

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
CURSO DE AGRONOMIA  
AGR 99006 – DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Tacielly Toledo Echert

00217563

*“Uso de extratos de alga na agricultura”*

PORTO ALEGRE

2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**USO DE EXTRATOS DE ALGA NA AGRICULTURA**

**Tacielly Toledo Echert**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação  
apresentado à Faculdade de Agronomia da Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para  
obtenção do Grau de Engenheira Agrônoma

Supervisor de campo do Estágio: Marcelo Maraschin, Dr., *professor adjunto* do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Orientadora Acadêmica do Estágio: Magnólia Silva, Dr.<sup>a</sup>, Professora Adjunta do Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

**COMISSÃO DE AVALIAÇÃO**

Prof. Pedro Selbach – Coordenador.....Departamento de Solos  
Prof. Alexandre Kessler.....Departamento de Zootecnia  
Prof. Alberto Inda.....Departamento de Solos  
Prof Itamar Cristiano Nava.....Departamento de Plantas de Lavoura  
Profa. Carine Simioni.....Departamento Forrageiras e Agrometeorologia  
Prof. José Antônio Martinelli.....Departamento de Fitossanidade  
Prof. Sérgio Tomasini.....Departamento de Horticultura e Silvicultura

PORTO ALEGRE

2019

## AGRADECIMENTOS

Em tempos nos quais a educação sofre constantes ameaças sob gestão de um governo despreparado e que não defende o setor como um dos principais pilares de crescimento social, tenho plena consciência da minha posição privilegiada de ter recebido um ensino público de qualidade e gratuito em uma das melhores universidades federais do país; A Universidade Federal do Rio Grande do Sul me proporcionou não apenas uma formação profissional de excelência, mas também me possibilitou o crescimento pessoal, aguçando a infinita busca pelo conhecimento aliado à um senso socio-ambiental extremamente amplo; ainda, aproveito para agradecer a Universidade Federal de Santa Catarina, por expandir ainda mais meu campo de visão profissional e pelo acolhimento tão especial nos meses de estágio;

Ao longo dos anos de curso, tive o prazer de conhecer pessoas que tocaram a minha vida de alguma forma; dito isto, sou grata às garotas que conheci e tive a oportunidade de presenciar a transformação das mesmas em mulheres maravilhosas, as quais tenho muito orgulho de chamar de amigas; e aos poucos professores que realmente instigaram meu senso crítico e estimularam meu desenvolvimento acadêmico e social;

Agradeço aos meus amigos de vida, que se fizeram presentes ao decorrer dos anos e que tenho certeza que estarão comigo em muitas novas aventuras; em especial ao Vinicius Barbosa e Osmar Belusso, que mesmo em frente à desafios, sempre foram capazes de arrancar um riso fácil e sincero de mim, que cresceram e evoluíram comigo, sem nunca deixar a amizade se quebrar;

Aos meus amados Thomas e Béu, que alegram meus dias e por muitas vezes deixavam os momentos ruins menos pesados;

Sou grata ao meu irmão, Douglas Cavalheiro Echert (*in memoriam*), que mesmo não estando mais neste plano físico, estará sempre na minha memória e em parte de quem sou hoje;

E, finalmente, meu maior agradecimento é direcionado à minha querida e amada mãe, Bernadete Toledo, minha melhor amiga e meu maior exemplo de ser humano; muito obrigada pelos ensinamentos ao longo da minha vida, pela exímia educação que foi me passada e por sempre me incentivar a ser a melhor versão de mim; tenho total certeza que tudo que sou hoje, devo à essa mulher extraordinária que parece nunca cansar de superar desafios, sem perder a compostura e a personalidade amável; te amo infinitamente.

*Ao meu irmão, meu mano, que apesar de sua  
desencarnação brusca, sua luz em vida nunca será esquecida;  
Com muito amor, te dedico.*

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo o relato das atividades realizadas durante os meses de estágio obrigatório, no período de sete de janeiro a sete de março de 2019, totalizando 300 horas. No mesmo, foram abordados temáticas relacionados à busca de alternativas sustentáveis e com menor impacto possível ao meio ambiente, tendo em vista os danos que as atividades agrícolas podem acarretar. As tarefas e afazeres foram relacionados à pesquisa e análise de respostas e funções com o uso de extrato de algas marinhas em culturas hortícolas, com fins bioestimulantes. Ainda, houve aprofundamento em assuntos derivados da biotecnologia, como a produção de nanoencapsulados a partir destes extratos de algas juntamente com polissacarídeos, com finalidade de potencialização de desempenho para cultivos agrícolas.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Tratamentos e concentrações das soluções para teste de germinação de sementes de salsa submetidas à tratamentos com concentrações da SHiP diferentes..... **21**
- Tabela 2** - Amostras de mandioca (*Manihot esculenta*) recebidas da EMBRAPA Mandioca e Fruticultura para análise de concentração de pectina..... **24**

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 -</b>	Procedimentos de dispersão de biomassa de <i>Arthrospira platensis</i> .....	<b>17</b>
<b>Figura 2 –</b>	Solução hidrolisada de proteínas.....	<b>18</b>
<b>Figura 3 –</b>	Preparação de solução com nanoencapsulados, a base de biomassa de <i>Arthrospira platensis</i> .....	<b>19</b>
<b>Figura 4 –</b>	Dimensionamento de diâmetro médio e potencial zeta de partícula da SHiP.....	<b>20</b>
<b>Figura 5 –</b>	Preparação dos tratamentos para teste de germinação de sementes de salsa.....	<b>22</b>
<b>Figura 6 –</b>	Análise visual de germinação de sementes de salsa.....	<b>23</b>
<b>Figura 7 –</b>	Processos de purificação das amostras de mandioca.....	<b>25</b>
<b>Figura 8 –</b>	Etapas finais da extração de pectina da mandioca.....	<b>25</b>
<b>Figura 9 –</b>	Produtos finais das etapas de extração de pectina das amostras de mandioca.....	<b>26</b>
<b>Figura 10 –</b>	Porcentagem de germinação de sementes de salsa ( <i>Petroselinum crispum</i> ) tratadas com solução em nanopartículas do hidrolisado concentrações de 1%, 2% e 3%), e hidrolisado de biomassa seca da microalga <i>Arthrospira platensis</i> (concentrações de 1%, 2% e 3%) com tratamento branco com solução de quitosana (concentrações de 1%, 2% e 3%).....	<b>28</b>

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

<b>CELTA</b>	Centro Empresarial para Laboração de Tecnologia Avançadas
<b>CCA</b>	Centro de Ciências Agrárias
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<b>EPAGRI</b>	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
<b>IASC</b>	Instituto de Apicultura de Santa Catarina
<b>ISLA</b>	Importadora de Sementes Ltda
<b>LMVB</b>	Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal
<b>SHiP</b>	Solução Hidrolisada de Proteínas
<b>UFRGS</b>	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
<b>UFSC</b>	Universidade Federal de Santa Catarina

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICO E CENÁRIO AGRÍCOLA DE FLORIANÓPOLIS, SANTA CATARINA.....</b>	<b>10</b>
	Localização.....	10
	Cenário Agrícola de Florianópolis.....	10
<b>3.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES DE REALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DE ESTÁGIO .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2</b>	<b>Parque Cidade das Abelhas.....</b>	<b>12</b>
<b>3.3</b>	<b>NanoScoping.....</b>	<b>12</b>
<b>4.</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>12</b>
<b>4.1</b>	<b>Bioestimulantes.....</b>	<b>12</b>
<b>4.2</b>	<b>Uso de algas marinhas como bioestimulante na agricultura.....</b>	<b>13</b>
4.2.1	Microalgas.....	14
<b>4.3</b>	<b>Biotecnologia: nanotecnologia na agricultura.....</b>	<b>16</b>
<b>5.</b>	<b>ATIVIDADES REALIZADAS E METODOLOGIA DE ESTUDO REALIZADOS.....</b>	<b>16</b>
<b>5.1</b>	<b>Obtenção da solução hidrolisada de proteínas (SHiP).....</b>	<b>17</b>
<b>5.2</b>	<b>Determinação do tamanho de partícula e potencial zeta da SHiP...</b>	<b>19</b>
<b>5.3</b>	<b>Análise de germinação de sementes de salsaidades.....</b>	<b>19</b>
<b>5.4</b>	<b>Outras Atividades.....</b>	<b>20</b>
5.4.1	Extração de pectina.....	23
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>7.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>30</b>

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## 1. INTRODUÇÃO

A crise ambiental no setor agropecuário, no início deste novo milênio, é profunda e multifacetada (LOPES et al., 2009). Adversidades que envolvem questões sociais, econômicas e ambientais, se fazem cada vez mais presentes como consequências do agronegócio, tornando-se um importante objeto de estudo e pesquisa do ramo das ciências agrárias. Quando de forma errônea e demasiada, os processos produtivos agrícolas podem ocasionar resultados negativos intensos especialmente ao meio ambiente, tais como poluição e degradação de recursos naturais, bem como contaminação de alimentos produzidos, podendo apresentar riscos ao consumidor. A maior parte dos impactos agro-ambientais que conhecemos, atualmente, está intimamente relacionado com o modelo de Agricultura Moderna que foi disseminada com a Revolução Verde, baseando-se num padrão tecnológico de alto nível de utilização de insumos químicos, intenso uso de maquinário e a adoção de sementes melhoradas (HIRATA, 2002).

