

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**MATHEUS HENRIQUE DA SILVA**

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DE PONTOS QUÂNTICOS DE CARBONO EM  
CULTIVOS FAMILIARES**

**TOLEDO**

**2022**

**MATHEUS HENRIQUE DA SILVA**

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DE PONTOS QUÂNTICOS DE CARBONO EM  
CULTIVOS FAMILIARES**

**Study on the application of carbon quantum dots in family crops**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentada como requisito para obtenção do título de  
Tecnólogo em Processos Químicos da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientador(a): Dra. Kelen Menezes Flores Rossi de  
Aguar

**TOLEDO**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**MATHEUS HENRIQUE DA SILVA**

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DE PONTOS QUÂNTICOS DE CARBONO EM  
CULTIVOS FAMILIARES**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Tecnólogo em Processos Químicos da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 30/novembro/2022

---

Camila Vargas Neves  
Doutora  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Patrícia Dayane Carvalho Schaker  
Doutora  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Kelen Menezes Flores Rossi de Aguiar  
Doutora  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**TOLEDO**

**2022**

Dedico este trabalho à minha família, pelos  
momentos de ausência.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus primeiramente.

Meus familiares e amigos.

A minha noiva que me sustentou fisicamente e espiritualmente, com todo seu carinho, cuidado e paciência.

A todos a minha volta que de alguma forma me deram forças e sempre me incentivaram.

Agradeço a instituição de ensino Universidade Tecnológica Federal do Paraná, que me abriu as portas em um momento da minha vida onde eu necessitava de uma mudança, e me ofereceu todas as possibilidades para crescer, desenvolver, amadurecer e principalmente de acontecer este trabalho.

Agradeço a minha Orientadora que me aceitou e me guiou mostrando cada um dos caminhos para se seguir, e hoje tenho orgulho em dizer que fiz parte de trabalho junto da Professora Doutora Kelen M. F. Rossi De Aguiar.

A todos os professores, colaboradores e técnicos de laboratórios que fizeram parte deste processo.

## RESUMO

Este trabalho propõe uma forma simples de se obter pontos quânticos de carbonos ou simplesmente CDs, seguindo uma metodologia *one-step*, utilizando-se de um forno tipo micro-ondas, a fim de produzir nanopartículas de carbono com características de fotoluminescência atribuído ao seus grupos funcionais ligados à sua estrutura. Os PQC's tiveram como sua principal fonte de carbono a sacarose e uréia, para as amostras destinadas como fonte de nutrientes para plantas, e amostras acrescidas de óleo essencial de limão siciliano, com proposito de oferecer uma ação pesticida aos CDs. As amostras foram caracterizadas por método de infravermelho FT-IR, Uv-Vis e Fluorescência Molecular. Os pontos quânticos de carbono adicionados de ureia em sua composição, foram testados em uma lavoura de cultivo familiar da região, principalmente no cultivo de alface-crespa, além de testes de germinação e crescimento de forma isolada em diferentes tipos de cultivos. Os CDs se apresentaram promissores quanto a entrega de nutrientes e desenvolvimento das plantas. Os pontos quânticos de carbono acrescidos de óleo essencial de limão siciliano, foram aplicados como biopesticida, se beneficiando da presença de um dos principais composto do óleo - o *limoneno*, ao qual é atribuído a ação pesticida. No período em que o trabalho foi sendo desenvolvido, grandes volumes de chuva fora de época ocorreram, dificultando os estudos com os pontos quânticos de carbono com intuito de repelir pragas comumente presente na lavoura, como a espécie *Empoasca Kraemeri*, popularmente conhecida por "cigarrinha". Contudo, a metodologia aplicada para a síntese de CDs, que foi a hidrotérmica assistida por microndas mostrou-se eficiente na produção de partículas fluorescentes contendo grupos funcionais como carbonilas, evidenciado por fluorescência molecular e espectroscopia na região do infravermelho.

Palavras-Chave: hortaliças; fluorescência; *carbon dots*; síntese verde; nanopartícula; micro-ondas.

## ABSTRACT

This work proposes a simple way to obtain carbon quantum dots or simply CDs, following a one-step methodology, using a microwave oven, in order to produce carbon nanoparticles with photoluminescence characteristics attributed to their groups functions linked to its structure. The PQCs had sucrose and urea as their main carbon source, for the samples destined as a source of nutrients for plants, and samples added with Sicilian lemon essential oil, with the purpose of offering a pesticidal action to the CDs. The samples were characterized by FT-IR, UV-Vis and Molecular Fluorescence infrared method. The carbon quantum dots added with urea in its composition were tested in a family farm in the region, mainly in the cultivation of crisp lettuce, in addition to germination and growth tests in isolation in different types of crops. The CDs were promising in terms of nutrient delivery and plant development. Carbon quantum dots plus Sicilian lemon essential oil were applied as a biopesticide, benefiting from the presence of one of the main compounds of the oil - limonene, which is attributed to pesticidal action. During the period in which the work was being developed, large volumes of unseasonal rain occurred, making it difficult to study carbon quantum dots in order to repel pests commonly present in the crop, such as the specimen *Empoasca Kraemeri*, popularly known as "cigarrinha". However, the methodology applied for the synthesis of CDs, which was microwave-assisted hydrothermal, proved to be efficient in the production of fluorescent particles containing functional groups such as carbonyls, evidenced by molecular fluorescence and spectroscopy in the infrared region.

Keywords: vegetables; fluorescence; carbon dots; green synthesis; nanoparticle; microwave.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Demonstração das diferenças de cores em diferentes tamanhos de partículas de pontos quânticos de carbono.....	17
Figura 2 – Processos de obtenção de pontos quânticos de carbono.....	19
Figura 3 – Estrutura química de alguns compostos encontrados em óleo essencial com atividade inseticida.....	23
Figura 4 – Corte da seção transversal da folha angiosperma.....	25
Figura 5 – Análise Infravermelho por Refletância Total Atenuada.....	29
Figura 6 – Espectro de Uv-Vis das Formulações com óleo essencial.....	31
Figura 7 – Análise de Fluorescência Molecular.....	32
Figura 8 – Resultado da aplicação dos PQC's com ureia em milho híbrido.....	35
Figura 9 – Resultado da aplicação dos PQC's com ureia em alface-crespa.....	36
Figura 10 – Resultados da aplicação dos pontos quânticos de carbono com ureia em concentrações elevadas, pepino, tomate-cereja e pimentão.....	37
Figura 11 – Resultados da aplicação dos pontos quânticos de carbono com ureia em concentrações elevadas, milho doce e feijão.....	38
Figura 12 – <i>Empoasca Kraemeri</i> se alimentando da seiva da <i>Tifton</i> .....	40



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1</b>	<b>Nanotecnologia.....</b>	<b>24</b>
<b>4.2</b>	<b>Óleo essencial .....</b>	<b>28</b>
<b>4.3</b>	<b>Mecanismos de absorção de nutrientes nas plantas.....</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>
<b>5.1</b>	<b>Materiais.....</b>	<b>32</b>
<b>5.2</b>	<b>Métodos.....</b>	<b>32</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Síntese assistida por Micro-ondas.....</b>	<b>32</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Formulações com óleo essencial .....</b>	<b>32</b>
<b>5.3</b>	<b>Métodos de caracterização.....</b>	<b>33</b>
<b>5.3.1</b>	<b>Espectroscopia na região do Infravermelho (FT-IR).....</b>	<b>33</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Espectroscopia na região do Ultravioleta-Visível (uv-Vis) .....</b>	<b>33</b>
<b>5.3.3</b>	<b>Fluorescência molecular.....</b>	<b>33</b>
<b>5.4</b>	<b>Aplicações dos pontos quânticos e formulações com óleo.....</b>	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADO E DISCUSSÃO.....</b>	<b>35</b>
<b>6.1</b>	<b>Caracterização .....</b>	<b>35</b>
<b>6.2</b>	<b>Aplicações .....</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>46</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>
	<b>ANEXO A – CERTIFICADO DE ANÁLISES QUÍMICAS.....</b>	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

De forma muito expressiva as pesquisas que trazem o uso de nanomateriais para biossensores, bioimagem, componentes eletrônicos e em fármacos, tem crescido exponencialmente, especialmente os nanomateriais carbonáceos. Dentre estes materiais os pontos quânticos de carbono ou *carbon dots* e até mesmo de forma mais singela apenas “pontos C” e PQCs, chamam muita atenção devido suas propriedades únicas e ajustáveis (ZHAO, 2015).

O fato é que os pontos quânticos de carbono, são obtidos por meio técnicas abrangentes, o qual dentro de cada nuance de parâmetros reacionais durante as sínteses, os PQCs podem ter suas propriedades alteradas de forma única. Diversos materiais são usados como fonte de carbono, tal como uma ampla variedade de métodos de síntese, por exemplo a síntese eletroquímica, combustão, hidrotérmico, oxidação ácida, micro-ondas, descarga em arco, ablação a laser e tratamentos com plasma, já foram explorados para sintetizar os pontos quânticos de carbono (ZHOU, 2019).

Os pontos quânticos de carbono possuem suas extremidades compostas por grupos funcionais como carboxilas, amino, carbonil, hidroxil, entre outros grupos, e estes facilitam as modificações das suas estruturas, permitindo alcançar e expandir as possibilidades de aplicações mais seletivas. Um exemplo a sua excelente dispersibilidade em água, estabilidade química, fotoestabilidade, baixa toxicidade e boa permeabilidade celular, permite várias aplicações principalmente em aspectos biológicos como a liberação de fármacos (WANG, 2019).

Dentro de todos os campos de pesquisas, as aplicações dos pontos quânticos de carbono em plantações têm sido de grande interesse. Seu tamanho em escala nanométrica permite que estas nanopartículas sejam absorvidas de forma mais eficiente pelas plantas, ou que se adiram melhor na superfície. Os pontos quânticos de carbono podem ser modificados com micro e macronutrientes essenciais, e as plantas conseguem absorver de forma mais fácil e se desenvolver melhor devido à disponibilidade nutricional (WANG, 2019).

