

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PROF. ARMANDO JOSÉ FARINAZZO  
CENTRO PAULA SOUZA

Amanda de Azevedo Pinto  
Isabela Holanda Magalhães  
Kédma Raiany Malavazi Ribeiro  
Larissa Daniele Munhoz da Silva

BIOMASSA PROVENIENTE DA LARANJA COMO BIOSORVENTE DO  
GLIFOSATO PARA DESCONTAMINAÇÃO EM MEIO AQUOSO

Fernandópolis  
2023

Amanda de Azevedo Pinto  
Isabela Holanda Magalhães  
Kédma Raiany Malavazi Ribeiro  
Larissa Daniele Munhoz da Silva

## BIOMASSA PROVENIENTE DA LARANJA COMO BIODSORVENTE DO GLIFOSATO PARA DESCONTAMINAÇÃO EM MEIO AQUOSO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico em **Química**, no Eixo Tecnológico de **Controle e Processos Industriais**, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação do Professor **Alex de Lima**.

Fernandópolis  
2023

Amanda de Azevedo Pinto  
Isabela Holanda Magalhães  
Kédma Raiany Malavazi Ribeiro  
Larissa Daniele Munhoz da Silva

## BIOMASSA PROVENIENTE DA LARANJA COMO BIOSORVENTE DO GLIFOSATO PARA DESCONTAMINAÇÃO EM MEIO AQUOSO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico em **Química**, no Eixo Tecnológico de **Controle e Processos Industriais**, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação do Professor **Alex de Lima**.

Examinadores:

---

Alex de Lima

---

Luana Menezes

---

Tais Batista Marino

Fernandópolis  
2023

## DEDICATÓRIA

Dedicamos o presente estudo a todos que nos auxiliaram durante a elaboração do trabalho e, principalmente, aqueles que acreditaram no nosso potencial.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a nossas famílias por todo apoio oferecido durante o período de desenvolvimento do trabalho, ao corpo docente do curso de Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio, o qual contribuiu compartilhando seu vasto conhecimento conosco e, especialmente, ao orientador e professor Alex de Lima, por auxiliar em cada etapa e se dedicar de forma imensurável durante toda a nossa trajetória.

## EPÍGRAFE

“Devemos acreditar que somos talentosos para algumas coisas, e que essa coisa, a qualquer custo, deve ser alcançada.”

- Marie Curie.

# BIOMASSA PROVENIENTE DA LARANJA COMO BIODSORVENTE DO GLIFOSATO PARA DESCONTAMINAÇÃO EM MEIO AQUOSO

Amanda de Azevedo Pinto  
Isabela Holanda Magalhães  
Kédma Raiany Malavazi Ribeiro  
Larissa Daniele Munhoz da Silva

**RESUMO:** O atual mundo globalizado trouxe consigo uma alta demanda de produtos agrícolas, fundamentais para garantir a subsistência da sociedade contemporânea. Essa demanda gerou o aumento exponencial do uso de defensivos agrícolas nas plantações, a fim de melhorar o cultivo e colheita das matérias-primas. Nesse contexto, o defensivo mais comercializado, atualmente, é o herbicida glifosato, o qual age no controle de plantas daninhas que atrapalham o plantio. Em contrapartida, essa substância tornou-se um grande contaminante ambiental, uma vez que seu uso exacerbado está relacionado com a contaminação dos recursos hídricos, afetando a qualidade da água. Além disso, o alto índice de glifosato no meio ambiente pode ocasionar danos à saúde humana, sendo responsável pelo desenvolvimento ou agravamento de diversas enfermidades. Com isso, o vigente trabalho possui o intuito de criar uma alternativa para conter os danos causados pelo herbicida, produzindo uma biomassa a partir dos resíduos industriais da laranja. Além disso, analisou-se a eficácia da biomassa tratada e não tratada para o processo de adsorção, a qual pode ser conferida por meio da análise quantitativa realizada no espectrofotômetro Uv-vis. Para isso, foi necessário a complexação da amostra de glifosato com a Ninhidrina, caracterizada pela coloração púrpura de Ruhemann, visto que o analito é incolor e, portanto, não é possível analisá-lo individualmente.

**Palavras-chave:** Adsorção. Biomassa. Glifosato. Laranja. Ninhidrina.

**ABSTRACT:** The current globalized world has brought with it a high demand for agricultural products, fundamental to ensure the livelihood of contemporary society. This demand generated an exponential increase in the use of pesticides in plantations in order to improve the cultivation and harvest of raw materials. In this context, the most commercialized pesticides, currently, is the herbicide glyphosate, which acts in the control of weeds that hinder planting. In contrast, this substance has become a major environmental contaminant, since its exacerbated use is related to the contamination of water resources, affecting water quality. In addition, the high rate of glyphosate in the environment can cause damage to human health, being responsible for the development or worsening of various diseases. Thus, the current work aims to create an alternative to contain the damage caused by the herbicide, producing biomass from the industrial residues of orange. In addition, the efficacy of the treated and untreated biomass for the adsorption process was analyzed, which can be

conferred through the quantitative analysis performed in the Uv-vis spectrophotometer. For this, it was necessary the complexation of the glyphosate sample with Ninhydrin, characterized by Ruhemann purple color, since the analyte is colorless and therefore it is not possible to analyze it individually.