A agricultura depende diretamente do solo, água e dos ecossistemas que promovem a biodiversidade nos locais de produção e que, caso sejam danificados, resultam em decréscimo em número e qualidade da produção. Com isso, o uso de insumos químicos se torna uma das alternativas mais usadas para recompor a alta produtividade dos sistemas agrícolas. Porém, se utilizados de forma demasiada e com carência de técnicas adequadas, os insumos perdem seu viés funcional e se tornam grandes vilões, sendo que estes desempenham papel fundamental na degradação de agroecossistemas e exaustão de recursos naturais.

Apesar de grande parte dos personagens responsáveis pelo agronegócio atual ainda se mostrem resistentes a mudanças na forma de condução do setor produtivo, a busca pelo desenvolvimento agrícola aliado à uma agricultura com modelagem sustentável está cada vez mais se destacando como solução aos problemas acima discutidos. Com isso, é esperado que a demanda por produtos não agressivos ao meio ambiente e que são simultaneamente eficientes cresça, exigindo que o mercado invista na oferta de novos rótulos de cunho biológico. Uma alternativa para maximizar sustentavelmente produções agrícolas é o uso de bioativos naturais, tendo como base de produção os microrganismos, extratos e compostos fitoquímicos (COSTA et al., 2014). Para tal, é imprescindível que o conhecimento aliado a pesquisa acerca do assunto se torne ainda mais presente, investigando novas formas de substituição para fórmulas químicas e sintéticas. Neste cenário, o uso de bioativos naturais bioestimulantes se torna uma possibilidade bastante expressiva, sendo um método já usado na agricultura, principalmente com cunho orgânico.

Uma planta bioestimulante é qualquer substância natural que melhoram a eficiência nutricional, as respostas aos estresses abióticos, a produtividade e qualidade dos cultivos, sem levar em conta o seu conteúdo de nutrientes. (du Jardim, 2015). Segundo Kauffman et al. (2007), “os bioestimulantes estão disponíveis em uma variedade de formulações e com ingredientes variados, mas geralmente são classificados em três grupos principais com base em sua fonte e conteúdo. Esses grupos incluem substâncias húmicas (HS), produtos contendo hormônios (HCP) e produtos contendo aminoácidos (AACP). Os HCPs, como extratos de algas marinhas, contêm quantidades identificáveis de substâncias ativas para o crescimento de plantas, como auxinas, citocininas ou seus derivados. Atualmente as algas são usadas nas formas secas ou de extratos, comercializadas à nível mundial como bioestimulantes e/ou como fertilizantes (COSTA et al., 2014). Assim como os aminoácidos, o extrato de alga é considerado aditivo pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e tem seu uso aprovado em fertilizantes, em geral como estabilizante da formulação (RODRIGUES, 2008). A aplicação do extrato de algas marinhas tem sido alvo de vários estudos (TEIXEIRA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2011.), apresentando grande potencial e ótimos resultados na produção de mudas de qualidade.

Embora os efeitos benéficos da utilização de biofertilizantes estejam sendo comprovados em inúmeras culturas, sua utilização na agricultura ainda é bastante divergente, o que faz com que a necessidade do desenvolvimento de novas pesquisas na área seja fundamental. Dentro deste contexto, foram realizadas e/ou acompanhadas atividades práticas, teóricas e de pesquisa relacionadas ao uso de algas como bioestimulante vegetal na agricultura, como forma de estágio curricular obrigatório de conclusão de curso de agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O estágio obrigatório foi realizado no Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal (LMBV) do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias (CCA), pertencente à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), situada no bairro Itacorubi, Florianópolis, Santa Catarina, durante o período de sete de janeiro a sete de março de 2019. As atividades que envolveram o estágio foram supervisionadas pelo Prof. Dr. Marcelo Maraschin, supervisor do LMBV e Incubadora de Agronegócios e professor titular da UFSC.

## **2. CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICO E CENÁRIO AGRÍCOLA DE FLORIANÓPOLIS, SANTA CATARINA**

### **2.1. Localização**

A cidade de Florianópolis, capital do Estado de Santa Catarina, sede catarinense desde 1739, é o segundo município mais populoso do Estado, ficando atrás apenas de Joinville (IBGE, 2018). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011), Florianópolis está localizada no lado leste do Estado de Santa Catarina, na latitude  $-27^{\circ}35'49''$  e longitude  $-48^{\circ}32'56''$ . O município é composto por uma parte insular, a ilha principal de Santa Catarina, pela parte continental e ainda conta com algumas pequenas ilhas. A capital catarinense possui uma área territorial de 675,410 km<sup>2</sup>, sua população, de acordo com estimativas do IBGE para 2018, é de 492.997 pessoas, possuindo uma densidade demográfica de 623,68hab/km<sup>2</sup>. O município possui um IDH de 0,847, ficando em terceiro lugar no ranking das cidades brasileiras (ONU, 2015) e o coeficiente de Gini é de 0,40 (IBGE, 2003). No que diz respeito à economia, Florianópolis a sua região metropolitana destacam-se nos setores de tecnologia, turismo, serviços e construção civil (SEF, s/d).

### **2.2 Cenário Agrícola de Florianópolis**

Santa Catarina possui 6,2 milhões de habitantes, dos quais cerca de 16% (992 mil) vivem no meio rural, conforme o último censo (IBGE, 2010). Na capital catarinense, o percentual de trabalhadores da área agrícola é ainda menor e, segundo Reis (2010), desde a década de 70, período que marca a intensificação da difusão urbana e turística, a agricultura encontrou plena decadência no interior insular. Todavia, ainda há áreas rurais de cultivo em Florianópolis, que ficam restritos à bairros ao norte da ilha como Ratoles, Rio Vermelho e Vagem Pequena, e na porção sul em Caieira da Barra do Sul, Costa de Cima e Sertão do Peri. Em termos agropecuários, a capital ainda apresenta forte atividades relacionadas à pesca, destacando-se nacionalmente em pesquisa e produção aquícola, em especial no setor ostreicultor. Assim como em outras capitais do país, encontramos na cidade de Florianópolis uma diversidade de tipos de agriculturas, que se caracterizam desde quintais produtivos, destinados ao consumo familiar e a troca de produtos, hortas comunitárias e escolares, canteiros de ervas e espécies medicinais em centros de saúde, até a produção destinada ao comércio (GELBCKE, 2017).

### **3. CARACTERIZAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES DE REALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DE ESTÁGIO**

As atividades que envolveram o Estágio Obrigatório foram realizadas em três diferentes núcleos de pesquisa, sendo dois deles pertencentes à UFSC e o terceiro uma empresa de desenvolvimento nanotecnológico. A utilização destes espaços foi de acordo com as necessidades e especificações dos bioensaios, assim como a disponibilidade dos equipamentos e instrumentos tecnológicos exigidas para condução dos experimentos.

#### **3.1 Laboratório de morfogênese e bioquímica vegetal – LMBV**

O Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal, que tem como supervisor o Professor Marcelo Maraschin, é vinculado aos programas de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Recursos Genéticos Vegetais e Biotecnologia e Biociências, pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O LMBV tem como finalidade a produção de conteúdo científico e tecnológico, a difusão do conhecimento gerado e a inovação de metodologias, sendo sede de trabalho para pesquisadores de áreas profissionais diversas. Mesmo estando localizado no CCA, o laboratório conta com estudantes de pós-graduação de inúmeros cursos além da Agronomia, como Biologia, Oceanografia e Farmácia, com a finalidade comum de promover o desenvolvimento de conhecimento que irá impactar benéficamente a sociedade, priorizando componentes naturais para tal feito. As linhas de pesquisas que estão atualmente em andamento no LMBV envolvem desde manipulação de fármacos oriundos de componentes bioativos, conservação de algas e sua aplicação na agricultura.

#### **3.2 Parque Cidade das Abelhas**

A Cidade das Abelhas é uma área que foi fundada na década de 70 como sede de projetos envolvendo desenvolvimento tecnológico e extensão sobre apicultura, organizados pelo Instituto de Apicultura de Santa Catarina (IASC), e posteriormente gerido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), até o ano de 2005, quando a empresa decidiu suspender os investimentos, gerando um total abandono na área. Em dezembro de 2011, o contrato de cessão ao uso da terra pertencente ao governo do estado chegou ao fim e com isso a UFSC assume a gestão do local. No momento atual, são ministradas algumas disciplinas dos cursos de graduação de Agronomia e Zootecnia na Cidade das Abelhas, além de possuir um Laboratório de Nanotecnologia, coordenado pelo Professor Marcelo

Maraschin. Os testes de dimensão da partícula dos nanoencapsulados, com o equipamento Zetasizer foram realizados neste local.

### **3.3 Empresa NanoScoping**

A Empresa NanoScoping, criada em 2014, está localizada no Centro Empresarial para Laboração de Tecnologias Avançadas (CELTA), em Florianópolis. A empresa tem foco na área de nanotecnologia, desenvolvendo produtos e insumos com tecnologias avançadas, priorizando sempre a eficiência. Os produtos desenvolvidos pela empresa são elaborados usando tecnologia verde, com seleção de ingredientes biocompatíveis e biodegradáveis, visando a redução dos impactos gerados pelos recursos tecnológicos ao meio ambiente. A NanoScoping conta com uma equipe altamente qualificada, com mais de 10 anos de experiência em nanotecnologia, e ainda com a importante parceria da Universidade Federal de Santa Catarina (NanoScoping, n/d). O trabalho executado na empresa foi relacionado à produção das nanoemulsões e soluções que participaram do teste de germinação de sementes.