Outra forma de aplicação dos pontos quânticos de carbono é no controle de pragas, assim em vez de nutrientes os pontos quânticos são ligados a moléculas específicas, que por sua vez têm características fungicidas e ou pesticidas, tal que estas estruturas químicas em sua grande maioria são tóxicas para o ser humano.

Desta forma este trabalho visa desenvolver pontos quânticos de carbono por um síntese hidrotérmica e realizar a adição de óleo essencial de limão siciliano, cujas características conhecidas entreguem ações fungicidas e ou pesticidas para esta mistura, que foram aplicados diretamente em campo, numa propriedade da região, nos cultivos de hortaliças comerciais.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Este trabalho visa a obtenção de pontos quânticos de carbono, a partir de uma fonte de carbono simples e de fácil obtenção, contendo nitrogênio proveniente da ureia e acrescidos de óleo essencial de limão siciliano para estudos preliminares de aplicação a agricultura como fertilizante.

### **2.2 Objetivos específicos**

Sintetizar os pontos quânticos de carbono a partir de uma abordagem simples, neste caso, o método de obtenção por micro-ondas, a partir de uma fonte de carbono comum, tal como a sacarose.

Sintetizar pontos quânticos de carbono com uma fonte de nitrogênio, para isso, a ureia foi utilizada, seguido do acréscimo de óleo essencial de limão siciliano.

Realizar as caracterizações dos pontos quânticos de carbono e de cada formulação realizada, utilizando-se das técnicas de Infravermelho FT-IR, Uv-Vis e Fluorescência molecular.

Avaliar a aplicação preliminar em cultivos de alface-crespa e germinação isolada de diferentes plantas.

Avaliar o potencial das formulações contidas de óleo essencial, quanto ao controle de pragas presente em lavouras.

### 3 JUSTIFICATIVA

Encontra-se muitos trabalhos significativos demonstrando diversos resultados satisfatórios sobre a aplicação de pontos quânticos de carbono carreadores de nutrientes para plantas, em sistemas controlados, tal como, estufas, testes de laboratório, casas de cultivos entre outros, exemplo este apresentado recentemente por Wang e colaboradores (2019) como testes de germinação com sementes de feijão, os quais foram submetidos a baixas concentrações de pontos quânticos de carbono obtidos de ácido cítrico e ureia, os quais apresentaram em laboratório, resultados significativos do crescimento do feijão.

Desta forma torna-se valido a aplicação dos pontos quânticos de carbono em cultivos não controlados, por exemplo, cultivos familiares, e avaliação do comportamento se este reproduzirá resultados semelhantes aos obtidos em laboratórios, em situações das quais estão suscetivas intempéries e condições adversas.

A forma de se pensar no setor agroindustrial cada vez mais pede praticidade, eficiência e o pensar “verde” para se atingir bons resultados. Com esta linha de raciocínio, os PQCs são ótimos candidatos para serem explorados, por apresentarem uma forma de obtenção considerada síntese verde, ou seja, não agride o meio ambiente. Os PQCs contribuem com características importantes, por exemplo, a fotoluminescência, grupos funcionais e tamanho da sua estrutura, que geralmente, fica entre 2 a 50 nanômetros a depender da técnica de obtenção utilizada e métodos de purificação.

O uso de fertilizantes e defensivos agrícolas têm se mostrado a cada dia mais oneroso para o produtor, desta forma, conhecer e compreender o real potencial que os pontos quânticos de carbono podem oferecer, é de grande importância, contudo, este trabalho tem por relevância contribuir com o avanço das pesquisas sobre os PQCs, de tal forma que seja possível beneficiar produtores com o uso de um produto mais seguro, de menor custo e efetivo em seus cultivos.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

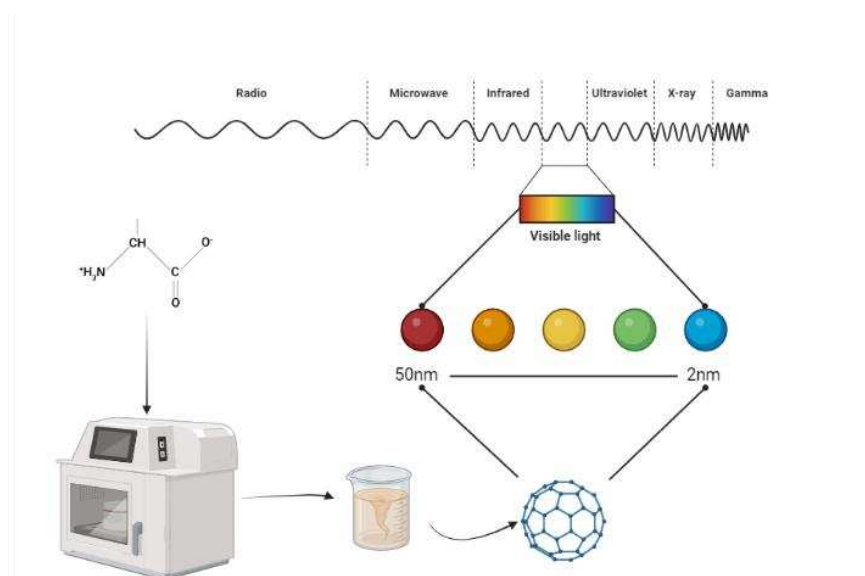
### 4.1 Nanotecnologia

Em um dia comum envolvidos em rotina de laboratório Xu et al., (2004) identificaram um novo material no resíduo da purificação de nanotubos de carbono, conhecido hoje como pontos quânticos de carbono, que no exato momento foi chamado de “carbono fluorescente”, intitulado posteriormente de *carbon dots* em diversos trabalhos apresentados as comunidades acadêmicas e científicas.

Do momento da sua descoberta até os dias atuais, os pontos quânticos de carbono se apresentaram ser de grande interesse, devido as significativas possibilidades de aplicação, percorrendo por sistemas eletrônicos, placas solares, bioimageamento, nanopigmentações, carreadores de moléculas e entrega de fármacos (WANG, 2019).

Os pontos quânticos de carbono podem ter tamanhos entre 2 a 50 nanômetros e apresentar diferentes luminescências dentro do espectro visível, percorrendo desde a cor vermelho próximo do infravermelho com comprimentos de ondas maiores 700 nanômetros, até a coloração azul, com comprimentos de onda menores em 400 nanômetros e próximos do ultravioleta, assim como demonstrado na Figura 1.

Figura 1 – Demonstração das diferenças de cores em diferentes tamanhos de partículas de pontos quânticos de carbono.



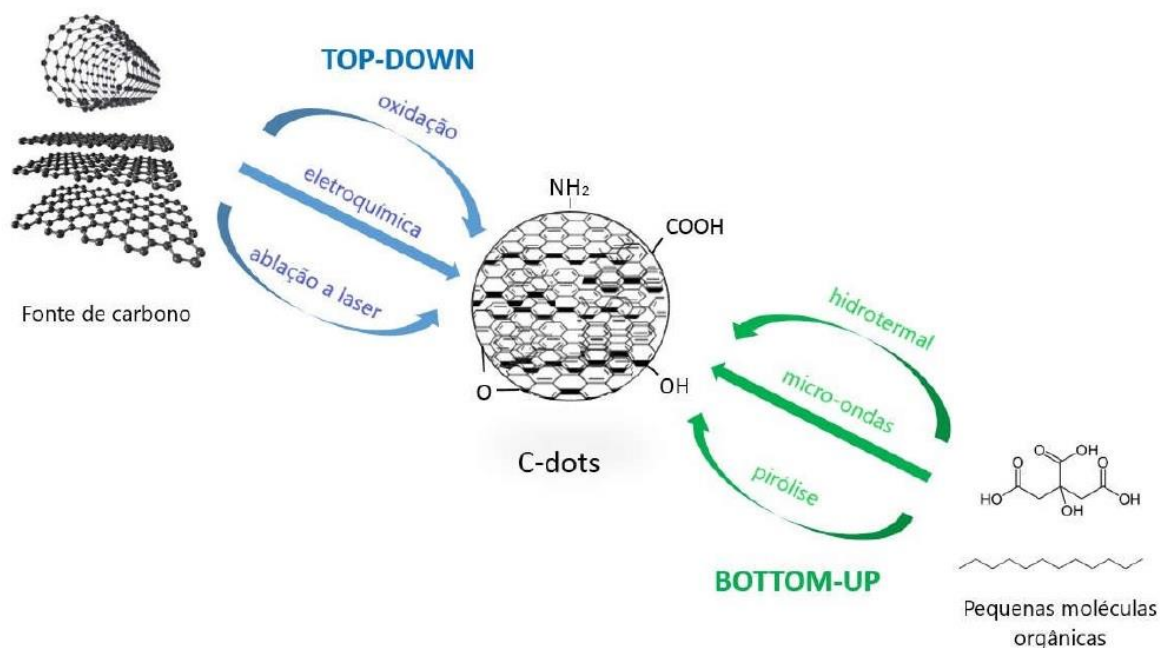
Fonte: Autoria própria (2022)

Porém dependendo ainda da forma como o ponto quântico de carbono foi gerado, este dependerá de métodos de passivação de sua superfície para possa apresentar fluorescência, além das influências da temperatura e pH do meio, que por sua vez podem alterar esta característica fluorescente. Por está e outras propriedades dos PQC's, existem diversos trabalhos nos quais são aplicados como sensores analíticos e bioimagens. Os pontos quânticos de carbono para estas finalidades, geralmente são obtidos a partir de técnicas que não necessitam de etapas de passivação posteriores, e que permitem ainda, modificações de sua superfície, possibilitando a este material, um melhoramento em sua biocompatibilidade e estabilidade, fatores relevantes de controle para estas aplicações. Um exemplo de aplicação biológica foi apresentada por Song et al., (2014) onde os autores detalhavam a exploração da possibilidade funcionalizadora na superfície dos PQC's como imageamento de células plasmódias.