**Keywords:** Adsorption. Biomass. Glyphosate. Ninhydrin. Orange.

**RESUMEN:** El actual mundo globalizado trajo consigo una alta demanda de productos agrícolas, fundamentales para garantizar la subsistencia de la sociedad contemporánea. Esa demanda generó el aumento exponencial del uso de defensivos agrícolas en las plantaciones, a fin de mejorar el cultivo y cosecha de las materias primas. En ese contexto, el defensivo más comercializado, actualmente, es el herbicida glifosato, el cual actúa en el control de malas hierbas que obstaculizan la siembra. En cambio, esa sustancia se ha convertido en un gran contaminante ambiental, ya que su uso exacerbado está relacionado con la contaminación de los recursos hídricos, afectando la calidad del agua. Además, el alto índice de glifosato en el medio ambiente puede ocasionar daños a la salud humana, siendo responsable del desarrollo o agravamiento de diversas enfermedades. Con eso, el vigente trabajo tiene el objetivo de crear una alternativa para contener los daños causados por el herbicida, produciendo una biomasa a partir de los residuos industriales de la naranja. Además, se analizó la eficacia de la biomasa tratada y no tratada para el proceso de adsorción, que puede determinarse mediante el análisis cuantitativo realizado en el espectrofotómetro Uv-vis. Para eso, fue necesaria la complejión de la muestra de glifosato con la Ninhidrina, caracterizada por la coloración púrpura de Ruhemann, ya que el analito es incoloro y, por lo tanto, no es posible analizarlo individualmente.

**Palabras clave:** Adsorción. Biomasa. Glifosato. Naranja. Ninhidrina.

## 1. INTRODUÇÃO

Na contemporaneidade, os recursos naturais vêm garantindo seu espaço nos debates mundiais a respeito da preservação do meio ambiente. Esses são classificados baseando-se em suas principais características, sendo eles divididos em biológicos, minerais, hídricos ou energéticos. Alguns exemplos são os rios, o solo, as plantas, o oxigênio e a radiação solar, que são essenciais para a subsistência humana. Porém, com a crescente urbanização, houve o aumento exponencial da exploração desses meios para que as demandas sociais fossem supridas. Logo, com a negligência da sociedade perante a utilização exacerbada

desses elementos naturais, o crescimento industrial se propagou por diversos países, acentuando os impactos ambientais. Visto que, de acordo com Oliveira (2002), os impactos ambientais aumentaram, de maneira significativa, após o desenvolvimento das indústrias devido ao crescimento populacional e as necessidades provindas da alta demanda do comércio.

Um claro exemplo desses fatores supracitados é a contaminação hídrica, responsável por caracterizar a água como imprópria para o consumo e prejudicial para a fauna e flora aquática. Sob esse viés, as principais contaminações hídricas são ocasionadas por defensivos agrícolas e fertilizantes, sendo que, no Brasil, 2,3 mil cidades são afetadas, com destaque na região noroeste paulista (BOTELHO, 2022).

Entre os defensivos mais consumidos e comercializados mundialmente está o herbicida glifosato, com aproximadamente 60% de consumo entre todos os outros, tornando-se um grande contaminante ambiental. Apesar de sua degradação no solo ser feita por microrganismos, essa degradação é superficial, pois, o restante não degradado é adsorvido pelos sedimentos do solo e, posteriormente, levado até os afluentes por lixiviação. Ademais, sua extração é extremamente árdua, pois sua molécula é polar e, para sua extração ser possível, faz-se necessário transformá-la em apolar ou utilizar uma resina de troca iônica, tornando-o um processo complexo e de alto custo, afirma Amarante (2002) em suas pesquisas.

Vale ressaltar que, além dos malefícios para o meio ambiente, o uso crônico do Glifosato é prejudicial à saúde humana, sendo responsável pelo desenvolvimento ou agravamento de diversas enfermidades. Dentre elas, podem ser citadas condições como: perda de peso, desordens gastrointestinais e, em casos mais graves, microcefalia, pneumonite, arritmia cardíacos e edemas variados. Ademais, a utilização exacerbada desse agrotóxico nas atividades agrícolas, resulta na resistência das plantas daninhas perante sua ação herbicida. Sendo, também, tóxico a microrganismos, como fungos e bactérias, podendo afetar, até mesmo, algumas espécies de invertebrados e ácaros (AMARANTE, 2002).