## **4. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **4.1 Bioestimulantes**

Os bioestimulantes são a mistura de duas ou mais substâncias, podendo ser de origem natural ou sintética, que podem ser aplicadas em sementes, plantas e solos, tendo como resposta alterações nos sistemas morfológicos, fisiológicos em processos vitais e estruturais. Estes compostos atuam de forma semelhantes a hormônios vegetais, visando aumentar características como produtividade e a qualidade vegetal (CASTRO e VIEIRA, 2011; AVILA et al., 2008). O método de aplicação dos biostimulantes influencia a forma de absorção dos mesmos pela planta, podendo ser utilizado na forma de pulverização foliar, irrigação, tratamentos de sementes ou no substrato, também sendo possível a combinação de duas ou mais formas de uso (MACKINNON et al., 2010).

Segundo DOURADO et al (2004), o maior aproveitamento dos bioestimulantes acontece quando os mesmos são aplicados em sementes ou na fase inicial de desenvolvimento da cultura, desta forma, é observado maior crescimento a nível radicular e assim, garantindo melhor resistência a estresses e distúrbios bióticos e biológicos. Também, a aplicação de produtos com ação bioestimulante nestas fases fisiológicas originam indivíduos mais vigorosos,

apresentando maiores rendimento em massa seca, comprimento superior da parte aérea e maior percentual de emergência (SANTOS e VIEIRA, 2005).

#### **4.2 Uso de algas marinhas como bioestimulante na agricultura**

A utilização de compostos biológicos a base de organismos naturais como, por exemplo, as algas marinhas, vem apresentando crescimento expressivo nos últimos anos no setor agrícola. O uso destes organismos marinhos está sendo empregado na agricultura, dentre outros atributos, por sua capacidade bioestimulante, que, como visto anteriormente, podem ser definidos por produtos que devido sua composição, concentração e proporção de componentes possuem a capacidade de incrementar o desenvolvimento vegetal e sua produtividade (CASTRO, 2006).

As algas marinhas são consideradas como plantas fotossintéticas, clorofiladas e com pigmentos acessórios em sua composição, por não apresentar um talo diferenciado em raiz, caule ou folhas, não vascularizadas e, capazes de sintetizar as substâncias orgânicas necessárias ao seu metabolismo (VOLESKY, 1990; MOREIRA, 2007; HORTA, 2000; CABRAL, 2012). Estes organismos combinam propriedades de plantas superiores, como a autotrofia, juntamente com a eficiente fotossíntese aeróbica e a demanda de forma mais simples de nutrientes, o crescimento rápido em cultura líquida e a capacidade de produzir e/ou armazenar metabólitos (FONSCECA, 2016). Por estas características, constituem em uma das matérias-primas com grande potencial a nível da biotecnologia, devido aos vários benefícios que aportam aos organismos vivos e da sua elevada taxa e facilidade de crescimento, garantindo uma grande aplicabilidade à escala industrial (CAMPOS *et al.*, 2007). Na agricultura, produtos de origem natural originados a partir do extrato da biomassa de algas marinhas tem sido utilizados como bioestimulantes em diversas culturas de importância agrícola, sendo que, por exemplo, na Europa é frequente o uso de produtos comerciais à base de extrato de alga para aplicações foliares ou no solo, especialmente na agricultura orgânica (MASNY *et al.*, 2004; ANDERSON *et al.*, 1987).

Como já abordado, a busca por alimentos provenientes de sistemas de produção sustentáveis é uma tendência que vem se fortalecendo e sendo consolidada mundialmente (KOYAMA *et al.*, 2012). A utilização de extratos de algas tem aumentado principalmente por ser uma alternativa ao uso de fertilizantes e por apresentar características que tornam o uso destes bioativos naturais ecologicamente correta (CRAIGIE, 2011; JAYARAMAN *et al.*, 2011; KUMAR *et al.*, 2011). No Brasil, o uso do extrato de alga na agricultura é regulamentado pelo Decreto número 4.954 enquadrado como agente complexante em formulações de fertilizantes

para aplicação foliar e fertirrigação (NORRIE, 2008), na Instrução Normativa 46, de 6 de outubro de 2011, que tem a seguinte definição (BRASIL, 2011):

Biofertilizantes são definidos como sendo produtos que contém componentes ativos ou agentes biológicos, capazes de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, melhorando o desempenho do sistema de produção, sendo também isentos de substâncias proibidas pela regulamentação de orgânicos.

Na agricultura, observa-se uma crescente demanda no uso de produtos de procedência biológica e natural por resultados obtidos como aumento de absorção de água e nutrientes pelas plantas, bem como sua resistência aos estresses hídricos e aos efeitos residuais de herbicidas no solo (RUSSO e BERLIN, 1992). Muitos dos efeitos favoráveis dos bioestimulantes são constatados por sua habilidade de influência na atividade hormonal das plantas, que é o grande responsável pela regulação do desenvolvimento normal da planta, assim como expressar potencial de resposta frente à características ambientais de onde se encontram (LONG, 2006). Com o uso do extrato de algas, há relatos de diversos efeitos benéficos em plantas, tais como precocidade na germinação e no estabelecimento de sementes, melhorias no desempenho vegetal e na produção de massa seca, assim como a elevada resistência a estresses bióticos e abióticos (ZHANG & ERVIN, 2008; CRAIGIE, 2011; JAYARAMAN et al., 2011; KUMAR & SAHOO, 2011). Os extratos algais são considerados como agentes que diminuem o estresse da planta exposta a condições ambientais adversas, aumentando sua tolerância e melhorando a capacidade de recuperação do estresse (ZHANG et al., 2002; NAIR et al., 2011).

#### 4.2.1 Microalgas

Devido à identificação das várias substâncias sintetizadas pelas microalgas, estes organismos marinhos apresentam-se como possuidor de elevado potencial biotecnológico, atraindo o interesse de inúmeras áreas da pesquisa científica (ÖRDÖG et al., 2004). A biotecnologia em conjunto ao cultivo das microalgas tem sido impulsionada favoravelmente e apresentado crescente importância nos últimos anos, principalmente devido a utilização da biomassa no setor alimentício, a obtenção de produtos tecnológicos de alto valor econômico e também suas possibilidades de aplicações ecológicas (MOREIRA, 2015). Muitas microalgas são utilizadas para a produção de alimentos, por produzirem diversas substâncias como vitaminas, sais minerais, pigmentos, lipídios e ácidos graxos (MORAIS; COSTA, 2008).

A *Arthrospira platensis*, por exemplo, é uma espécie rica em proteínas (SABOYA, 2010) e, dependendo das condições de cultivo, sua matéria seca pode conter de 65 a 71% deste conteúdo protéico, contendo todos os oito dos nove aminoácidos essenciais aos seres humanos (MOREIRA, 2015), sendo por estas razões, bastante utilizada na área alimentícia como suplemento alimentar. Outras aplicações envolvem o tratamento das águas residuais de processos industriais, a detoxificação biológica e remoção de metais pesados, a biorremediação do solo e a produção de biocombustíveis (DERNER et al., 2006; GAMAL, 2010). Ainda entre as inúmeras aplicações das microalgas, a produção de biofertilizantes oriundas deste material também deve ser considerada, pois, além dos lipídeos, há produção de proteínas, aminoácidos, carboidratos e até mesmo os fitohormônios para seu desenvolvimento, tais como auxinas, citocininas e poliaminas (BECKER, 2007; TARAKHOVSKAYA et al., 2007; JOHN et al., 2011; RAZEGHIFARD, 2013).

Segundo Oliveira et al. (2013), que no seu experimento utilizando a microalga *Spirulina* na cultura da beterraba, constatou que a massa fresca e seca do hipocótilo e seu diâmetro de expansão apresentaram diferenças significativas, maiores que 60%, quando administrado o extrato de microalga em comparação ao desenvolvimento do tratamento testemunha. Também, foi observado quase o dobro do valor dos diâmetros do hipocótilo quando aplicado a microalga em comparação à testemunha. Estes resultados obtidos por Oliveira et al. (2013) expressam o potencial de produção de moléculas bioativas encontradas nas microalgas, tais como proteínas e carboidratos (DERNER et al., 2006), favorecendo o crescimento e desenvolvimento vegetal (PIJAL, 2009).

Atualmente, a microalga *Arthrospira platensis* já vem sendo usada como biofertilizante na agricultura, favorecendo o crescimento e desenvolvimento dos vegetais (Kulshreshtha et al., 2008). A *A. platensis*, também conhecida como spirulina, é uma das fontes proteicas mais abundantes, apresentando conteúdo superior ao de carnes e peixes e também ao da soja. Aproximadamente 74% da massa seca da spirulina é composta por proteína, podendo variar este valor conforme a espécie e condição de desenvolvimento da microalga (COHEN, 1997), sendo observados em maior quantidade as ficocianinas e biliproteínas, que participam de reações bioquímicas da fotossíntese e servem como reservatórios de nitrogênio (CIFERRI, 1983).

A spirulina, recentemente reclassificada como *Arthrospira*, apresenta característica de se desenvolver nos mais diversos meios, especialmente em ambientes salinos e alcalinos, se tornando viável o seu cultivo em meio líquido em terras não-produtivas. O consumo de água da

microalga em questão é consideravelmente baixo, realizando fotossíntese e convertendo nutrientes do meio para seu consumo e liberando oxigênio (AMBROSI et al., 2008; DERNER et al., 2006; BERTOLIN et al., 2005; COSTA et al., 2003).