A estrutura dos pontos quânticos de carbono é formada majoritariamente por carbono hibridizado sp<sup>2</sup> característica da estrutura grafitica, possuindo também de forma mais desordenada carbonos sp<sup>2</sup> e sp<sup>3</sup> tendo em comum suas extremidades que são compostas de grupos funcionais. Essas estruturas geralmente contêm nitrogênio, oxigênio e hidrogênio, dependendo de sua fonte inicial. Dentre estes grupos funcionais, é possível identificar grupos carboxilas, hidroxilas e aldeídos, sendo que a porcentagem de cada átomo pode variar de acordo com a síntese utilizada e os reagentes (GOEDTEL, 2019).

Existem duas principais classificações dos procedimentos de obtenção de pontos quânticos de carbono, sendo estes o "*bottom-up*" ("de baixo para cima") e "*top-down*" ("de cima para baixo"). Fontes de maior escala, derivados de carbono polimérico são utilizados para obtenção de pontos quânticos de carbono pela classificação *top-down*, dentro deste estão os métodos de ablação a laser, eletroquímica e oxidação, assim como podemos visualizar na Figura 2 (LUTSYK, 2019).

Figura 2 – Resumo dos processos de obtenção de pontos quânticos de carbono.



Fonte: Adaptado TESA (2019).

Quanto à classificação de *bottom-up*, fontes de carbono molecular são os mais indicados, como por exemplo, ácidos orgânicos, resíduos orgânicos provenientes de indústrias ou residenciais (cascas de frutas, borra de café entre outras fontes) ou todos os compostos que o principal precursor seja o carbono Simões (2014). Os métodos mais aplicados, mais simples e de menor custo quando comparado ao *top-down* é a pirólise, micro-ondas e hidrotérmico (TESA, 2019).

A Tabela 1 traz a relação dos métodos de obtenção de pontos quânticos de carbono as matérias primas e aplicações até o presente momento e seus respectivos autores.



Tabela 1 – Resumo das metodologias aplicadas recentemente para obtenção de pontos quânticos de carbono e aplicações.

<b>Abordagem</b>	<b>Método</b>	<b>Matéria-prima</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Referência</b>
<i>Bottom-up</i>	Pirólise	Ác. Cítrico	Aprimoramento das propriedades fotoluminescentes	Mesquita (2020)
	Micro-ondas	Ác. Diaminobenzóico	Sensores de papel	Silva (2022)
	Pirólise	Copolímeros	Propriedades fotoluminescentes	Carmo (2020)
	Hidrotérmico	Suco de Ciriguela	Sensor de pH	Pádua (2019)
	Hidrotérmico	Sacarose	Carreador de Nitrogênio	Wang et al. (2018)
<i>Top-down</i>	Eletroquímico	Acetona	Nanocompósito poliméricos de Poli	Machado (2019)

Fonte: Autoria própria (2022)

Dentre todas as suas propriedades surpreendentes que os PQC's possuem, estas nanopartículas têm chamado muita atenção para a agricultura, na melhora do crescimento e desenvolvimento de plantas, sendo apresentado grandes progressos nesta área (TAJIK, 2020).

A utilização dos PQC's como nanofertilizantes é pouco documentada ainda quando comparados aos estudos dos fertilizantes convencionais, por exemplo: ureia e fosfato. Os fertilizantes convencionais apresentam tamanhos de partículas maiores em estado sólido, possivelmente encontrados em uma menor escala de milímetros e muitas vezes não podem ser absorvidos pelas plantas, sendo necessário todo um ciclo de lixiviação destas grandes partículas por precipitações dos quais ao longo de um certo período se encontrariam disponível enfim para serem absorvidos pelas plantas. O contrário, os nanofertilizantes, nanopartículas dopadas com nitrogênio, ou diferentes heteroátomos de interesse, permitem uma absorção mais rápida e completa nas plantas (WANG, 2019).

Segundo Martins (2013) a disponibilidade de nitrogênio provindo da aplicação de ureia comercial agrícola, demanda de no mínimo três dias para atingir os picos de maiores concentração na planta a partir da variação do pH do meio, correlatos de ótimas condições de aplicação e controle, sem incidência de chuvas e ou outros fatores que podem prolongar este período e ou diminuir a disponibilidade de nitrogênio.

Os grupos hidrofílicos presentes nos pontos quânticos de carbono (grupos hidroxila e carboxila) na superfície das nanopartículas agem como sítios de ligação para moléculas de água, que entram na planta acompanhado de outras moléculas ou

heteroátomos de interesse. Assim sendo, se a semente atinge seu equilíbrio de nutrientes disponível e apresentar umidade adequada, as sementes podem promover sua germinação e acelerar o crescimento das mudas de plantas (LI, 2020).

A absorção de água pelas plantas é acompanhada pela absorção de nutrientes. Os grupos hidroxila e carboxila em sua superfície conferem às nanopartículas capacidade adsorvente de vários íons metálicos ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  e  $Fe^{3+}$ ), que são nutrientes importantes para o crescimento das plantas. O maior teor de macronutrientes em plantas tratadas com nanopartículas em comparação aos controles indica que as nanopartículas são capazes de carregá-los nas plantas (LI, 2020).

## **4.2 Óleo essencial**

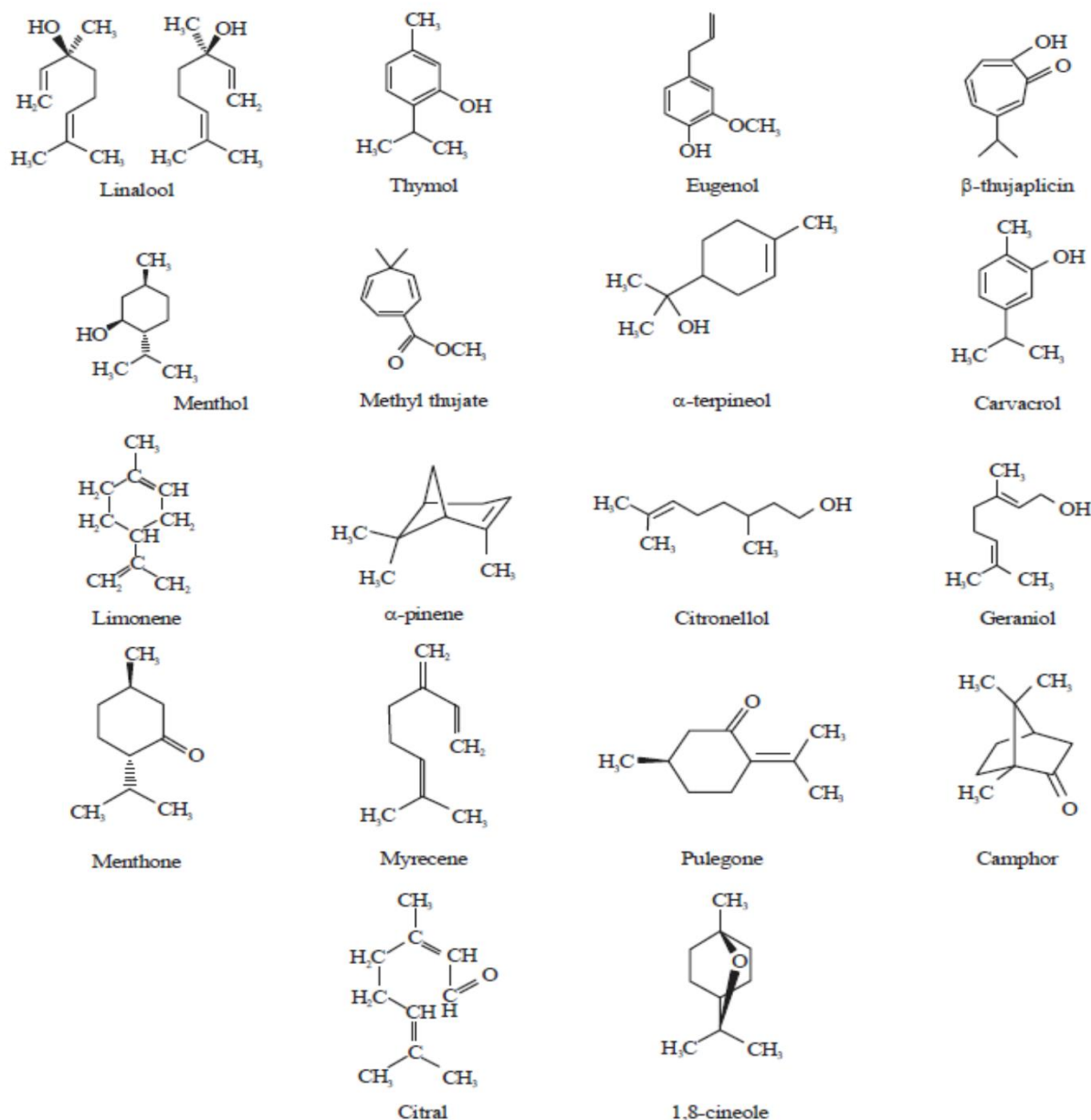
Ao passar dos anos, assim como o homem, as plantas desenvolveram métodos de sobrevivência, tal como sua capacidade de adaptação e controle do meio em que se está presente e capacidade de se defender de pragas indesejadas, sendo este um dos mecanismos de defesa mais estudado. As plantas são capazes de produzir uma secreção hidrofóbica, com características interessantes em que consegue repelir diversas pragas, que por outro lado, sem este controle das pragas, as plantas poderiam se tornar doentes e envelhecerem mais rapidamente que o ciclo normal (BRUM et al., 2014).

Desta forma alguns extratos de plantas com características hidrofóbicas, são conhecidos como óleos essenciais, e nos entregam diversas possibilidades de aplicações. Estes óleos são compostos complexos constituídos de alcaloides, terpenoides e compostos fenólicos, além disso possuem odor e fragrância geralmente característico de sua origem (BRUM et al., 2014).