Então, a fim de conter os danos causados por meio da contaminação gerada pelo glifosato, é preciso desenvolver métodos para extraí-lo. Sendo assim, uma alternativa para essa remoção é a aplicação de biomassas com propriedades adsorventes, que podem ser derivadas de frutas ou vegetais. Dessa forma, a partir dessa capacidade adsorvente, é possível utilizá-las para o tratamento de recursos hídricos contaminados por poluentes orgânicos, nesse caso, o glifosato. Além disso,

uma das vantagens desse processo é sua viabilidade econômica, pois provém de componentes in natura, permitindo a reutilização de subprodutos oriundos de outras produções industriais ou de resíduos domésticos, como a casca da laranja (MOREIRA et al., 2000).

Além disso, o estado de São Paulo está fortemente ligado com a agricultura (CONHEÇA..., 2011), sendo o maior produtor mundial de laranja, usada, principalmente, na fabricação de sucos (SÃO PAULO, 2020). Então, com a alta industrialização ligada aos recursos agrícolas, a utilização de herbicidas torna-se essencial para um cultivo e colheita prósperos. Sendo assim, o uso dessas substâncias nas plantações gera a contaminações dos solos e ambientes aquáticos. Como ocorrido na cidade de Fernandópolis-SP (Noroeste Paulista), onde foram encontrados cerca de 27 defensivos agrícolas em seus recursos hídricos, entre eles o glifosato (ÁGUA..., 2019).

Por conseguinte, a biomassa utilizada à exceção do processo de carbonização, possui o intuito de diminuir emissões geradas pela produção de carvão ativado, pois não necessita de técnicas que englobam emissões de gases poluentes, apenas o tratamento da matéria pós processo de trituração e peneiração (SCHNEIDER, 2018). Nesse sentido, a aplicação da biomassa produzida a partir da laranja para descontaminação de afluentes torna-se um método mais viável, pois, além de reaproveitar um subproduto industrial, são biodegradáveis, de fácil acesso e eficientes (SAKA et al., 2012).

Partindo desse pressuposto, sobre a degradação ambiental supracitada, há outros tipos de tratamento, como resinas de troca-iônica, técnica de derivatização para formação de um composto apolar e o uso do carvão ativado (AMARANTE JÚNIOR, O. et al., 2002). Entretanto, esses processos citados anteriormente são menos acessíveis devido seus procedimentos complexos que requerem aparelhos específicos de alto consumo de energia e custo elevado (SAKA et al., 2012). Sendo assim, apesar da biomassa da laranja permitir ser regenerada até três vezes, em comparação aos outros métodos os quais efetuam regeneração constante, ela ainda se torna um método mais indicado por ser acessível, de baixo custo, eficaz e ecológico, principalmente, por se tratar do reaproveitamento de um subproduto que seria descartado (AHMAD, J. et al., 2000).

Portanto, a partir dos dados levantados anteriormente, com o objetivo de diminuir os danos causados pelo herbicida glifosato, faz-se necessário manipular e

utilizar a biomassa oriunda da casca e bagaço da laranja a fim de adsorvê-lo. Ademais, além de amenizar um problema ambiental preocupante, ainda será possível o reaproveitamento desses subprodutos da laranja, tornando essa metodologia benéfica e vantajosa ao meio ambiente.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. DEFENSIVOS AGRÍCOLAS**

Há centenas de anos, substâncias químicas são desenvolvidas e utilizadas no meio ambiente a fim de impulsionar as produções agrícolas. Isso foi estimulado com o aumento exponencial da população, que, conseqüentemente, trouxe uma alta demanda de alimentos derivados dessas plantações. A partir disso, os primeiros defensivos agrícolas, similares aos atuais, foram desenvolvidos no período da Primeira Guerra Mundial e seu uso prolongou-se até a Segunda Guerra, quando sua aplicação foi massificada ao redor mundo (BOZIKI et al., 2011).

No Brasil, a utilização desses defensivos iniciou-se durante a década de 50, dentro do contexto da chamada Revolução Verde - até os anos 1970 -, a qual era resultado de inúmeros problemas alimentares que assolavam os brasileiros, mas trouxe consigo inovações como mecanização da agricultura e criação de novos herbicidas e fertilizantes. Primordialmente, tais substâncias não tinham alta solubilidade e eram estáticos com grande adesão nos solos. Com o tempo, a tecnologia trouxe defensivos agrícolas mais solúveis em água e voláteis, tornando-os cada vez mais tóxicos como percebe-se na figura 1, no qual é possível observar o cuidado que deve ser tomado no manuseio dessas substâncias, exatamente pelo seu caráter tóxico (VEIGA et al., 2006). Desde então, o uso desses produtos vem tornando-se um problema ambiental e de saúde pública (BORSOI, A. et al., 2014).

Figura 1. Aplicação de defensivos agrícolas



Fonte: (O Globo, 2016).