#### **4.3 Biotecnologia: nanotecnologia na agricultura**

A biotecnologia, atualmente, tem sido aplicada em diversas áreas, inclusive na agricultura, e está cada vez mais sendo utilizada nas áreas alimentícia, de embalagens, dentre outras (FREITAS e MARCHETTI, 2005; KAWASAKI e PLAYER, 2005; SIEGRIST et al., 2007; EZHILARASI et al., 2013). O termo "nano" refere-se a uma magnitude de 1 a 1000 nm (QUINTANILLA-CARVAJAL et al., 2010), ou seja, partículas reduzidas a escala de dimensões “nano”. Esta tecnologia diz respeito à manipulação da matéria em escala nanométrica objetivando a criação de novos materiais e o desenvolvimento de novos produtos e processos (ASSUNÇÃO, 2016).

Recentemente, o uso de nanopartículas vem se destacando consideravelmente, devido a características específicas como aumento da solubilidade de compostos ativos, maior estabilidade e o aumento da absorção intracelular devido ao tamanho reduzido do particulado (SCHAFFAZICK et al., 2003; ANTON, 2008). Na agricultura, a nanotecnologia surge como uma alternativa promissora para minimizar perdas e otimizar resultados, principalmente em função do tamanho da partícula (RAI & INGLE, 2012), possuindo uma imensa área superficial (NEL et al., 2006).

### **5. ATIVIDADES REALIZADAS E METODOLOGIA DE ESTUDO REALIZADOS**

Ao longo do período de estágio obrigatório, realizou-se o acompanhamento e a execução de atividades inseridas no trabalho de pesquisa da aluna de doutorado do programa de pós-graduação em Biotecnologia e Biociências da UFSC, Deise Munaro. O projeto tem como título “Desenvolvimento e aplicação de bioestimulante nanoparticulado derivado de hidrolisado proteico da microalga *Arthrospira platensis*”, tendo como orientador o Prof. Dr. Marcelo Maraschin.

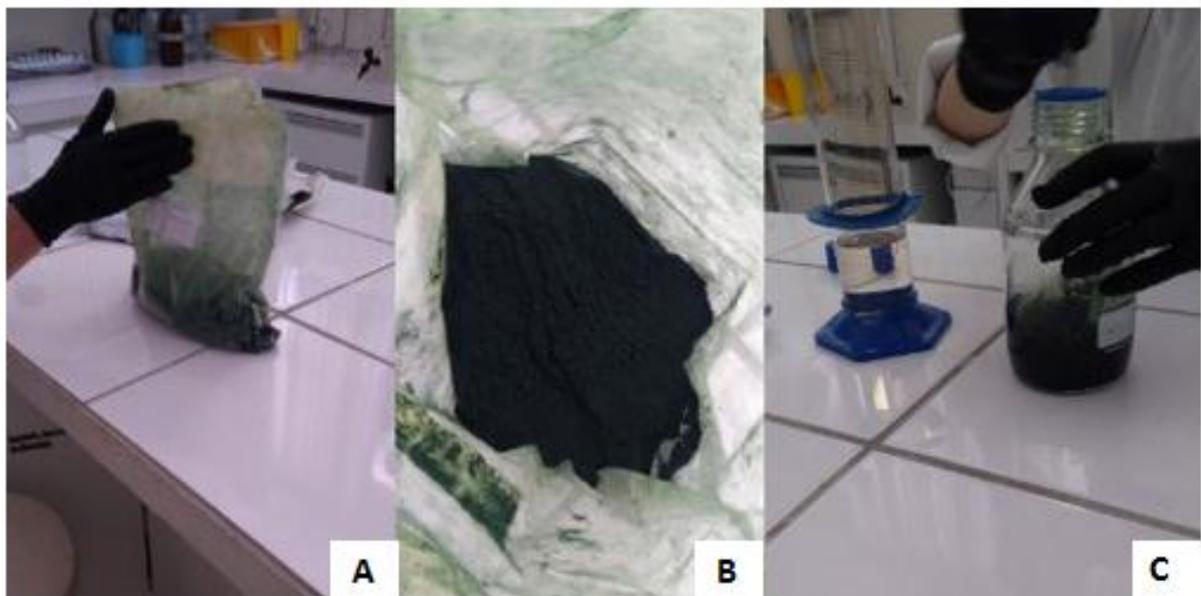
O trabalho supracitado objetivou o desenvolvimento de um produto nanotecnológico com ação bioestimulante e fitossanitária, a partir de hidrolisados proteicos de microalga *Arthrospira platensis*. Diante da limitação do tempo disponível para o estágio, houve o auxílio

e a condução de um número restrito das etapas descritas no projeto original. Procedimentos primordiais, como a obtenção da solução hidrolisada de proteínas (SHiP) de *Arthrospira platensis*, elaboração de nanoencapsulados através da SHiP, e a determinação do tamanho de partícula e potencial zeta da SHiP foram executados dentro do prazo do estágio. Ainda neste contexto, foi conduzido um pequeno experimento com finalidade de análise de germinação de sementes de salsa com aplicação de diferentes concentrações do hidrolisado. Estas atividades serão apresnetadas detalhadamente nos tópicos subsequentes.

### 5.1 Obtenção da solução hidrolisada de proteínas (SHiP)

Inicialmente, é importante salientar que, por motivos de requisição de patente do produto originado a partir das pesquisas seguindo a tese de doutorado acompanhada pela estagiária, as concentrações, dosagens e quantificações de soluções e produtos nas etapas de trabalho serão protegidas. Dito isto, a primeira etapa do projeto consiste em dispersão da biomassa de *Arthrospira platensis* em pó (formulação comercial fornecida por Galena Química e Farmacêutica Ltda) em solução de hidrólise ácida, apresentando ácido fosfórico, ácido láctico e água (Figura 1).

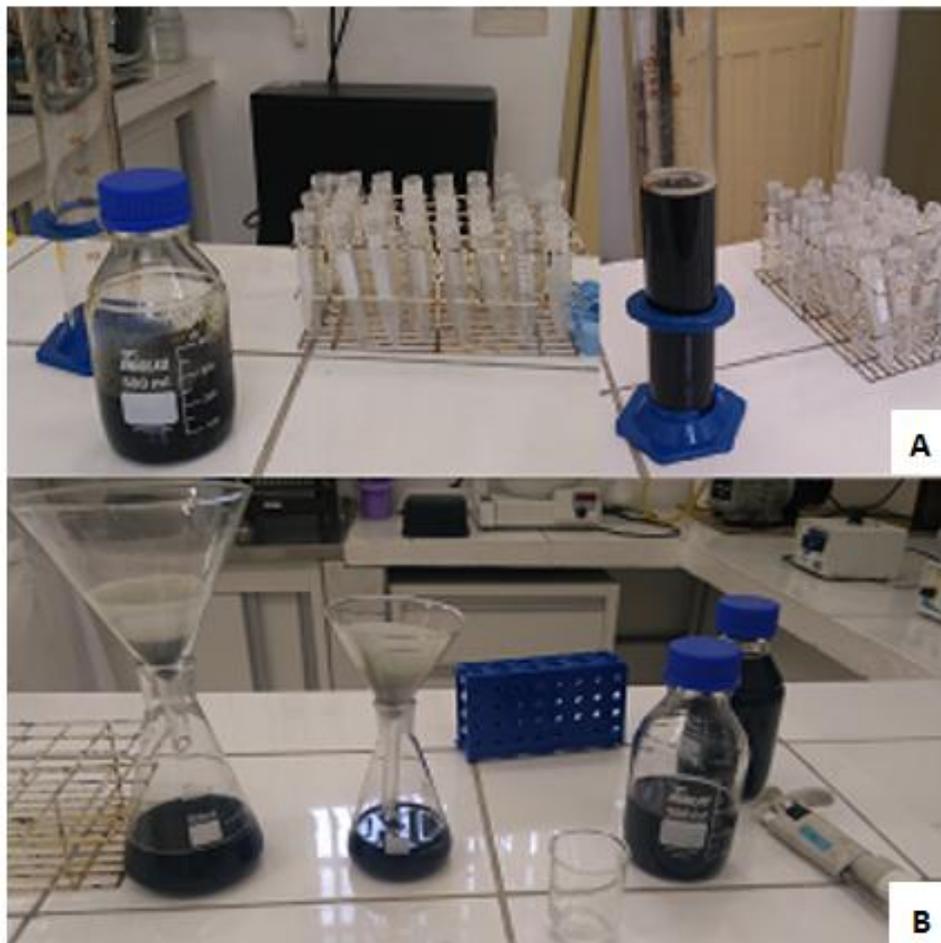
Figura 1 – Procedimentos de dispersão de biomassa de *Arthrospira platensis*. Imagem A e B: Formulação comercial em pó de *A. platensis*; Imagem C: Homogeneização de spirulina em solução de hidrólise ácida. LMBV - UFSC, Florianópolis, 2019.



Fonte: Autora

Para acessar as proteínas e solubilizá-las é preciso a ruptura celular da spirulina, sendo necessário que a solução seja processada em alta pressão e temperatura por vinte minutos. Após, o resultado com a solução de hidrólise de proteínas foi diluído em uma concentração de 1:10 e subsequentemente centrifugadas em tubos do tipo falcon por 10 minutos a 4000 rpm (Figura 2). Na solução, as proteínas foram separadas dos carboidratos e outros componentes via precipitação, sendo esta desprezada, e recolhidos apenas o sobrenadante oriundo da centrifugação. Por fim, a solução hidrolisada de proteínas (SHiP), sofreu filtragem com papel filtro qualitativo (gramatura de 80g/m<sup>2</sup>) e o produto resultante, armazenado para futuros testes (Figura 2).

Figura 2 – Solução hidrolisada de proteínas. Imagem A: Preparação da SHiP para centrifugação; Imagem B: Filtragem da SHiP para armazenagem. LMBV - UFSC, Florianópolis, 2019.