Os óleos são principalmente extraídos do caule, folhas, flores e raízes das plantas, entretanto, diversos fatores sazonais podem influenciar na qualidade final dos óleos, como estação, quantidade de luz, quantidade de água, solo, altitude e latitude, além desses fatores, a genética da planta, manejo na colheita e preparo para extração, são importantes Mossa (2016). Para ser extraído existem diferentes métodos como, prensagem a frio, extração por solventes voláteis, arraste a vapor d'água e  $CO_2$  supercrítico (SIMÕES, 1999).

Diante de uma grande quantidade de óleos essenciais, os mais estudados quanto a sua atividade inseticida é demonstrado na Figura 3, dentre eles consta o composto “*Limonene*” ou *Limoneno*, composto este explorado neste trabalho.

Figura 3 – Estrutura química de alguns compostos encontrados em óleo essencial com atividade inseticida.



Fonte: Adaptado MOSSA (2016).

Por diversas vezes os óleos essenciais são mencionados na literatura como biopesticidas. Os óleos de capim-limão, citronela, chá mexicano e noni por exemplo, foram testados em laboratório para inibição do uredíniosporos de *Olivea neotectonae*, este agente é responsável pela ferrugem da teca (*Tectona grandis L.f.*). Osório e

colaboradores (2018) conseguiram demonstrar em seu estudo que os óleos de capim-limão e noni inibiram 100% da germinação de urediniósporos em concentrações de 2000 e 1500  $\mu\text{L.L}^{-1}$ .

Em análises de controle contra mosca-branca e ácaro rajado, Ribeiro (2014) apresenta a utilização de óleos provindos de espécime *citrus*, o qual fez parte do o limão siciliano, e seus resultados obtidos quanto aos efeitos de repressão destas pragas, demonstraram-se promissores, apresentando boas taxas de toxicidades perante o controle destas pragas.

#### **4.3 Mecanismos de absorção de nutrientes nas plantas**

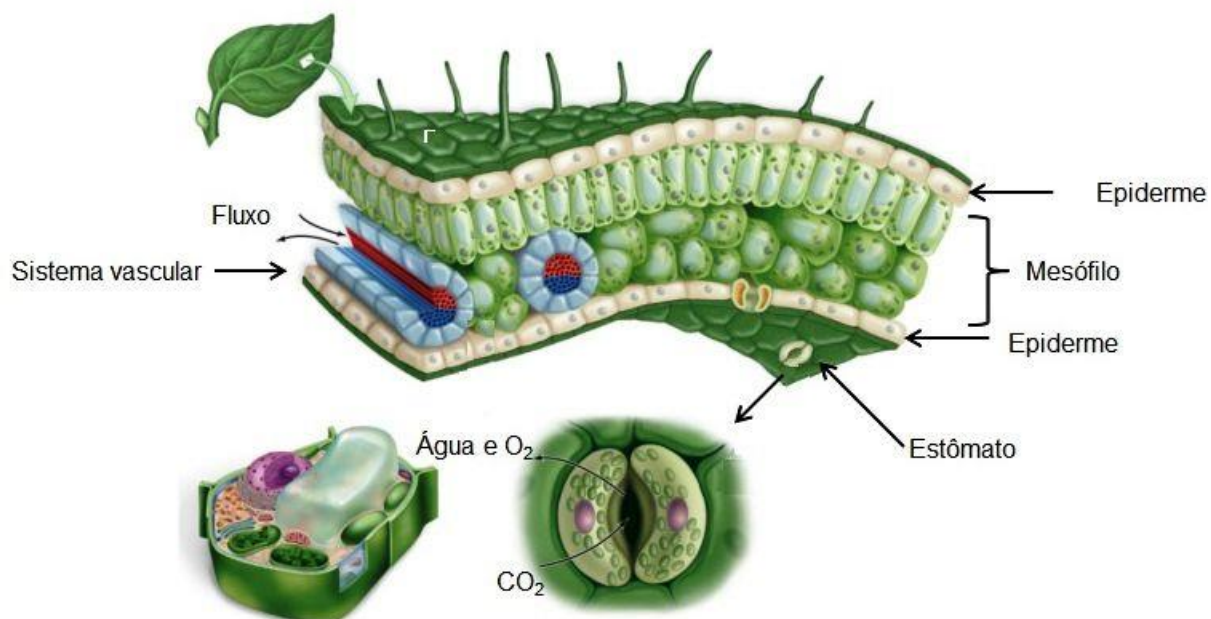
As plantas em geral apresentam uma capacidade de adaptação e sobrevivência indiscutível, sua alimentação consiste em absorção de nutrientes diretamente das raízes, translocando cada nutriente para determinadas áreas onde executam certas funções dentro de toda sua estrutura, mantendo suas necessidades sempre em equilíbrio. Por outro lado, se sua fonte de nutrientes estiverem presentes nas folhas e/ou partes aéreas em geral, (folhas, flores, frutos, caule) estes podem apresentar uma outra forma de processar estes nutrientes, onde consiste de formas de absorção, sendo absorção foliar, penetração cuticular e absorção no interior celular das folhas, sendo translocado e utilizado como nutriente pela planta (FERNÁNDEZ, 2015).

Sua superfície é uma estrutura complexa proveniente de muitas evoluções, químicas e físicas, que por sua vez as fortificam contra diversos fatores como temperatura desfavorável, vento, déficit de pressão de vapor, herbívoros, danos físicos, poeiras, chuvas, poluentes, produtos químicos antropogênicos, insetos e patógenos. Estas mesmas estruturas são muito eficazes no que diz respeito ao controle de entrada e saída de vapores d'água, assim como limitar suas perdas de nutrientes, sistema que conferem às plantas uma proteção ao estresse ambiental (FERNÁNDEZ, 2015).

As superfícies das folhas no geral são cobertas por uma cutícula hidrofóbica e que podem possuir células epidérmicas modificadas, conhecidas como tricomas e estômatos. A camada de cera que cobre a superfície lhe confere o caráter hidrofóbico, essa característica varia conforme sua espécie, natureza química e topografia. Os estômatos e tricomas são principais influências na transpiração e condução da água e nutrientes, fator cerne para o crescimento da planta (FERNÁNDEZ, 2015).

Em uma imagem da seção transversal da folha de angiosperma, Figura 4, podemos identificar cada uma das camadas da epiderme superior e inferior, por mais que existem suas diferenças entre as espécies, de modo geral os principais responsáveis pelo transporte de nutrientes e água são as cutículas e estômatos (FERNÁNDEZ, 2015).

Figura 4 – Corte da seção transversal da folha angiosperma.



Fonte: Adaptado de Escola Educação (2020).

Estas estruturas desempenham um papel fundamental em todo o sistema, as plantas que apresentam sua maior parte aérea receberão uma dose maior de qualquer pulverização aplicada, tendo maior área de contato com a chuva, demonstrando um equilíbrio eco fisiológico, pois o mesmo sistema que impede a desidratação também atua no controle da absorção da água em condições de crise hídrica. (FERNANDEZ et al., 2009).

As plantas em sua grande maioria apresentam uma pausa na absorção de nutriente de forma radicular, quando essa diminuição é identificada ao mesmo tempo pode ser notado um grande aumento da atividade de translocação de nutrientes das folhas para as sementes, no início do ciclo de maturação, essas observações realizadas por Borket (1987) são as bases de sustentação científica que suportam a efetividade de toda aplicação por método foliar.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 Materiais

Os materiais utilizados na síntese dos pontos quânticos de carbono foram açúcar cristal obtido no comércio local, sua composição majoritária é de aproximadamente 99,6 % de sacarose, 0,10 % de sais minerais, 0,07 % de umidade e 0,23 % de outros componentes. Foi utilizado Ureia P.A da marca NEON como fonte de nitrogênio com teor de pureza de aproximadamente 99,14 %. O solvente utilizado foi água ultrapurificada Milli-Q<sup>®</sup>, que foi obtido pelo equipamento Direct-Q 3 UV, Merck<sup>®</sup>. O óleo essencial foi obtido pela empresa Via Aroma, com laudo cromatográfico adquirido e em anexo neste trabalho. O óleo utilizado nas formulações foi o óleo essencial de limão siciliano, *Citrus Limon*, *L. Burm. f.*

### 5.2 Métodos

#### 5.2.1 Síntese assistida por Micro-ondas

Foram preparadas soluções contendo sacarose e diferentes concentrações de ureia, ambos diluídos em 50 mL água ultrapurificada, em três diferentes concentrações de ureia sendo 1%, 5% e 10% volume/volume de modo arbitrário, intitulados assim para a amostra contendo apenas a sacarose a sigla AS, e para as amostras contendo açúcar e ureia em diferentes concentrações a sigla ASU1, ASU5 e ASU10, cujo sufixo numérico relacionado a concentração de ureia no meio.

Após preparadas, as amostras foram levadas ao forno micro-ondas, os quais foram tratados por 10 minutos em potência máxima permitida pelo equipamento de 1500 Watts, a cada uma das concentrações. Após, cada amostra foi resfriada lentamente até chegar à temperatura ambiente, e filtrada em papel de filtro faixa azul, por gravidade. As amostras foram armazenadas sob refrigeração.

#### 5.2.2 Formulações com óleo essencial

Foi selecionado a amostra AS e uma das amostras contendo ureia que visualmente apresentou maior intensidade de fotoluminescência sob luz UV, sendo esta a amostra ASU5. O óleo de limão siciliano *Citrus Limon*, *L. Burm. f.*, foi utilizado para a realização das formulações e posteriores análises.

As amostras foram preparadas, contidos de pontos quânticos de carbono, diferenciando entre concentrado (C) e diluído (D) com água ultrapurificada 50% volume/volume, atribuindo o prefixo C e D respectivamente na nomenclatura, e acrescidos de 5%, 10% e 20% volume/volume do óleo essencial. Obtendo assim ASU5C5, ASU5C10, ASU5C20, ASU5D5, ASU5D10 e ASU5D20. Todas as formulações foram submetidas a agitação por 24 horas, ao fim do processo, deixadas em repouso para separação por densidade, e coletada somente a parte aquosa descartando o sobrenadante oleoso. As amostras foram então armazenadas sob refrigeração.