De acordo com INCA (2022), a definição de defensivo agrícola se dá por produtos químicos que tem como função controlar doenças causadas por insetos, fungos, larvas, carrapatos entre outros vetores, além de controlar a proliferação das ervas daninhas e pragas que possam invadi-las. Cada um deles possui sua própria formulação as quais devem se encaixar na proposta específica determinada. Assim, quem dá aos defensivos sua característica fundamental é o chamado princípio ativo – que é o conjunto de compostos responsáveis pela atividade biológica do produto (BRAIBRANTE; ZAPPE, 2012). Segundo Veiga et al. (2006), na atualidade, os organofosforados – juntamente com os carbamatos - são as substâncias inseticidas mais procuradas no mercado, pois são inibidoras da enzima acetilcolinesterase, a qual atua como neurotransmissora e dessa forma, combatem insetos embora prejudiquem mamíferos.

Então, a partir dos diferentes princípios ativos e suas variações, é que se apresentam os diversos defensivos agrícolas presentes no mercado nacional e internacional, sendo comercializados como herbicidas (atuam no controle de plantas invasoras), inseticidas (combate a insetos), rodenticidas (combate a roedores), moluscidas (combate aos moluscos), fungicidas (combate a fungos), entre outros listados (BELCHIOR et al., 2017). Apesar de suas incontáveis utilidades, esses produtos, quando aplicados frequentemente e em grandes quantidades, apresentam sérios riscos à saúde humana e ao meio ambiente, o quais cada vez mais tornam-se reféns dos estragos causados por eles.

Nesse sentido, a maior preocupação ambiental relacionada ao uso dessas substâncias é a contaminação do solo e, principalmente, dos meios hídricos,

a qual pode afetar os animais e microrganismos de um habitat inteiro, incluindo os humanos. Essa contaminação ocorre, geralmente, por lixiviação, quando a água escorre no solo, fazendo com que o defensivo penetre em suas camadas internas, podendo chegar nas águas subterrâneas, as quais, muitas vezes, são fonte de consumo humano e animal. A partir disso, os defensivos agrícolas tornam-se nocivos à saúde humana (SPADOTTO, 2006).

Segundo INCA (2022), a ligação entre exposição a produtos fitossanitários e o desenvolvimento de câncer não é certa, pois essa doença está ligada a diversos outros fatores, incluindo a genética. Porém, a intoxicação por defensivos agrícolas está associada a diversos outros sintomas, como insônia, depressão, aborto, baixa produção de hormônios nos ovários, próstata e tireoide, problemas respiratórios e má formação do feto, em caso de gestantes. As consequências da intoxicação vão depender do tempo de exposição, caráter da substância e a quantidade que o corpo absorve. Outrossim, o grupo de risco inclui mulheres grávidas, crianças e adolescentes, pois estes são mais suscetíveis às mudanças metabólicas, hormonais e imunológicas.

No que tange a regulamentação, o Brasil reconhece os limites de defensivos agrícolas que possam afetar os recursos hídricos estabelecidos pela Europa (Diretriz 2015/1787) em que determinam a concentração máxima de  $0,1 \mu\text{g. L}^{-1}$ . Ademais, a concentração total desses ativos não pode ultrapassar  $0,5 \mu\text{g. L}^{-1}$  em apenas uma amostra. Para defensivos agrícolas específicos, como aldrin e heptacloro, a concentração limite muda para  $0,03 \mu\text{g. L}^{-1}$  (FIO CRUZ, 2017).

## **2.2. GLIFOSATO**

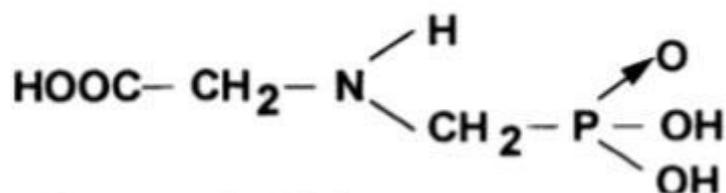
### **2.2.2. Características**

O glifosato, de nomenclatura científica N-(fosfometil) glicina, é classificado como organofosforado de fórmula molecular  $\text{C}_3\text{H}_8\text{NO}_5\text{P}$ , com massa molar de  $169,1 \text{ g/mol}$  e, afirmado que, “Em condições ambientais, tanto glifosato, quanto seus sais, são sólidos cristalinos muito solúveis em água ( $12 \text{ g/L}$  a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , para

glifosato) e quase insolúveis em solventes orgânicos comuns [...]” (AMARANTE JUNIOR et al., 2002, p. 589).