Fonte: Autora

## 5.2 Obtenção de nanoemulsões a partir da SHiP

Para a preparação do nanoencapsulado a base de biomassa de *Arthrospira platensis*, foi utilizado a SHiP obtida através do processo detalhado anteriormente, adicionado à um polissacarídeo (Figura 3). No presente caso, o biopolímero usado foi a quitosana (em quantidade protegida), encontrado no exoesqueleto de crustáceos. Também, foram preparadas soluções a base do aminoácido leucina, que foram usadas nas soluções utilizadas para o teste de germinação de sementes (discorrido em um tópico a seguir).

Figura 3 – Preparação de solução com nanoencapsulados, a base de biomassa de *Arthrospira platensis*. Imagem A: Adição de quitosana à SHiP; Imagem B: Detalhes das soluções utilizadas no nanoencapsulado: SHiP,, leucina e quitosana. Empresa NanoScoping - Florianópolis, 2019.



Fonte: Autora

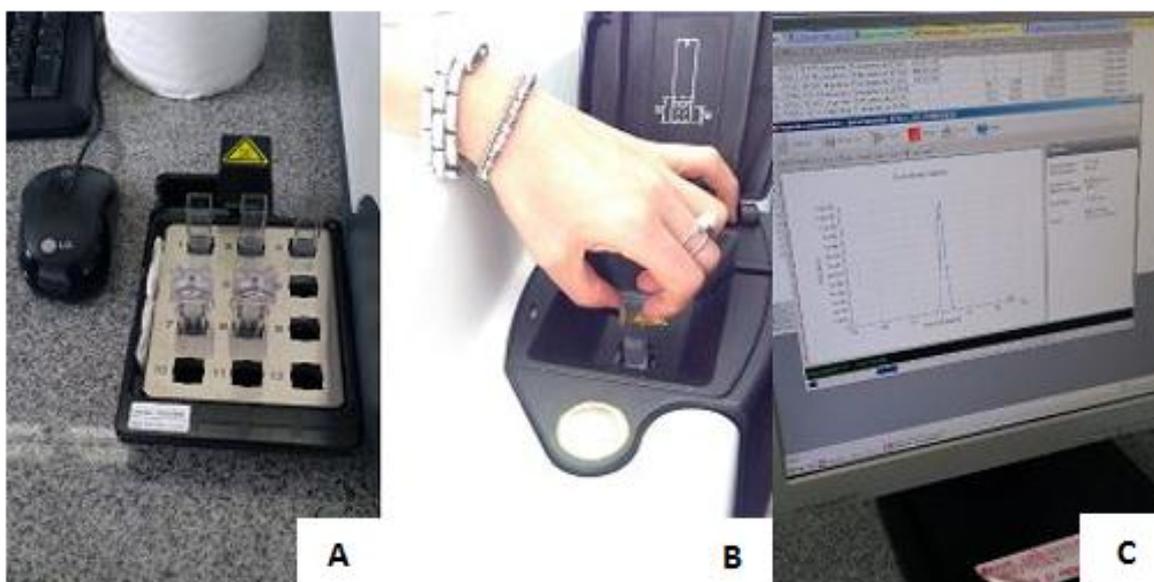
## 5.3 Determinação do tamanho de partícula e potencial zeta da SHiP

O nanoencapsulado se torna uma alternativa importante como produto comercial bioestimulante por razões relacionadas à preservação e estabilidade das moléculas, que em sua forma original, se torna menos viável pelas suas características intrínsecas e naturais. O conhecimento do tamanho da partícula zeta é de extrema importância para a formulação de nanoemulsões, pois influencia diretamente nas propriedades físico-químicas, cinética de liberação do composto e na biodistribuição. Assim, apresentando um controle maior no tamanho das estruturas, especialmente partículas em escala nano e de menores dimensões, que possuem capacidade de interagir mais facilmente com o composto de interesse durante determinada aplicação (Fontanive et al., 2014).

Na sequência, o diâmetro médio e potencial zeta foram determinados por espectroscopia de correlação fotônica e anemometria laser-Doppler, respectivamente, usando um Zetasizer

Nano Series (Figura 4). A determinação dos valores foi realizada a uma temperatura de 25 °C, após diluição 1:1 das amostras em água ultrapura tipo I.

Figura 4 – Dimensionamento de diâmetro médio e potencial zeta de partícula da SHiP. A e B: Uso do aparelho Zetasizer Nano Series nas medições; Imagem C: Gráfico gerado pela análise da SHiP. Parque Cidade das Abelhas - UFSC, Florianópolis, 2019.



Fonte: Autora

#### 5.4 Análise de germinação de sementes de salsa

Visando buscar resultados de ação da SHiP, foi realizado um experimento que teve como finalidade avaliar a germinação de sementes olerícolas submetidas à tratamentos com concentrações da SHiP diferentes. Foi escolhido para os testes a espécie *Petroselinum crispum*, conhecida popularmente como salsa, devido ao seu ciclo rápido. As sementes de salsa foram adquiridas através da empresa ISLA Sementes (Importadora de Sementes Ltda).

Foram testadas, conforme Tabela 1, além do controle, três tratamentos distintos, onde cada um era subdividido em três concentrações: solução 1% (1mL de produto completados por água destilada autoclavada até 100 mL), solução 2% (2mL de produto completados por água destilada autoclavada até 100 mL) e solução 3% (3mL de produto completados por água destilada autoclavada até 100 mL). As soluções depois de prontas foram armazenadas na geladeira.

Tabela 1 – Tratamentos e concentrações das soluções para teste de germinação de sementes de salsa submetidas à tratamentos com diferentes concentrações da SHiP. LMBV - UFSC, Florianópolis, 2019.

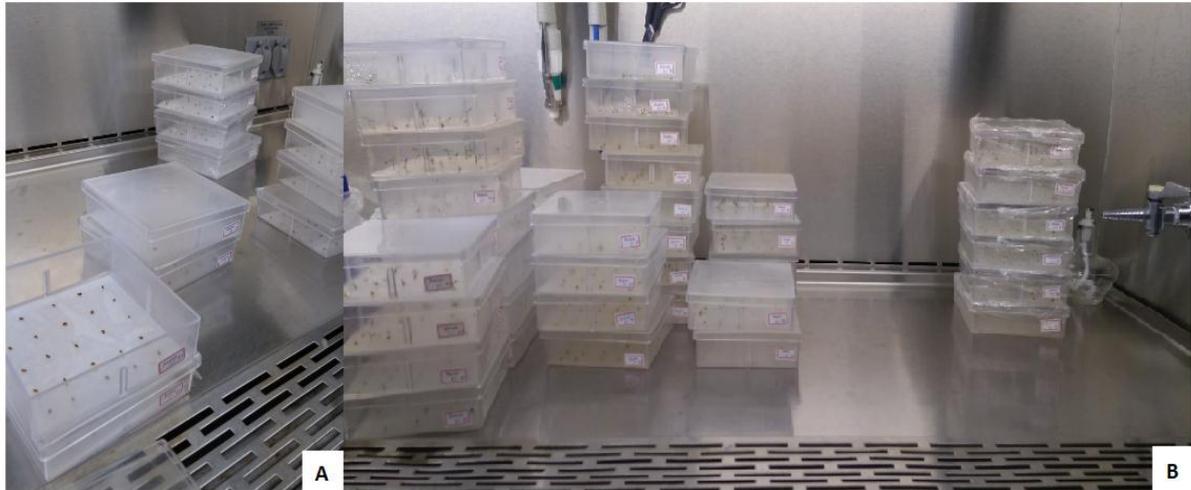
Concentrações	TRATAMENTOS			
	Hidrolisado	Nano-hidrolisado	Branco	Controle
<b>CONCENTRAÇÃO 1</b>	1%	1%	1%	H2O
<b>CONCENTRAÇÃO 2</b>	2%	2%	2%	H2O
<b>CONCENTRAÇÃO 3</b>	3%	3%	3%	H2O

Fonte: autora

O experimento foi conduzido em câmara higienizada no LMBV, no CCA-UFSC. As sementes foram dispostas em gerbox individualizadas por cada tratamento e concentração, contendo papel germitest. A solução distribuída nos tratamentos durante os testes foi calculada utilizando-se da relação volume-solução (mL) por peso do substrato (g), de 2 a 3 vezes a massa do papel, no caso o germitest, seguindo as normas do Manual de Regras para Análises de Sementes – RAS (Brasil, 2009). Todos os materiais utilizados nos testes foram esterilizados e, quando possível, por meio de autoclave, com o objetivo de diminuir riscos de contaminação e microrganismos no período de trabalho. Ainda, as sementes passaram por processo de desinfestação, onde as mesmas foram emergidas por 5 minutos em solução de 1% de hipoclorito de sódio comercial em água destilada, e posteriormente lavadas com água destilada estéril.

Para o teste de germinação, foram realizadas quatro repetições de cada tratamento, contendo 25 sementes em cada gerbox (Figura 5). O manuseio e manutenção dos tratamentos foram realizados no fluxo laminar, onde previamente o espaço era submetido por 15 minutos à luz UV. As bordaduras do gerbox foram vedados com plástico filme de PVC, afim de evitar perdas de umidade e possíveis contaminações com o meio externo.