### **5.3 Métodos de caracterização**

#### **5.3.1 Espectroscopia na região do Infravermelho (FT-IR)**

As amostras AS, ASU5, ASU5C20 e ASU5D20, foram secas por pelo menos 18 horas em estufa a temperatura de 60°C e analisadas em espectrofotômetro com transformada de Fourier na região do infravermelho (FTIR), no modo de refletância total atenuada (ATR), com espectros adquiridos na faixa de 4000 – 650  $\text{cm}^{-1}$ , e 4  $\text{cm}^{-1}$  de resolução.

#### **5.3.2 Espectroscopia na região do Ultravioleta-Visível (uv-Vis)**

Foram enviados as amostras e obtidos espectros na faixa de 200 e 700 nm, das amostras ASU, ASU5C5, ASU5C10, ASU5C20, ASU5D5, ASU5D10 e ASU5D20, em um Espectrofotômetro UV-VISÍVEL – Marca: Jasco – Modelo: V-630 localizado na Central de Análises Químicas Instrumentais – CAQI do Instituto de Química de São Carlos, sendo a água ultrapurificada usada como branco.

#### **5.3.3 Fluorescência molecular**

As amostras foram avaliadas quanto ao *quenching* de fluorescência *carbon dots* ASU puros e as soluções com o óleo, ASU5C5, ASU5C10, ASU5C20, ASU5D5, ASU5D10 e ASU5D20. As amostras foram enviadas à Central de Análises Químicas Instrumentais – CAQI do Instituto de Química de São Carlos para as medidas e estas foram feitas em um Espectrofluorímetro – Marca: Hitachi – Modelo: F-4500.

#### 5.4 Aplicações dos pontos quânticos e formulações com óleo

Foram aplicados os pontos quânticos de carbono dopados com ureia como fonte de nutriente, em cultivo de hortaliças da região de Toledo/PR, sendo disponibilizado para teste o cultivo de alface-crespa, o qual foi realizada uma formulação de 0,05% para um litro de água, e utilizado na regagem de dez mudas de alface-crespa, o controle recebeu somente água.

Foram realizados testes de germinação com sementes de milho híbridos, informações técnicas não encontradas, devido extravio da embalagem original, porém é o mais comum utilizados no plantio de milho visando a produção de silagem, para este teste foi recolhido uma porção de terra virgem, coletada mata a dentro nas proximidades do sítio que se realizava os testes com as alfaces, e dentro de copos plásticos foram adicionados a terra, as sementes e formulação de 0,05% de pontos quânticos e ureia, realizado em triplicata e um controle tratado apenas com água.

Para avaliar os efeitos do excesso da aplicação dos pontos quânticos de carbono, foi adquirido em uma agropecuária local, sementes de pepino, pimentão, tomate-cereja, milho doce e feijão, além de um substrato para cultivo. Para cada uma destas sementes foi dividido em quatro análise em concentrações maiores de pontos quânticos de carbono, sendo 0,01mL/mL, 0,05mL/mL e 0,1mL/mL e um controle.

Os pontos quânticos de carbono formulado com óleo essencial de limão siciliano, não pode ser testado de forma efetiva, devido aos agravantes climáticos e precipitação que não cessaram por um longo período, em poucas oportunidades possíveis de se encontrar a cigarrinha nas lavouras da região, esta foi encontrada em poucos números na região de Dez de Maio, distrito de Toledo/PR, em uma plantação de pasto tipo *Tifton* para alimentação de gado leiteiro. A fim de ao menos avaliar se surtiria algum efeito da formulação sobre este inseto, foi realizada a aplicação por meio de borrifadas de cada formulação de forma não estatística.

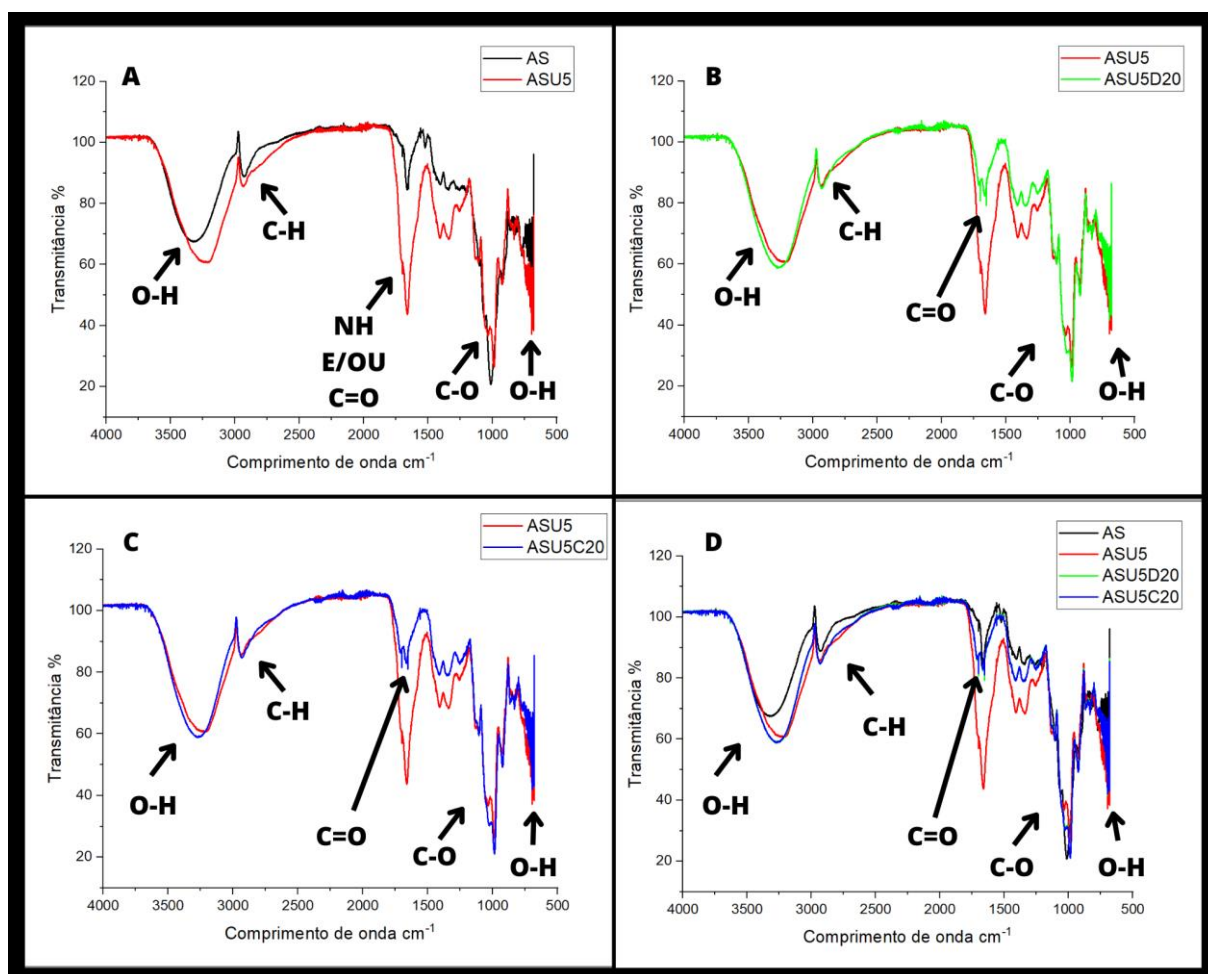


## 6 RESULTADO E DISCUSSÃO

### 6.1 Caracterização

Avaliando as formulações no espectro de FT-IR, os pontos quânticos de carbono sem e com ureia e esperando maiores mudanças no espectro apresentado, as duas formulações com pontos quânticos de carbono concentrado e diluído com o óleo essencial de maior concentração. Obtendo assim os espectros demonstrados na Figura 5, comparando a formulação apenas dos pontos quânticos de carbono AS, com a formulação adicionada 5% de ureia volume/volume ASU5 no gráfico A, e a comparação da formulação ASU5 com as respectivas formulações contendo o óleo essencial no gráfico B para formulação ASU5D20 e gráfico C para a formulação ASU5C20, o gráfico D apresenta todas as amostras sobrepostas.

Figura 5 – Análise Infravermelho por Refletância Total Atenuada.



Fonte: Autoria própria (2022).