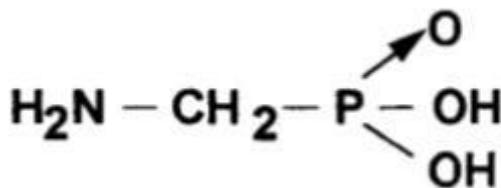
Contudo, esse composto químico foi introduzido por meio de um suíço conhecido como Dr. Henri Marin, em 1950, denominando-o como Cilag. Assim, por não apresentar nenhum benefício na época, sua composição foi esquecida. No entanto, após algum tempo, a empresa foi vendida para Johnson e Johnson, que comercializou com a Aldrich Chemical, no qual distribuiu para outros estabelecimentos (BARROS, 2017). Posteriormente, a empresa Monsanto, especificamente o Dr. John Franz, foi capaz de sintetizar o glifosato como um herbicida partindo de um composto derivado da sua degradação, o ácido aminometil fosfônico (AMPA). As fórmulas estruturais se fazem presente nas Figuras 2 e 3 de forma respectiva (MARQUES, 2008, p. 23).

Figura 2. Fórmula estrutural do glifosato



Fonte: (MARQUES, 2008).

Figura 3. Fórmula estrutural do Ácido aminometil fosfônico (AMPA)



Fonte: (MARQUES, 2008).

### 2.2.3. Mecanismo de ação do herbicida

O herbicida possui uso pós-emergente, ou seja, é utilizado depois que a planta se desenvolve, partindo da aplicação pulverizada e com absorção pelas folhas, fazendo com que as sementes não sejam afetadas. Portanto, a ação de

retenção pelas folhas permite que a planta não se desenvolva, por impedir que os aminoácidos fenilalanina, tirosina e triptofano sejam produzidos (AMARANTE JUNIOR et al., 2002, p. 589).

Com a diminuição da síntese dos aminoácidos, seu catalizador enzima EPSPs (5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase) é inibido, acarretando a morte em poucos dias das plantações irrigadas (BARROS, 2017). A ação do defensivo agrícola ocorre em locais nomeados como “sítios de ação”, no caso do glifosato, os sítios são as enzimas supramencionadas (ROMAN et al., 2005). Além disso, para a impulsionar a ação do herbicida, elementos são adicionados na fórmula para que ocorra melhor penetração, dentre eles, os mais comuns são os surfactantes, como o polietoxilenoamina (POEA). Contudo, atualmente, percebe-se que a adição de vários compostos, além do componente principal, dificulta a verificação de toxicidade do desses defensivos. Desse modo, só a análise do princípio ativo não garante que o produto esteja correspondente aos resultados primários devido à aditivos posteriores, que geram incertezas, principalmente, a respeito de sua toxicidade (FARIA, 2013).

Todavia, as características desse defensivo foram questionadas a respeito de vários entraves, dentre eles, a sua característica não seletiva, na qual destruiria qualquer tipo de plantação. Após um tempo, muitos agricultores foram convencidos de que sua ação era positiva, apesar de alguns pontos negativos. Assim, seguidamente, o produzido passou a fazer parte do herbicida Roundup como ingrediente ativo e, assim, comercializado com diversos outros lugares do mundo (BARROS, 2017).

Ademais, o problema supracitado a respeito de ser um herbicida com efeito generalizado, foi superado pelo fato da existência de equipamentos com foco objetivo nas ervas daninhas, reprimindo a característica negativa apresentada anteriormente. Ainda mais, com os desenvolvimentos na tecnologia, descobriram-se métodos de resistência ao Roundup com plantações geneticamente modificadas por sementes nomeadas como Roundup Ready (BARROS, 2017).

#### **2.2.4. Impactos no meio ambiente**

No solo o glifosato sofre um processo denominado sorção, fenômeno dependente da condição dos compostos em contato, no caso de um mesclado consistente, depende das características relacionadas ao tipo de matéria e tamanho e, a respeito do herbicida, sua composição, solubilidade em água, dentre outros fatores. No contato com a superfície na qual ocorre a aplicação, pode acontecer a degradação, decorrente da ação de microrganismos presentes no solo ou a adsorção, normalmente associada à ligação com um material de origem orgânica (MORAES, P.V.D.; ROSSI, P., 2010). Nesse caso, após a adsorção, o componente pode permanecer em períodos prolongados no solo, além de que, através da capacidade de adsorção, quantidades do herbicida podem ficar retidos, tornando-se imóveis (QUEIROZ et al., 2011, p. 190). Todavia, a respeito dos defensivos, a utilização em quantidade excedente à recomendada, pode gerar alterações em algumas espécies, como, por exemplo, as minhocas atingidas pelo composto, elas, portanto, não são afetadas de forma direta e com possíveis resultados imediatos, mas sim por meio da acumulação no organismo (MORAES, P.V.D.; ROSSI, P., 2010).

