critical review of biochemical conversion, sustainability and life cycle assessment of algal biofuels. **Applied Energy**, v.88, n.10, p.3548-3555, 2011.

SONI, R. A.; SUDHAKAR, K.; RANA, R. S. *Spirulina* - Do crescimento ao produto nutricional: Uma revisão. **Tendências em ciência e tecnologia de alimentos**, v.69, p.157-71, 2017.

SPOEHR, H. A.; MILNER, H. W. The Chemical composition of *Chlorella* effect of environmental conditions. **Plant Physiology**, v.24, p.120–149, 1949.

SPOLAORE, P. C.; JOANNIS-CASSAN, E. D.; ISAMBERT, A. Commercial applications of microalgae. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v.101, n.2, p.87-96, 2006.

SZNITOWSKI, A. M. Fontes de conhecimento/tecnologia para o agronegócio da soja em Mato Grosso. **Revista Unemat de Contabilidade**, v.6, n.11, 2017.

TAFRESHI, A. H.; SHARIATI, M. *Dunaliella* biotechnology: Methods and applications. **Journal of Applied Microbiology**, v.107, p.14–35, 2009.

TEODOSIO, A. E. M. de M.; ARAUJO, R. H. C. R.; LIMA, J. F. de; ONIAS, E. A.; FERREIRA, A. P. N.; SANTOS, B. G. F. L.; RODRIGUES, M. H. B. S.; OLIVEIRA, L. M. de; OLIVEIRA, Á. M. F. de; MEDEIROS, M. L. da S.; SILVA, K. G. de. Effect of the Biodegradable Coatings the Base on Microalgae and Oil of the Seed of the

Pomegranate in the Conservation Post-Harvest of the Papaya 'Golden'. **Journal of Agricultural Science**, v.10, n.10; p.367-377, 2018.

TEODOSIO, A. E. M. de M.; ARAÚJO, R. H. C. R.; SANTOS, B. G. F. L.; LINNÉ, J. A.; SILVA, K. G. da; GOMES, F. A. L.; SOUZA, G. L. F. de; LIMA, J. F. de. Analysis of bioactive compounds in umbu (*Spondias tuberosa*) by application of edible coating based on *Chlorella* sp during storage. **Food Science and Technology**, v.40, n.3, p.756-760, 2020.

TEODÓSIO, A. A. M. M. de.; ARAÚJO, R. H. C. R.; SANTOS, B. G. F. L.; LINNÉ, J. A.; MEDEIROS, M. L. S. da.; ONIAS, E. A.; MORAIS, F. A. de.; SILVA, S. M. de.; LIMA, J. F. de. Effects of edible coatings of *Chlorella* sp. containing pomegranate seed oil on quality of *Spondias tuberosa* fruit during cold storage. **Food Chemistry**, v.338, p.127916, 2021.

UNITED NATIONS, 2014. **Concise Report on the World population situation in 2014**. Department of Economic and Social Affairs Population Division, ST/ESA/SER.A/354, United Nations, New York, NY 10017, USA. Disponível em:<<http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/index.shtml>>. Acesso em: 15 out. 2016.

URSU, A. V; MARCATI, A.; SAYD, T.; SANTE-LHOUTELLIER, V.; DJELVEH, G.; MICHAUD, P. Extração, fracionamento e propriedades funcionais de proteínas da microalga *Chlorella vulgaris*. **Tecnologia Bioresource**. v. 157, p. 134-139, 2014.

VAN DEN HENDE, S.; VERVAEREN, H.; DESMET, S.; BOON, N. Bioflocculation of microalgae and bacteria combined with flue gas to improve sewage treatment. **New Biotechnology**, v. 29, n. 1, p. 23-31, 2011.

VIEGAS, C. V.; HACHEMI, I.; MAKI-ARVELA, P.; SMEDS, A.; AHO, A.; FREITAS, S. P.; GREGÔNIO, C. M. S.; CARBONETTI, G.; PEURLA, M.; PARANKO, J.; KUMAR, N.; DONATO, A. G. A.; MURZIN, D. Y. Algal products beyond lipids: Comprehensive characterization of different products in direct saponification of green alga *Chlorella* sp. **Algal Research**, v. 11, n. 5, p. 156-164, 2015.

VIGANI, M.; PARISI, C.; RODRÍGUEZ-CEREZO, E.; BARBOSA, M. J.; SIJTSMA, L.; PLOEG, M.; ENZING, C. Food and feed products from micro-algae: Market opportunities and challenges for the EU. **Trends in Food Science & Technology**, v. 42, n. 1, p. 81-92, 2015.

WUANG, S. C.; KHIN, M. C.; CHUA, P. Q. D.; LUO, Y. D. Uso da biomassa de *Espirulina* produzida a partir do tratamento de águas residuárias da aquicultura como fertilizantes agrícolas. **Pesquisa de algas**, v.15, p.59-64, 2016.

YE, Z.; JIANG, J.; WU, G. Biossíntese e regulação dos carotenoides em *Dunaliella* : progressos e perspectivas. **Biotechnology Advances**, v.26, p.352-360, 2008.

ZHAO, Y. Edible coatings for extending shelf-life of fresh produce during postharvest storage. **Encyclopedia of food security and sustainability**, v. 2, n. 1, p. 506-510, 2019.

ZHU, A.; GUO, J.; NI, B. J.; WANG, S.; YANG, Q.; PENG, Y. Um novo protocolo para calibração de modelo no tratamento biológico de águas residuais. **Science Rep.**, v.5, p. 84-93, 2015.