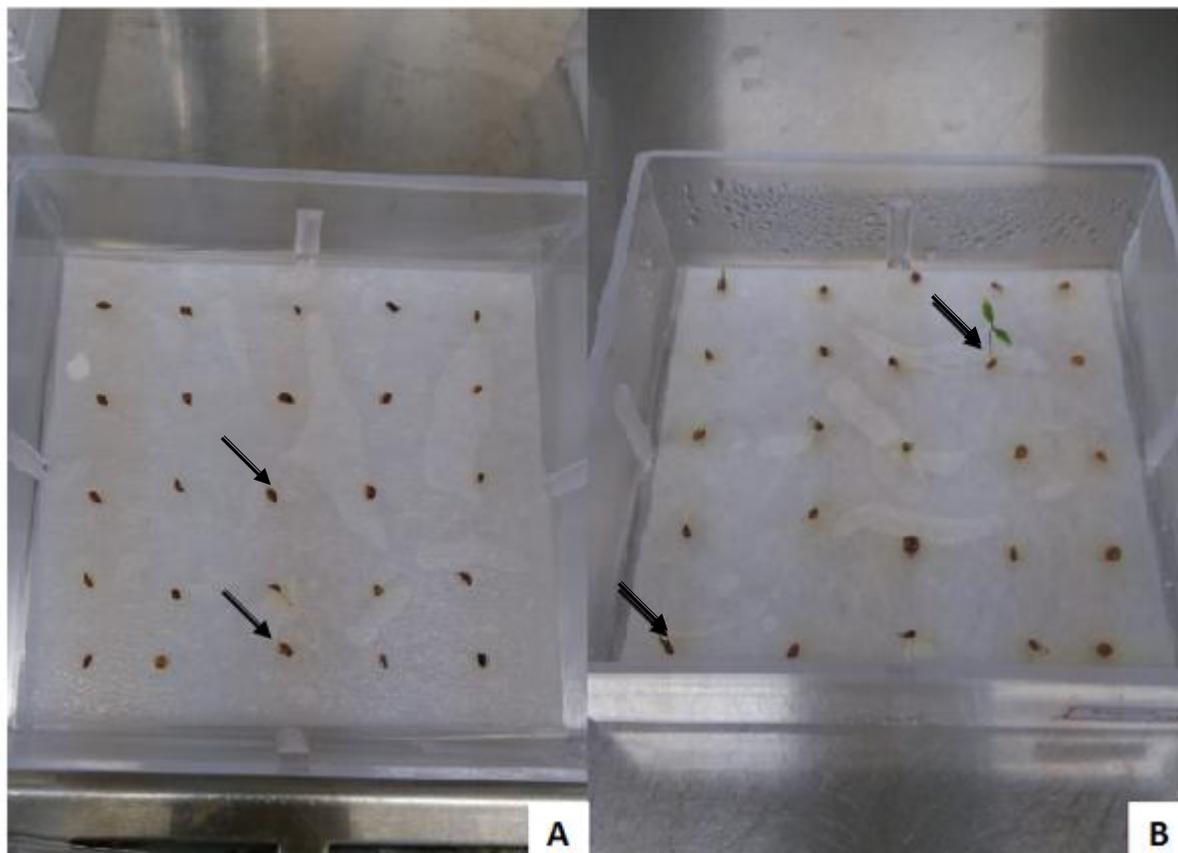
Figura 5 – Preparação dos tratamentos para teste de germinação de sementes de salsa. Imagem A: Separação em gerbox de blocos de 25 sementes; B: Caixas gerbox contendo sementes de salsa com as soluções em câmara de fluxo laminar. LMBV - UFSC, Florianópolis, 2019.



Fonte: Autora

Após a montagem do experimento, as sementes passaram por avaliações diárias, durante o tempo indicado pela RAS para a espécie de estudo, salsa. Esta etapa é de extrema importância para que as sementes não passem por estresses hídricos, o que prejudicaria o processo germinativo de forma irreversível. Inicialmente, o experimento deveria ter como objetivo a avaliação da germinação das sementes, incluindo a análise da emissão de radícula e formação do seu tamanho médio, peso de massa seca e quantificação de clorofila a e b e carotenoides. Porém, devido a problemas externos de contaminação na fase final do experimento, foi possível apenas observar e mensurar a emissão de radícula, que não foram afetadas pelos problemas referidos (Figura 6).

Figura 6 – Análise visual de germinação de sementes de salsa. Imagem A: Observação de emissão de radícula; Imagem B: Observação de formação de plântula. LMBV - UFSC, Florianópolis, 2019.



Fonte: Autora

## 5.4 Outras atividades

### 5.4.1 Extração de pectina

A pectina é um polissacarídeo encontrado na parede celular de vegetais superiores e exerce função principal de estruturação dos frutos. A aplicação da pectina na indústria de alimentos é muito ampla apresentando propriedades geleificantes, espessantes e estabilizantes, utilizadas em produtos panificantes, geléias, polpa de frutas, bebidas entre muitos outros. Normalmente, a pectina é oriunda do albedo de frutas cítricas, porém, a mandioca (*Manihot esculenta*) contém fonte de polissacarídeos de alta qualidade, apresentando-se como opção de fonte de pectina.

Foram cedidos pela EMBRAPA Mandioca e Fruticultura (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), localizada em Cruz das Almas, Bahia, 12 amostras de mandioca de

diferentes cultivares e épocas de colheita para que fosse analisado o percentual de pectina contido em cada exemplar (Tabela 2). O processo de obtenção de pectina abrange as etapas de extração aquosa do material utilizado, separação da pectina do extrato líquido e secagem. Primordialmente, foram separados, individualmente, 50 gramas das 12 amostras de mandioca, separadas em 4 lotes, conforme a cultivar e seu ciclo.

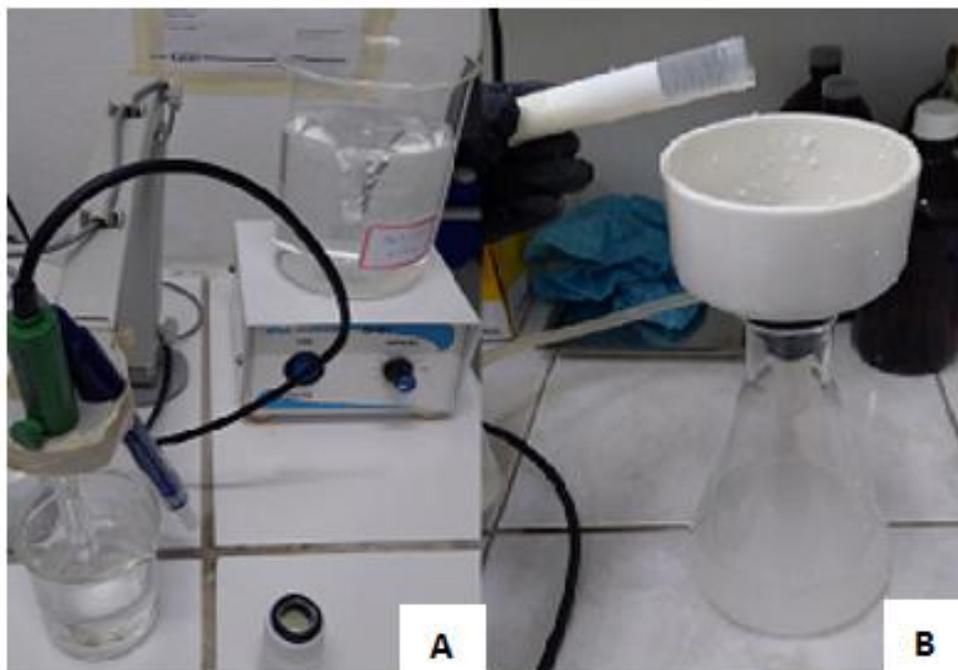
Tabela 2 – Amostras de mandioca (*Manihot esculenta*) recebidas da EMBRAPA Mandioca e Fruticultura para análise de concentração de pectina. LMBV - UFSC, Florianópolis, 2019.

<b>Nº AMOSTRA</b>	<b>Ciclos/ cultivares</b>	<b>DATA DE COLHEITA</b>
	<b>15 MESES</b>	
<b>1</b>	2009-09-05 b II	30.08.2017
<b>2</b>	Brasil b II	28.08.2017
<b>3</b>	Eucalipto b II	30.08.2017
<b>4</b>	Dourada b II	30.08.2017
	<b>12 MESES</b>	
<b>5</b>	Dourada II	23.05.2017
<b>6</b>	2009-09-05 II	23.05.2017
<b>7</b>	Dourada b II	23.05.2017
	<b>9 MESES</b>	
<b>8</b>	Brasil II	07.03.2017
<b>9</b>	Dourada II	07.03.2017
<b>10</b>	Eucalipto II	07.03.2017
	<b>12 MESES</b>	
<b>11</b>	Brasil II	23.05.2017
<b>12</b>	Eucalipto II	23.05.2017

Fonte: Autora

As amostras foram previamente lavadas com água destilada em abundância e surfactante aniônico - SDS (Dodecil sulfato de sódio; preparado com antecedência de 24 horas a este processo), e centrifugadas em tubos falcon de 15 mL (Figura 7).

Figura 7 – Processos de purificação das amostras de mandioca. Imagem A: Regulação de pH da solução de SDS; Imagem B: Filtração após centrifugação das amostras. LMBV - UFSC, Florianópolis, 2019.



Fonte: Autora

Após a purificação, estas soluções eram individualmente filtradas a vácuo e posteriormente misturadas com solução ácida (oxalato de amônio – 0,5%) submetidas à temperaturas de 60°C por 3 horas. Em seguida, três volumes de álcool PA foram adicionados à desidratação e floculação da pectina (Figura 8).

Figura 8 – Etapas finais de extração de pectina da mandioca. Imagem A: Filtração por vácuo das amostras; Imagem B: Agitação em temperaturas e 60°C das amostras para extração de pectina. LMBV - UFSC, Florianópolis, 2019.