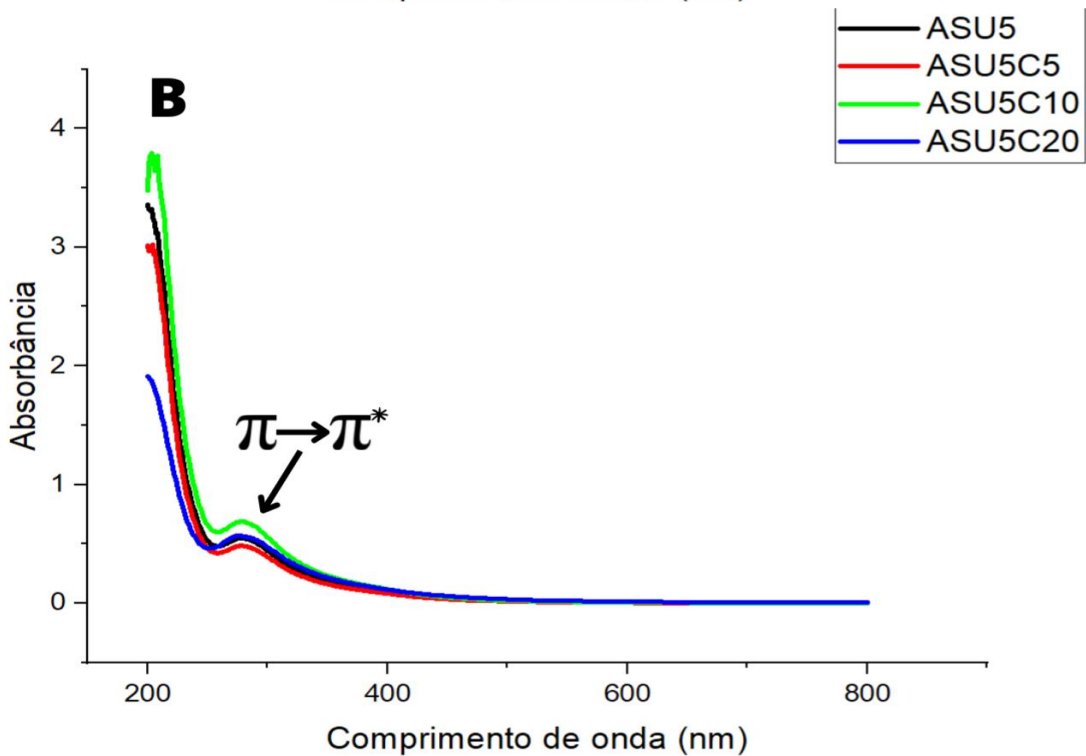
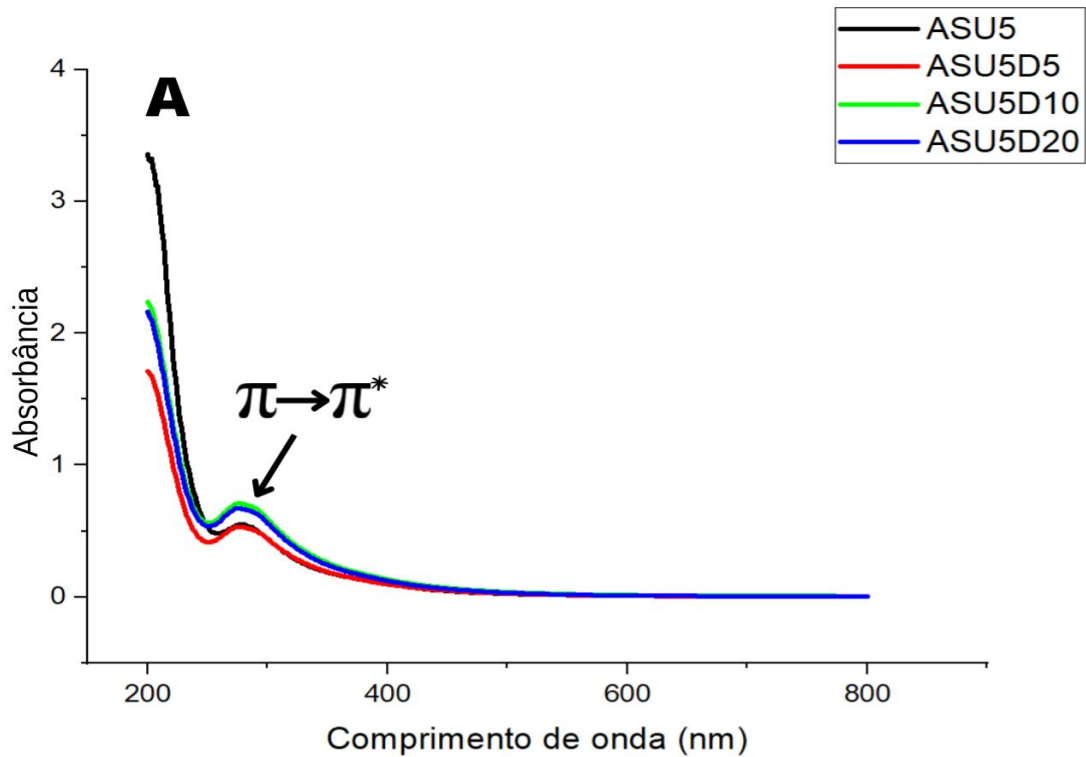
Observando a legenda do gráfico, temos AS, referente a amostra com composição apenas da sacarose, ASU5 contendo sacarose mais ureia, por fim,

ASU5D20 e ASU5C20 contendo a presença do óleo essencial, com diferente concentração dos PQC's.

Entre 3600 a 3000  $\text{cm}^{-1}$  tem-se uma banda larga referente às deformações axiais das ligações O-H, em seguida, em 2980 a 2840  $\text{cm}^{-1}$  deformações axiais de ligações de C-H principalmente  $\text{CH}_2$ , para a amostra ASU5 contida de sacarose e uréia temos um pico acentuado em aproximadamente em 1750 e 1650  $\text{cm}^{-1}$ , o qual confere duas possíveis interpretações, devido à presença do nitrogênio, esta banda pode estar relacionado a ligantes do NH, porém, esta mesma banda também ocorre para compostos que apresentam C=O, algo possível de presenciarmos como resultado nesta reação. O pico intenso em 1100 a 1000  $\text{cm}^{-1}$  confere a ligações presentes de C-O, os últimos sinais apresentando em aproximadamente 780 a 650  $\text{cm}^{-1}$  uma outra vez confirma a presença de ligações de O-H apresentando deformações angulares fora do plano (RIBEIRO, 2007).

Os resultados das análises de Uv-Vis e Fluorescência Molecular para as amostras ASU5 concentrada e diluída contendo óleo essencial de limão siciliano estão representados nas Figuras 6 e 7, respectivamente.

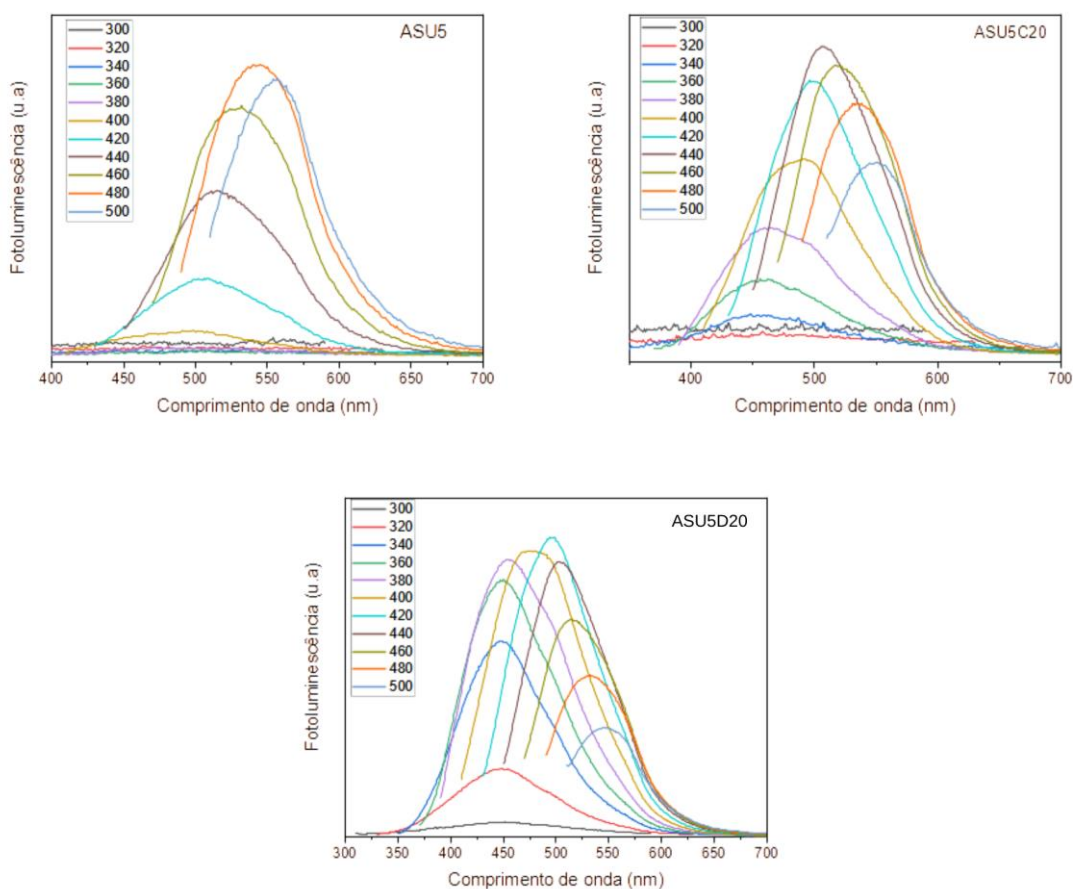
Figura 6 – Espectros de Uv-Vis das formulações com óleo essencial.



Fonte: Autoria própria (2022).

Para todas as amostras foi observado uma banda de absorção em 280 nm a qual pode ser atribuída as transições eletrônicas do tipo  $\pi \rightarrow \pi^*$  conferido a ligações insaturadas e C=C aromáticos (Li *et al.*, 2010).

Figura 7 – Análise de Fluorescência Molecular.



Fonte: Autoria própria.

Devido a composição das amostras alterarem somente na sua concentração, os espectros de emissão se comparam entre si quando avaliado a sua faixa de emissão e deslocamento de Stokes.

Para o espectro de emissão da amostra de ASU5 puro a faixa de emissão é mais intensa entre 520 a 560 nm. Os autores Peng e colaboradores (2017) discutem sobre o comportamento espectral das bandas de emissão de 350 e 550 nm, aos quais são atribuídos às transições do tipo  $\pi\text{-}\pi^*$  e  $n\text{-}\pi^*$  relacionado aos grupos funcionais presentes na superfície das nanopartículas.

Os espectros de emissão dos ASU5D20, ASU5C20 diluídos e concentrado sucessivamente, com a mesma proporção de óleo essencial no meio, apresentam bandas de emissão similares se comparados, sendo estas ocorrendo entre 450 a 550 nm. Em comparação com o espectro de emissão de ASU5 puros, as

misturas de ASU5D20 e ASU5C20, estes começam a emitir fluorescência em comprimentos de ondas menores (PENG, 2017).

Segundo MOMIN e colaboradores (2013) ao analisarem o óleo essencial de limão, apresentaram espectro de fluorescência com intensidade de comprimento de onda de 315 a 400 nm com um pico acentuado em 350 nm, valores estes distantes dos obtidos neste trabalho, compreendendo que a mistura dos pontos quânticos de carbono e o óleo podem de alguma forma ter interagido, o que explicaria a diminuição da intensidade de fotoluminescência nos comprimentos de onda de excitação 480 nm e 500 nm, os quais foram máximos para os ASU5 puro.