Em meio aquoso contaminado pelo glifosato, a degradação acontece de forma mais acelerada do que em comparação com as atividades perceptíveis no solo, ocorrendo igualmente pela união com as partículas presentes no meio e devido à atividade microbiológica. Ademais, relacionado a seus impactos em organismos vivos no meio aquático, mudanças são notáveis, como a aceleração de processos de reprodução ou até a morte, em casos estudados pós ação em anfíbios (MORAES, P.V.D.; ROSSI, P., 2010). Outro impasse, portanto, relaciona-se com o processo de lixiviação e escoamento superficial após a aplicação do herbicida nas plantas daninhas. O material lixiviado percorre pelas camadas no interior do solo, acarretando a contaminação da água subterrânea. Por outro lado, o escoamento superficial, no qual contamina a água presente no espaço externo, oriundo do transporte do contaminante no solo ao meio aquoso ou nas partículas presentes (QUEIROZ et al., 2011, p. 190).

## 2.2.5. Toxicidade em organismos vivos

As substâncias químicas, de forma geral, apresentam níveis de toxicidade, mesmo em baixas quantidades, o uso permitido de compostos considerados tóxicos está relacionado com a quantidade ideal, na qual os danos não sejam expressos (BRITO, M. A.; YADA, M. M., 2018, p. 356). Para a verificação do efeito tóxico, são realizados testes, em que é medido como quantidade letal para metade da população (DL50). No caso do Glifosato, esse valor está presente abaixo, por meio da constatação em ratos, conforme apresenta a Figura 4:

Figura 4. Quadro de toxicidade por DL 50

Componente	DL <sub>50</sub> (mg kg <sup>-1</sup> de peso vivo*)	Grau de toxicidade
Glyphosate	5,600	Menor
Sal de mesa	3,000	
Diclofop-methyl (Iloxan 280 CE)	580	
Nicotina	53	Maior

Fonte: (ROMAN et al., 2005).

Nos seres humanos, grandes quantidades do herbicida podem gerar alterações no rim e irritações nos olhos e epiderme. Por outro lado, nas plantações, em caso de aplicações em grandes níveis, outros tipos de vegetais podem ser afetados, além da planta foco da ação do agrotóxico (AMARANTE JUNIOR et al., 2002, p. 589). Desse modo, devido a sua característica não seletiva, organismos naturais presentes em ecossistemas aquáticos podem ser afetados, gerando mudanças estruturais e, conseqüentemente alterações que afetam diretamente os seres humanos, no caso de algas planctônicas, devido sua capacidade para produção da maior parte de oxigênio atmosférico (BOËCHAT, I. G; GÜCKER, B.; LIMA, I, B., 2021, p. 101). Outrossim, é capaz de ocasionar a resistência das pragas eliminadas pelo herbicida, conduzindo a um aumento das doses para o controle das ervas daninhas, elevando a quantidade necessária para combater as pragas e conseqüentemente aumentando seu nível de toxicidade (AMARANTE JUNIOR et al., 2002, p. 589).

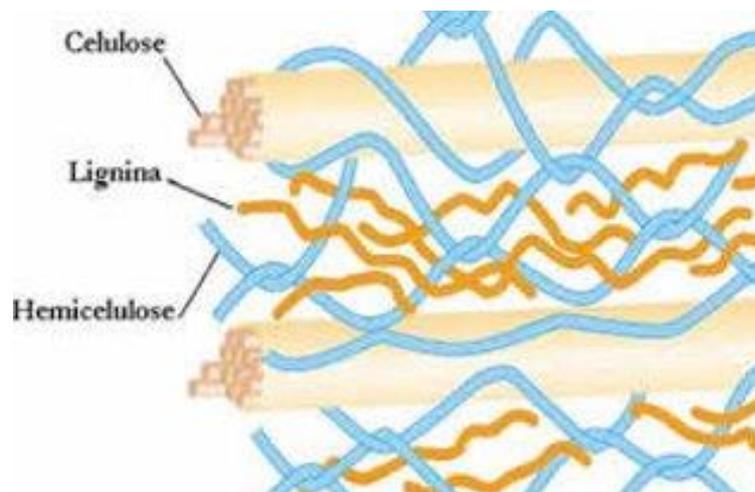
## 2.3. BIOMASSA COMO BIOSORVENTE

### 2.3.1. Biomassa

A biomassa, tanto de origem vegetal quanto animal, é um conjunto de matérias orgânicas considerada uma ótima alternativa a ser usada como bioissorvente devido a capacidade adsorviva de seus componentes, podendo assim ser usada em diversos processos de adsorção, como de poluentes orgânicos, corantes e fármacos (CAMPOS et al., 20--). Tais biomassas podem derivar de diversos elementos *in natura*, por exemplo as fibras do coco, bagaço da cana-de-açúcar, casca da banana e bagaço da laranja (RODRIGUES; CAVALCANTE, 2022).

A biomassa é chamada de lignocelulósica, pois seus componentes são constituídos, principalmente, de substâncias como: celulose, pectina, lignina e hemicelulose. Além disso, quando aplicadas, apresentam diversos benefícios – como viabilidade econômica, reaproveitamento de resíduos orgânicos, reutilização de subprodutos de indústrias de larga escala e, conseqüentemente, menos descarte destes (SILVEIRA, 2013). Na Figura 5, pode-se observar a estrutura lignocelulósica e como cada componente se comporta.