Fonte: Autora

Por fim, o conteúdo seco originado por estes processos era submetido, separadamente por amostras, à diálise em água destilada, onde os componentes menos concentrados eram transferidos através da membrana semipermeável para o meio mais concentrado. Com isso, os conteúdos retidos nas membranas eram retirados e secos, restando assim, o rendimento pectínico (produto final da extração da pectina) (Figura 9).

Figura 9 – Produto final das etapas de extração de pectina das amostras de mandioca. Imagem A: Solução contendo amostra de mandioca antes da diálise; Imagem B e C: Amostras finais, após secagem. LMBV - UFSC, Florianópolis, 2019.



Fonte: Autora

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso de bioativos naturais já é uma ferramenta utilizada em diversas áreas da agricultura. Dentro deste cenário, o uso de algas aliado à atividades agrícolas se torna um instrumento viável, tanto em nível de objeto de estudo em potencial, como direcionado à escala prática, trazendo facilidade de aplicação, diminuição de impactos e contaminações ambientais e aumento da qualidade da produção agrícola. Isto se dá, principalmente, pelo fato dos bioativos serem produtos naturais, que não apresentam grandes riscos à natureza, ao aplicador e ao consumidor dos produtos submetidos à esses tratamentos e, também, apresentando um custo benefício bastante promissor devido a matéria prima ser, normalmente, de fácil acesso.

Na literatura, já é possível encontrar um vasto acervo relacionado a estudos sobre a funcionalidade das algas marinhas na agricultura; FERNANDES & SILVA (2011), constataram uma melhoria no pegamento de plantas de café (*Coffea arabica*), comprovando a ação bioestimulante da alga *Ascophyllum nodosum*; Análises com a alga marinha *Kappaphycus alvarezzi* como biofertilizante no tratamento de sementes de soja (*Glycine max*) resultaram em incrementos da parte aérea e raiz (COSTA, 2015); Também, o uso de extrato de *Ascophyllum nodosum* na produção de porta-enxertos de araticum-do-brejo (*Annona glabra L.*) deram origem à plantas com maior diâmetro de colo e número de folhas (SILVA et al, 2015).

Apresentando o tema de procura de novas alternativas para amenização e finitude de impasses ocasionados pela atividade agrícola como pauta principal deste trabalho, a nanotecnologia surge como uma opção cada vez mais presente. As inúmeras possibilidades inseridas na tecnologia de magnitude nano, desde segmentos de elaboração de sensores direcionados à agricultura de precisão (MCTIC, n/d), até aspectos de ação de fisiologia vegetal, como o tratamento de sementes de algodão com nanopartículas de prata, que reduz a aplicação de fertilizantes em 50% (VAKHROUCHEV & GOLUBCHIKOV, 2007), faz com que a biotecnologia seja multiforme perante as ciências agrárias.

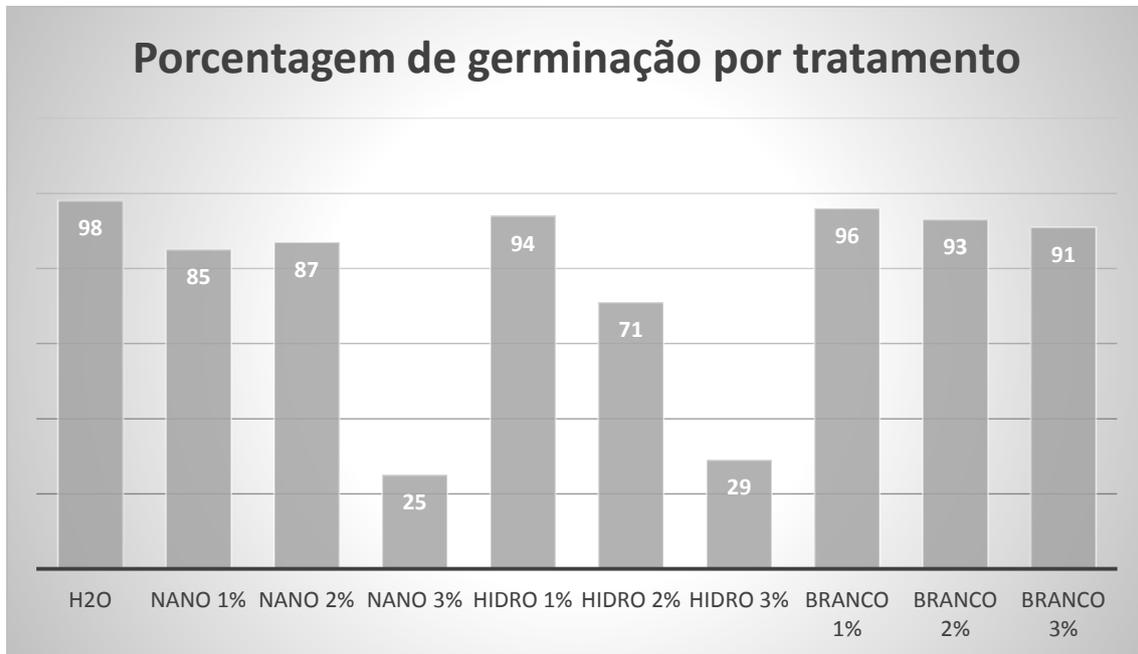
A fusão dos assuntos acima abordados, que foram percorridos ao longo deste trabalho, conduz à combinação do uso de soluções a base de bioativos naturais, no caso em questão, as algas, aliado à nanotecnologia como um grande “salto tecnológico” perante às ciências agrárias.

A produção de nanoencapsulados e sua posterior aplicação possuem grande potencial comercial, uma vez que, devido ao pequeno diâmetro das partículas, apresentam maior facilidade e qualidade na aplicação pela característica de alta área superficial específica. Além disto, esta característica concede melhor assimilação da planta dos produtos aplicados,

umentando a solubilidade e estabilidade dos compostos bioativos, protegendo-os contra possíveis degradações, prolongando a vida útil e resultando em uma maior eficiência dos mesmos (AJAZUDDIN, 2010; BONIFÁCIO et al., 2014; WANG et al., 2014; GHORANI & TUCKER, 2015).

Um dos pontos mais marcantes do estágio foi o experimento sobre a germinação de sementes de salsa, que teve como propósito a aplicação prática das nanoemulsões confeccionadas, utilizando o embasamento técnico-teórico adquirido ao longo dos meses de trabalho. Apesar das adversidades relacionadas à contaminação dos bioensaios que impediram que a avaliação de todas as etapas planejadas envolvendo a aplicação e o desenvolvimento das sementes de salsa quando submetidas aos diferentes tratamentos de hidrolisados a base da microalga *A. platensis*, a análise do período germinativo e a observação do desenvolvimento radicular foram concluídas com sucesso. Na Figura 10 a seguir, podemos observar o percentual de sementes germinadas nos tratamentos controle (apenas água destilada), solução em nanopartículas do hidrolisado (concentrações de 1%, 2% e 3%), apenas o hidrolisado a partir da biomassa seca da microalga *Arthrospira platensis* (concentrações de 1%, 2% e 3%) e o tratamento branco que diz respeito à solução com quitosana (concentrações de 1%, 2% e 3%). Cada tratamento era constituído por quatro repetições, totalizando 100 sementes.

Figura 10 – Porcentagem de germinação de sementes de salsa (*Petroselinum crispum*) tratadas com solução em nanopartículas do hidrolisado concentrações de 1%, 2% e 3%), e hidrolisado de biomassa seca da microalga *Arthrospira platensis* (concentrações de 1%, 2% e 3%) com tratamento branco com solução de quitosana (concentrações de 1%, 2% e 3%). . LMBV - UFSC, Florianópolis, 2019.



Fonte: Autora

Através dos dados provenientes do teste de germinação, pode-se constatar que o controle foi o mais efetivo para germinação das sementes, com percentual de 98% de sementes germinadas, sendo seguidos pelo tratamento branco 1%, com 96% e hidrolisado 2%, com 94% das sementes de salsa germinadas (Figura 10) Assim, como não foi possível completar todos os testes envolvendo o ciclo fisiológico pleno da cultura da salsa, não pode concluir-se a ação bioestimulante do uso de extrato da microalga *A. platensis*, a spirulina, encontrado na literatura. Possivelmente, se os experimentos prosseguissem, o efeito poderia estender-se para a parte aérea, concedendo mais vigor a planta.

Apesar dos bons resultados constatados na velocidade de estabelecimento envolvendo o teste de germinação de sementes tratadas com extratos de alga, conforme o experimento com sementes de salsa e outras culturas atestados na literatura (MOLLER; SMITH, 1999; RAYORATH et al., 2008), ficou perceptível o efeito inibidor de germinação em altas concentrações dos tratamentos contendo nanoencapsulados e hidrolisados (ambos em concentração 3%), resultado que foi observado também em outros trabalhos com uso de extratos de alga, onde os tratamentos com maior concentração e doses apresentavam inibição de germinação, indicando a necessidade de prudência e mais pesquisa com a temática sobre o uso de extratos de algas sobre a germinação em sementes (SIVRITEPE; SIVRITEPE, 2008). Por isso, são necessário que a condução dos testes acerca do assunto sejam prosseguidos, para que a manipulação da concentração do bioestimulante seja adequada.

Em relação a extração de pectina, não houve o cálculo final de rendimento com base em biomassa seca liofilizada do material de origem, cedidos pela EMBRAPA Mandioca e Fruticultura. Estima-se que a mandioca seja uma fonte importante de pectina, por possuir teores altos de polissacarídeos (CHISTÉ et al, 2006), apresentando potencial de extração bastante promissor. Na agricultura, o uso da pectina em pó em agroindústria como atuante na geleificação de doces e geleias é bastante comum (EMBRAPA, 2015), dando mais qualidade e agregando maior valor ao produto final. Também, estudos recentes na área de biotecnologia colocam a pectina como matéria-prima para filmes biodegradáveis para fins de produção de plásticos direcionados à embalagem de alimentos, se tornando uma excelente alternativa de produto de fonte renovável e natural e não passível de contaminação. (VIEGAS, 2016).