## 6.2 Aplicações

Foram realizados testes de germinação dos pontos quânticos de carbono e ureia a fim de avaliar este trabalho com resultado obtidos em trabalho similar apresentado por Wang *et al.*, (2018) que apresentou para a comunidade acadêmica o grande potencial destas nanopartículas quando aplicadas ainda em fase de germinação de sementes, a maior quantidade de enraizamento é facilmente notado.

A seguir na Figura 8 podemos ver os resultados das aplicações dos pontos quânticos de carbono dopados com ureia em sementes de milho híbrido e alface-crespa na Figura 8 e 9.

Figura 8 – Resultado da aplicação dos PQC's com ureia em milho híbrido.



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 9 – Resultado da aplicação dos PQCs com ureia em alface-crespa.



Fonte: Autoria própria (2022).

Para compreensão deste efeito, os fertilizantes convencionais, normalmente são partículas dispostas em estado sólido, apresentando tamanhos ligeiramente maiores na escala de milímetros, enquanto que quando comparados as nanopartículas que se encontram na escala de nanômetros, contudo, os fertilizantes convencionais acabam não sendo absorvidos pelas plantas de forma efetiva e imediata.

Quando observamos os PQCs, nota-se um maior desenvolvimento, acreditando-se que decorrido de uma maior absorção de nutrientes aos quais favorecem a planta de forma que ela possa se desenvolver melhor.

Na Figura 10, são apresentados os resultados dos efeitos do aumento da dosagem dos pontos quânticos de carbono dopados com ureia, para os cultivos de pepino, tomate-cereja e pimentão. Na Figura 11, os cultivos de milho doce e feijão. Avaliados em um período de quinze dias após plantio.

Figura 10 – Resultados da aplicação dos pontos quânticos de carbono com ureia em concentrações elevadas, pepino, tomate-cereja e pimentão.



Fonte: Autoria própria (2022).



Figura 11 – Resultados da aplicação dos pontos quânticos de carbono com ureia em concentração elevada, milho doce e feijão.

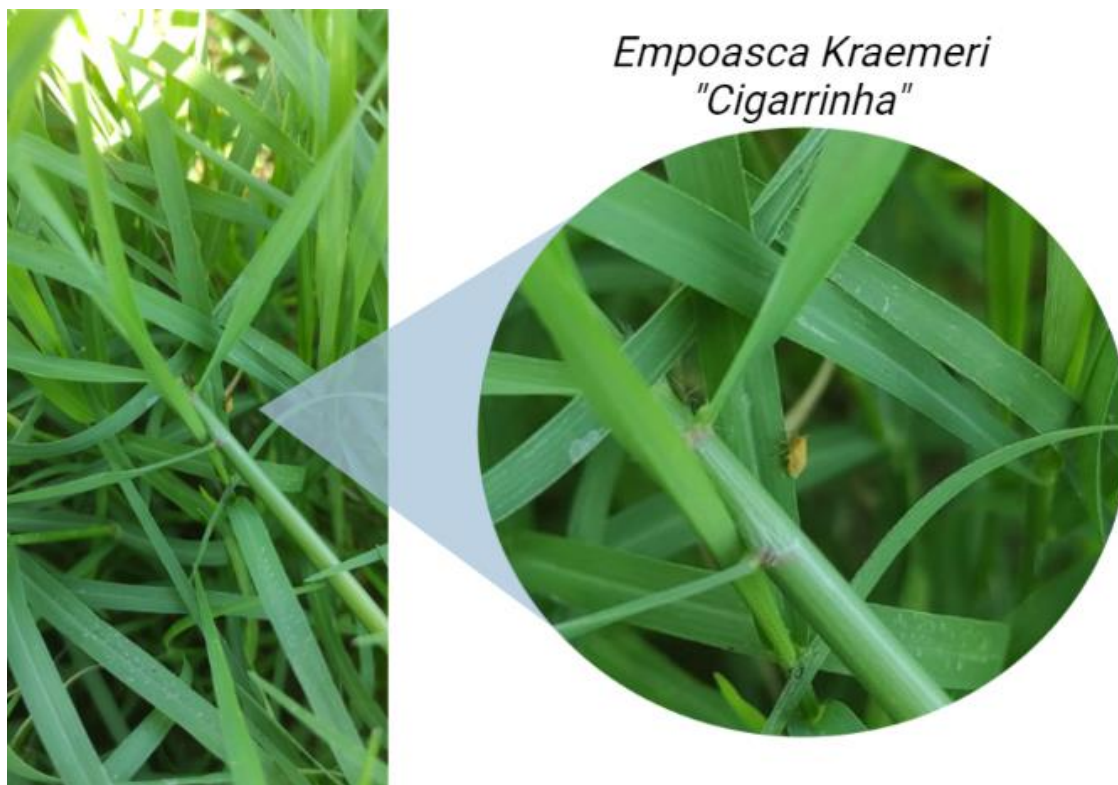


Fonte: Autoria própria (2022).

Em estudos apresentado por Wang *et al.*, (2018), foi avaliado a dosagem com melhor efeito de crescimento de raiz na fase de germinação, e neste estudo, confirmou que, quanto maior a dosagem dos pontos quânticos de carbono no meio, menos efetivo ou nenhum efeito é causado na planta, e desta forma ocorreu, este efeito ainda não foi claramente defendido, porém acredito no conceito, de que a facilidade de absorção de uma alta carga de nutrientes pela planta pode desencadear reações não desejadas, das quais dificultam a planta a assimilar estes nutrientes e não conseguir aproveitá-los de forma adequada, na Figura 10, o controle apresentou melhor resultado de germinação das sementes semeadas, no mesmo período de tempo de quinze dias, na Figura 11, para o cultivo do milho doce, este apresentou um resultado oposto do esperado, performando melhor que as menores doses, porém não melhor que o controle. Para o feijão apesar de ter se desenvolvido, foi notado que para as doses maiores suas folhas não se desenvolveram bem, o que resultaria em uma planta doente, devido a diminuição da parte área.

As formulações com óleo essencial de limão siciliano, foi testado a atividade pesticida presente no óleo, no controle de cigarrinha. Como demonstrado na Figura 12.

Figura 12 – *Empoasca Kraemeri* se alimentando da seiva da *Tifton*.



Fonte: Autoria própria (2022).

Assim como já mencionado, houve grandes dificuldade para realização destes testes, a fim apenas de avaliar de forma não estatística e não analítica se ainda assim apresentaria algum resultado, nos poucos focos encontrados da cigarrinha foram aplicados cada uma das formulações dos pontos quânticos de carbono com o óleo de limão siciliano, não obtendo resultado satisfatório quanto a atividade inseticida esperada. Resultado este podendo ser atribuído também ao tempo de formulação visto que a impossibilidade de entrar nas lavouras a busca das pragas levou um bom período de tempo, e visto que não foi realizado nenhuma estabilização das formulações, os compostos que conferem a atividade inseticida do óleo presente na formulação com o tempo se degradaria.

Em um outro momento, mais apropriado para realização de uma análise deste tipo, seria realizado a coleta destas cigarrinhas em quantidades suficientes para avaliação e validação de resultados, além de realizar novas formulações com o óleo de limão siciliano.

## 7 CONCLUSÃO

O método de síntese e matérias-primas utilizados se mostraram viáveis para obtenção de pontos quânticos de carbono.

A caracterização por FTIR mostrou a presença de grupos funcionais OH, C-H, N-H, C=O, os quais contribuem para a presença de emissão fluorescente conforme análises de fluorescência molecular realizadas para os PQC's sintetizados neste trabalho.

Os PQC's tiveram interação com o óleo essencial, ainda que não se saiba o mecanismo e por quais grupos estão interagindo, contudo uma mudança de perfil de emissão de fluorescência foi observado.

Os pontos quânticos de carbono apresentam uma vasta área de pesquisas a serem realizadas, principalmente na capacidade de escalonamento da síntese e tornar comerciável, visto que vários estudos têm demonstrados com grande êxito seus efeitos para os bens de cultivos e o baixo custo de produção, sendo um ótimo produto para conseguir suprir as necessidades da humanidade, carência está, já prevista pela ONU.

Infelizmente devido às condições climáticas que ocorreram durante o desenvolvimento deste trabalho, foi possível realizar poucas aplicações dos PQC's dopados com óleo essencial de forma efetiva, a fim do controle de pragas, que foi uma das propostas deste trabalho, em um outro momento, mais apropriado para realização de uma análise deste tipo, seria realizado a coleta destas cigarrinhas em quantidades suficientes para avaliação e validação de resultados, além de realizar novas formulações com o óleo de limão siciliano.