Figura 5. Estrutura lignocelulósica

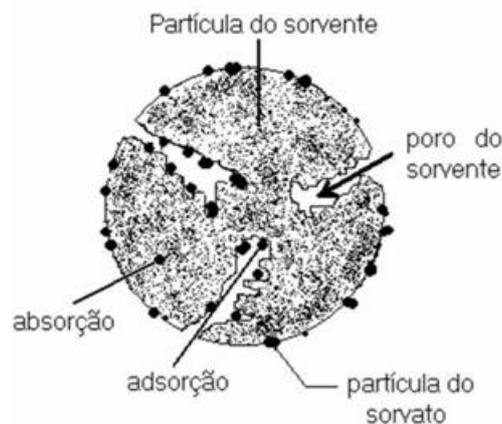


Fonte: (Embrapa, 2011).

### 2.3.2. Biossorventes: sorção, biossorção e adsorção

O fenômeno sorção é um efeito ambiental muito importante, pois participa de vários processos essenciais para o controle de compostos químicos que participam dos ciclos biogeoquímicos do planeta (LUZ, 2007). Esse mecanismo possui duas formas de ocorrer: a adsorção, caracterizado pela acumulação de determinado soluto na superfície ou interface, sendo um exemplo as capacidades físico-químicas das biomassas, ou a absorção, caracterizado pela acumulação por meio da interpenetração de determinado soluto em fase diferente, como, por exemplo, processos metabólicos ocorridos em organismos vivos (RARAZ, 1995; WEBER, 1995). Na figura 6 é possível observar a demonstração de como ocorre a adsorção e absorção na partícula do sorvente, como detalhado anteriormente.

Figura 6. Representação da absorção e adsorção



Fonte: (Kehl, 2015).

Chauhan e Sankararamakrishnan (2011) afirmam que o procedimento de sorção deu surgimento a novas metodologias mais simples e de baixo custo, - principalmente devido ao reaproveitamento de dejetos agroindustriais e suas consequências geradas pelo descarte incorreto deles - tornando uma das grandes alternativas atuais convencionais e assim, ultrapassando métodos com baixa eficiência e os difíceis manejos dos resíduos resultados do método de precipitação (TASHIMA, 2006).

Além do que já citado, adsorção, fenômeno de maior atuação neste trabalho, funciona de forma interfacial do material permitindo a locomoção física do adsorvato presente em algum fluido (meio aquoso ou gasoso) para o adsorvente, o qual retém por conta das interações físico-químicas. Além disso, com as diferentes características específicas dos adsorventes, é possível classificar a adsorção como física - definida como fisiosorção- e química - quiossorção – (FOUST et al., 2012).

Já biossorventes são definidos como biomassas que possuem capacidades de sorção, podendo ser elas ativas -contendo atividades metabólicas (por hiperacumulação) - ou inativas - não possuindo atividades metabólicas (propriedades físico-químicas) (VAGHETTI, 2009).

Ademais, para a preparação do biossorvente é necessário todo seu preparo e tratamento que são baseados por etapas simples e de baixos custos, tais como: lavagem, secagem, trituração e peneiração. Após a finalização do processo, ele resultará em um material granulado que será aplicado posteriormente como adsorvente que pode ser tratado para potencializá-lo e será utilizado para descontaminação de poluentes, provando sua eficácia e aplicabilidade.

Para determinar a eficácia do material utilizado e seus resultados, há meios como calcular a progressão da ação do adsorvente. Quando atingido o equilíbrio de adsorção, pode-se comparar a concentração final do meio fluido com a concentração inicial e assim, determinar a capacidade de adsorção do biossorvente em questão por meio de cálculos (LIMA, A. C. A. et al., 2014). Isso, podendo ser expresso em:

$$q = \frac{(C_o - C_f)V}{m}$$

O qual:

q: capacidade de adsorção;

C<sub>o</sub>: concentração inicial do adsorvato;

C<sub>f</sub>: concentração do adsorvato final;

V: volume da solução;

m: massa do adsorvente

Outrossim, de acordo com Santos (2013), a compatibilidade, formas de armazenar e acessibilidade são aspectos essenciais e desejáveis de todo biossorvente, pois eles trarão conhecimento antecipado do dinamismo geral a atuar.

Além do mais, segundo Gupta e Bahattacharyya (2011), o volume interno do material deve ser acessível para as moléculas do adsorvato que interagirão e demonstrar ótimas capacidades mecânicas. Outras características também são essenciais para o bom resultado da adsorção, tais como: distribuições e tamanho dos poros, área superficial de interação e tipos funcionais que a constitui.