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A biotecnologia aliada à agricultura se faz presente no conteúdo técnico-científico das ciências agrárias e apresenta enorme potencial para expansão. A crescente busca por novas tecnologias que irão sanar antigos problemas agrônômicos, ou ainda a resolução de obstáculos modernos que emergiram através dos longos anos de uso da terra, são aspectos bastante relevantes que colocam a biotecnologia como objeto de destaque de estudos no setor agrícola. A busca constante pelo aumento quantitativo e qualitativo de produções no agronegócio, aliados à crescente conscientização acerca dos impactos ambientais causados pela intensiva exploração de áreas da agricultura, tornam os compostos bioativos naturais uma importante alternativa para estas questões.

É de suma relevância que haja um processo de remodelagem agrícola conforme as necessidades ambientais do presente, uma vez que a agricultura é uma atividade, antes de mais nada, de cunho ambiental. Com isso, o uso de algas marinhas como alternativa de bioativo natural com capacidade bioestimulante e não agressiva ao meio ambiente, se torna uma opção plausível no setor agrário. Ainda, a biotecnologia surge como uma abordagem inovadora, conseguindo unir a eficácia dos compostos encontrados nas soluções de extratos de alga e otimizar a relação com a planta, potencializando os efeitos dos insumos naturais.

A demanda de novos produtos no agronegócio e o constante desenvolvimento de novas tecnologias fazem com que o tópico biotecnologia seja de extrema relevância para o profissional engenheiro agrônomo atual. Também, a procura de insumos provenientes de origem sustentável, faz com que os bioativos naturais sejam um tema com tendência de expansão no futuro, carecendo ainda mais de estudos na área. Por isso, o estágio na Universidade Federal de Santa Catarina foi de suma relevância para formação na área das ciências agrárias, enriquecendo o conhecimento acerca dos conteúdos desenvolvidos e preparando o profissional para os novos desafios e possíveis soluções no percurso da carreira.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACADIAN AGRITECH. Ciência das Plantas, 2009. Disponível em <<http://www.acadianagritech.ca/portuguese/PSansA.htm>> Acesso em 26/08/2019

AMBROSI, M. A.; REINEHR, C. O.; BERTOLIN, T. E.; COSTA, J. A. V.; COLLA, L. M. Propriedades de saúde da microalga Spirulina. Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada, v. 29, n. 2, p. 115-123, 2008.

BRASIL. Decreto 4.954 de 14 de janeiro de 2004. MAPA – Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.domethod=consultarLegislacaoFederal>> Acesso em 24/07/2019.

BRASIL. Instrução Normativa 64 de 18 de dezembro de 2008. MAPA – Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.domethod=consultarLegislacaoFederal>> Acesso em 24/07/2019.

BRASIL. Instrução Normativa 25 de 23 de julho de 2009. MAPA – Disponível em: <<http://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=78910>>. Acesso em 24/07/2019.

BRASIL. Decreto 8.059 de 26 de julho de 2013. MAPA – Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.domethod=consultarLegislacaoFederal>> Acesso em 24/07/2019.

BRASIL. Instrução Normativa 06 de 14 de março de 10 de março 2016 – Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=317445>> Acesso em 24/07/2019.

BROWN, M. A. The use of marine derived products and soybean meal in organic vegetable production. Thesis (Master in Science) – Department of Horticultural Science, North Carolina State University, Raleigh, 2004.

CIFERRI, O. Spirulina, the Edible Microorganism, Microbiological Reviews, v. 47, p. 551-578, 1983.

CABRAL, I. S. R. Extratos de Algas Marinhas como Agentes Antioxidantes e Antimicrobiano e seus Efeitos na Qualidade de Miced de Tilápia. 2012. 139P. Tese (Doutorado em Química na Agricultura e Meio Ambiente) – Universidade de São Paulo. São Paulo. 2012.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba: Agropecuária, 2001, 132p.

CHISTÉ, R.C.; COHEN, K.O.; MATHIAS, E.A.; RAMOA JÚNIOR, A.G.A. Qualidade da farinha de mandioca do grupo seca. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, n. 4, p. 861- 864, out./dez. 2006.

COHEN, Z. The chemical of Spirulina. In: VONSHANK, A., ed. *Spirulina plantesis (Arthrospira): physiology, cell-biology and biotechnology*. London: Taylor and Francis, p. 175-204, 1997.

CRAIGIE, J. S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, Dordrecht, v.23, p.371-393, 2011.

DOURADO NETO, D. et al. Ação de bioestimulante no desempenho agrônômico de milho e feijão. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v 30, n 1, p371-379, 2014.

Du JARDIN, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *SciHort* 196:3–14. 2015.

FONTANIVE, V. C. P. et al. Aspectos físicos e biológicos de nanopartículas de ferritas magnéticas. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, v. 35, p. 549-558, 2014.

FOX, R. D. *Spirulina production e potential*. Paris: Edisud, p. 232, 1996

FREITAS M.N.; MARCHETTI J. M. Nimesulid PLA microspheres as a potencial sustained release system for the treatment of inflammatory diseases. *International Journal of Pharmaceutical*, v. 295, p.201-211, 2005.

GELBCKE, D; SAGAE, E; BRIGHTWELL, M. da G; ROCHA, E; Agricultura urbana em Florianópolis: dos jardins ao mercado, UFSC E CEPAGRO, 2017; cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF – Vol. 13, Nº 1, Jul. 2018.

HIRATA, Haluo. Agricultura sustentável: algumas considerações sobre o estudo de caso numa parcela do cinturão verde de São Paulo. In I Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. Indaiatuba, SP: 2002. Disponível em <<http://www.anppas.org.br/>> Acesso em 17/08/2019.

JAYARAMAN, J.; NORRIE, J.; PUNJA, Z. K. Commercial extract from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* reduces fungal diseases in greenhouse cucumber. Journal of Applied Phycology, Dordrecht, v.23, p.353-361, 2011.

KOYAMA, R.; BETTONI, M.M.; RODER, C.; ASSIS, A.M.; ROBERTO, S.R. MÓGOR, A.F. Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis no desenvolvimento vegetativo e na produção do tomateiro. Revista de Ciências Agrárias, v.55, n.4, p.282-287, 2012.

KUMAR, G.; SAHOO, D. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. Journal of Applied Phycology, Dordrecht, v.23, p.251-255, 2011.

LONG, E. The importance of biostimulants in turfgrass management. Disponível em: <http://www.golfenviro.com/Article%20Archive/Biostimulants-Roots.htm>. Acesso em 10 Set. 2006.

LOPES, F. B. Índice de sustentabilidade do perímetro irrigado Baixo Acaraú, Ceará. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. 121f. 2008.

MACKINNON, S. A. et al. Improved methods of analysis fo betaines in *Ascophyllum nodosum* and its commercial seaweed extrats. Journal of Applied Phycology, Dordrecht, v 22 n 4, p489-494, 2010

MASNY, A.; BASAK, A.; ZURAWICZ, E. Effects of foliar application of KELPAK SL and GOEMAR BM 86 preparations on yield and fruit quality in two strawberry cultivars. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, v. 12, p. 23-27, 2004.

MOLLER, M.; SMITH, M. L. The effects of priming treatments using seaweed suspensions on the water sensitivity of barley (*Hordeum vulgare* L.) caryopses. *Annals of Applied Biology*, v. 135, n. 2, p. 515–521, 1999.

MOREIRA, A. S. Bissorção Utilizando Alga Marinha (*Sargassum* sp.) aplicada em meio orgânico, 2007, 115P. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

MOREIRA, R. T.; cultivo de *Arthrospira platensis* em meio orgânico: extração de polissacarídeos sulfatados e sua administração a camarões, Fortaleza, 2015.

NEL, A.; Xia, T.; MANDLER, L, LI. N. Toxic potential of materials at the nano level. *Science*, 311: 622-627, 2006.

RAI, M., INGLE, A., Role of nanotechnology in agriculture with special reference to management of insect pests. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 94: 287-293, 2012.

RUSSO, R.O.; BERLYN, G.P. Vitamin-humic-algal root biostimulant increases yield of green bean. *Hortscience, St. Joseph*, v. 27, n.7, p. 847, 1992.

SCHAFFAZICK, S. R.; POHLMANN, A. R.; FREITAS, L. L.; GUTERRES, S. S. Caracterização e estabilidade físico-química de sistemas poliméricas nanoparticulados para administração de fármacos. *Química Nova*, v. 26, p. 726-737, 2003.

SIVRITEPE, N.; SIVRITEPE, H. Ö. Organic priming with seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) affects viability of pepper seeds. *Asian Journal of Chemistry*, v. 20, n. 7, p. 5689–5694, 2008.

VASCONCELOS, A. C. F. de; Uso de bioestimulantes nas culturas de milho e de soja. 2006. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

VIEGAS, L. P. Preparação e caracterização de filmes biodegradáveis a partir de amido com quitosana para aplicação em embalagens de alimentos. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2016.

VIEIRA, E.L. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycinemax* L. Merrill), feijoeiro (*Phaseolusvulgaris* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.). Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2001.

ZHANG, X.; ERVIN, E. H. Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside on creeping bentgrass heat tolerance. *Crop Science*, v.48, n.1, p.364-370, 2008.