## REFERÊNCIAS

- AFONSO, Allan Junior Gonçalves. **Síntese e caracterização de pontos quânticos de carbono obtidos por processos bottom-up**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- BORKERT, Clóvis Manuel; SFREDO, Gedi Jorge; MISSIO, SL da S. **Soja: adubacao foliar**. Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E), 1987.
- BRUM, R.B.C.S; CASTRO, H.G; CARDON, C.H; PEREIRA, A.S; CARDOSO, D.P; SANTOS, G.R. **Antifungal activity of essential oils on pathogenic fungi**. *Magistra*, Cruz das Almas – BA, V. 26, n.3, p. 361–371, 2014.
- CARMO, Ana Paula do. **Síntese e propriedades ópticas de pontos quânticos de carbono a partir do copolímero poli (etileno glicol)-poli (propileno glicol)-poli (etileno glicol)**. 2020.
- FERNÁNDEZ, Victoria; EICHERT, Thomas. **Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization**. *Critical Reviews in Plant Sciences*, v. 28, n. 1-2, p. 36-68, 2009.
- FERNÁNDEZ, Victoria; SOTIROPOULOS, T.; BROWN, P. **Adubação foliar: fundamentos científicos e técnicas de campo**. São Paulo: Abisol, 2015.
- FLORES, Denise. **Folhas – Órgãos vegetativos em plantas**. (2020). Disponível em <https://escolaeducacao.com.br/folhas/>. Acessado em 03/12/2022.
- GOEDTEL, Lídia Caroline. **Síntese de nanopartículas de carbono luminescentes e sua aplicação em membranas**. 2019.
- LI, Yadong et al. **A review on the effects of carbon dots in plant systems**. *Materials Chemistry Frontiers*, v. 4, n. 2, p. 437-448, 2020.
- LI, Yan et al. **Crescimento in situ de nanopartículas de  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> revestidas com carbono dopado com nitrogênio em tecido de carbono para fixação eletroquímica de N<sub>2</sub>**. *ACS Química e Engenharia Sustentável*, v. 7, n. 9, pág. 8853-8859, 2019.
- LI, Weidong et al. **Síntese em escala de quilogramas de pontos quânticos de carbono para evolução de hidrogênio, sensoriamento e bioimagem**. *Chinese Chemical Letters*, v. 30, n. 12, pág. 2323-2327, 2019.
- LIMA, Rafaela et al. **Composição dos óleos essenciais de Anis-estrelado *Illicium verum* L. e de Capim-limão *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf: Avaliação do Efeito Repelente sobre *Brevicoryne brassicae* (L.)(Hemiptera: Aphididae)**. *BioAssay*, v. 3, 2008.
- LIMM, Emily Burns et al. **Foliar water uptake: a common water acquisition strategy for plants of the redwood forest**. *Oecologia*, v. 161, n. 3, p. 449-459, 2009.

LUTSYK, Petro et al. **Self-Assembly for Two Types of J-Aggregates: cis-Isomers of Dye on the Carbon Nanotube Surface and Free Aggregates of Dye trans-Isomers**. *The Journal of Physical Chemistry C*, v. 123, n. 32, p. 19903-19911, 2019.

MACHADO, Claudia Emanuele et al. **Pontos Quânticos de Carbono: Síntese Química, Propriedades e Aplicações**. *Revista Virtual de Química*, v. 7, n. 4, p. 1306-1346, 2015.

MACHADO, Thaís Rosana Cugnier et al. **Síntese e caracterização de pontos quânticos de carbono e produção de nanocompósitos poliméricos fotoluminescentes**. 2019.

MARTINS, Isaac Silva. **Doses, épocas e modos de aplicação da uréia comum e revestida na cultura do milho**. 2013.

MESQUITA, Alexandre et al. **Propriedades fotoluminescentes de pontos quânticos de carbono sintetizados a partir da pirólise do ácido cítrico**. 2020.

MOMIN, Md Abdul et al. **Identification of UV-fluorescence components for detecting peel defects of lemon and yuzu using machine vision**. *Engineering in agriculture, environment and food*, v. 6, n. 4, p. 165-171, 2013.

MOSSA, Abdel-Tawab H. **Green pesticides: Essential oils as biopesticides in insect-pest management**. *J. Environ. Sci. Technol*, 9: 354-378, 2016.

Nações Unidas Brasil. **Mundo precisará produzir 70% mais alimentos até 2050, calcula ONU**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/64466-mundo-precisara-produzir-70-mais-alimentos-ate-2050-calcula-onu> – Acessado em 23/10/2022.

OSORIO, P.R.A; LEO, E.U; VELOSO, R.A; MOURAO, D.S.C; SANTOS, G.R. **Essential Oils for Alternative Teak Rust Control**. *Floresta e Ambiente*, v. 25, n. 2, p. 1–9, 2018.

PÁDUA, Jonathan Eduardo da Silva. **Desenvolvimento de um novo ponto quântico de carbono a partir de bioprecusores regionais para atuação como sensor de ph e ser uma alternativa aos métodos existentes**. 2019.

PENG, Zhili et al. **Carbon dots: biomacromolecule interaction, bioimaging and nanomedicine**. *Coordination Chemistry Reviews*, v. 343, p. 256-277, 2017.

RIBEIRO, Carlos Magno R.; SOUZA, Nelson Ângelo de. **Esquema geral para elucidação de substâncias orgânicas usando métodos espectroscópico e espectrométrico**. *Química Nova*, v. 30, p. 1026-1031, 2007.

RIBEIRO, Nicolle De Carvalho. **POTENCIAL DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DOS GÊNEROS Citrus, Mangifera E Piper VISANDO SUA UTILIZAÇÃO NO MANEJO DA MOSCA-BRANCA E DO ÁCARO RAJADO** por. 2014

SILVA, Larissa. **Sensores de papel fluorescentes baseados em pontos quânticos de carbono para a determinação do cloranfenicol**. 2022.

SIMÕES, M. B. **Estudo da síntese de carbon dots via carbonização hidrotérmica e avaliação frente à biosistemas**. 2014.

SONG, Zhi-Ling et al. **Alkyne-functionalized superstable graphitic silver nanoparticles for Raman imaging**. *Journal of the American Chemical Society*, v. 136, n. 39, p. 13558-13561, 2014.

TAJIK, Somayeh et al. **Carbon and graphene quantum dots: A review on syntheses, characterization, biological and sensing applications for neurotransmitter determination**. *RSC Advances*, v. 10, n. 26, p. 15406-15429, 2020.

TESA, Maria. **Photoluminescence Spectroscopy of Carbon Dots**. *Edinburgh Instruments*, v.1, n.1, p. 1-3, 2019.

XU, Xiaoyou et al. **Electrophoretic analysis and purification of fluorescent single-walled carbon nanotube fragments**. *Journal of the American Chemical Society*, v. 126, n. 40, p. 12736-12737, 2004.

WANG, Aiwu et al. **Facile Synthesis of Nitrogen-Rich Carbon Dots as Fertilizers for Mung Bean Sprouts**. *Advanced Sustainable Systems*, v. 3, n. 3, p. 1800132, 2019.

ZHAO, Andong et al. **Recent advances in bioapplications of C-dots**. *Carbon*, v. 85, p. 309-327, 2015.

ZHOU, Ding et al. **Pontos de carbono produzidos por aquecimento a vácuo confinado ao espaço: mantendo a luminescência eficiente nos estados disperso e agregado**. *Nanoscale Horizons*, v. 4, n. 2, pág. 388-395, 2019.

## **ANEXO A – Certificado de análises químicas**





### CERTIFICADO DE ANÁLISE QUÍMICA

Solicitante: **VIA AROMA** Indústria de Aromatizadores de Ambientes Ltda CNPJ : 04.612.952/0001-17

**ÓLEO ESSENCIAL de LIMÃO SICILIANO**

Nome comercial: Óleo Essencial de Limão Siciliano

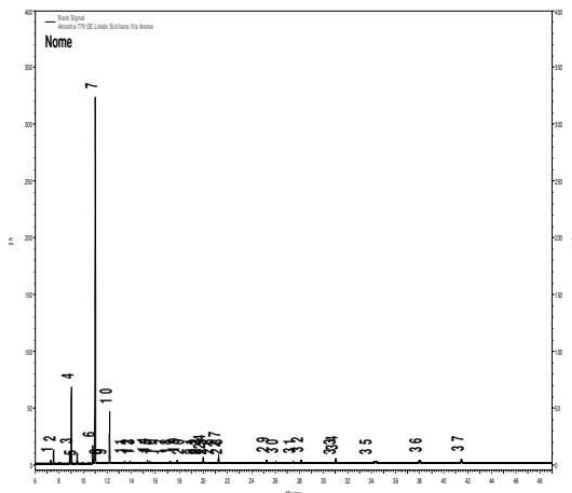
Nomenclatura botânica: *Citrus limon*

Extração: Prensagem a frio

Parte da planta: Cascas da fruta

#### Composição Química

Pico	IR <sub>calc</sub>	Composto	Area %
1	909	α-tujeno	0,3
2	915	α-pineno	1,7
3	949	sabineno	1,5
4	952	β-pineno	10,2
5	959	mirceno	1,3
6	998	p-cimeno	2,6
7	1004	limoneno	64,5
8	1012	Z-β-ocimeno	0,1
9	1023	E-β-ocimeno	0,1
10	1034	γ-terpineno	7,6
11	1065	α-terpinoleno	0,2
12	1078	linalol	0,2
13	1082	óxido de trans-linalool	0,1
14	1114	nonanal	0,3
15	1119	p-menta-2,8-dien-1-ol	0,2
16	1128	cânfora	0,1
17	1151	trans-verbenol	0,1
18	1163	terpinen-4-ol	0,3
19	1178	α-terpineol	0,4
20	1188	mirtenal	0,1
21	1214	cis-carveol	0,1
22	1223	citronelol	0,1
23	1225	trans-carveol	0,1
24	1234	neral	0,9
25	1236	nerol	0,1
26	1251	acetato de linalila	0,1
27	1266	geranial	1,3
28	1269	α-citral	0,1
29	1368	acetato de nerila	0,5
30	1388	acetato de geranila	0,2
31	1425	β-cariofileno	0,2
32	1442	trans-α-bergamoteno	0,5
33	1510	β-bisaboleno	0,1
34	1516	γ-cadineno	0,8
35	1587	óxido de cariofileno	0,1
36	1694	farnesol	0,9
37	1783	p-metoxicinnamato de etila outros	0,9 1,4



Mirra Angelina Neres da Silva  
Mirra Angelina Neres da Silva  
Química UFMG/DQ  
labrom25dq@qui.ufmg.br  
mirrajolie@yahoo.com.br  
Belo Horizonte, 22 de março  
de 2022.

Método de análise: Cromatografia Gasosa de Alta Resolução. Cromatógrafo a Gás AGILENT 7820A. Coluna: RXI-5MS 30m x 0,25mm x 0,25 μm (Restek). Temp.: Coluna: 50°C (0 min), 3°C/min a 220°C. Injetor: 220°C Split: 1/50. Detector FID: 220°C. Volume de injeção: 2 μl (2% v/v em acetato de etila).