De acordo com os estudos Modelo Isotérmico de Adsorção de Langmuir, a capacidade adsortiva dos biossorventes ocorrem por meio dos sítios de adsorção presentes neles (locais superficiais do biossorventes os quais seus átomos ou moléculas ocorrem ligações). Além disso, afirma-se que cada sítio pode interagir com apenas uma molécula do adsorvato e essa interação efetua-se por meio da colisão das moléculas de ambos. Não baseando somente nesses fatores, nesse processo há a formação de somente uma camada capaz de adsorver na superfície e a regeneração da biomassa, também chamada de dessorção, sujeita-se apenas, necessariamente, a quantidade de material adsorvido (HILL, 1977; LANGMUIR, 1916).

## **2.4. LARANJA**

A *Citrus sinensis*, popularmente conhecida como laranja, é uma fruta cítrica com alto índice de consumo e, portanto, grande valor comercial, visto que proporciona diversos benefícios à saúde, auxiliando no bem-estar da sociedade. Além disso, a laranja é responsável pela prosperidade da citricultura brasileira, promovendo o setor do agronegócio e alavancando a economia do país (OSORIO et al., 2017).

### **2.4.1. Indústria cítrica**

A indústria cítrica, de acordo com estudos de Viegas<sup>1</sup> apud Munhoz; Morabito (2013, p. 422), se desenvolveu na década de 1930, nos Estados Unidos, a

---

<sup>1</sup> VIEGAS, F. C. P. et al. Processamento dos produtos cítricos com máquinas FMC. Araraquara FMC do Brasil S. A., 1983. Apostila do Curso Processamento de laranja com máquinas FMC.

fim de suprir o aumento do consumo de seus produtos, como o suco concentrado de laranja. Porém, no ano de 1962, uma forte geada atingiu a Flórida (EUA) - grande produtora de laranja da época - e afetou drasticamente a citricultura da região, matando cerca de 13 milhões de laranjeiras (HASSE, 1987).

Foi então que, em 1980, com a redução na produção da Flórida, o Brasil ultrapassou as indústrias norte-americanas no percentual global de produção e exportação do suco de laranja (VIEIRA, 1997). Além disso, o país lidera o ranking na questão de qualidade e logística de exportação, em que o suco concentrado e congelado se encontra no 17º lugar da lista de mercadorias brasileiras comercializadas mundialmente (NEVES et al., 2004).

De acordo com Mattos Júnior et al. (2005), no Brasil, a laranja se sobressai na produção de citros. Tal alegação ocorre devido ao crescimento exponencial na demanda desse produto, principalmente para produção do suco de laranja in natura, o qual possui grande valor nutricional - informação esta que influencia diretamente no aumento de seu consumo. Dado que, segundo Ramírez e Hübscher (2011), a laranja é rica em vitamina C e em outras substâncias como os flavonoides e a fibra pectina. Ademais, o autor supracitado ressalta que a laranja, apesar de ser produzida em maior quantidade, não é a única representante dos citros, informando que:

Os citros são formados por uma grande diversidade de grupos de plantas dos gêneros *Fortunella*, *Poncirus* e *Citrus*, representados popularmente por laranjas (*Citrus sinensis*), as tangerinas (*Citrus reticulata* e *Citrus deliciosa*), os limões (*Citrus limon*), as limas ácidas, como o Tahiti (*Citrus latifolia*) e o Galego (*Citrus aurantiifolia*), e as limas doces, como a lima da Pérsia (*Citrus limettioides*), o pomelo (*Citrus paradisi*), a cidra (*Citrus medica*), a laranja-azeda (*Citrus aurantium*) e as toranjas (*Citrus grandis*) (MATTOS JÚNIOR et. al, 2005).

Vale enfatizar que, de acordo com Neves e Jank (2006), as primeiras plantas cítricas, em especial a laranja, chegaram ao Brasil após a colonização portuguesa - em meados de 1500 - a fim de combater uma doença chamada de escorbuto, caracterizada pela deficiência de vitamina C - a qual se encontra presente nos representantes dos citros.

Outrossim, devido à facilidade de adaptação dessa espécie às

condições climáticas brasileiras, as plantações de laranja se expandiram rapidamente pela região centro-sul do território brasileiro (NEVES; JANK, 2006). Uma vez que o cultivo da laranja é mais vantajoso em locais onde a temperatura se encontra entre 23°C e 32°C, visto que a súbita variação na temperatura diminui a eficácia da fotossíntese realizada pelas laranjeiras e, conseqüentemente, proporciona a defasagem da produção, alterando também os aspectos físico-químicos dos produtos - como o escurecimento da casca e a acidez elevada da fruta – e a sua qualidade. Ademais, é adequado que a laranja seja cultivada em solos ligeiramente ácidos com pH de 5-6, boa profundidade, permeabilidade e alto suprimento de nutrientes. (MATTOS JÚNIOR et al., 2005).

Apesar dos produtos cítricos fazerem parte do cotidiano da sociedade tupiniquim desde o período da colonização, as primeiras indústrias citrícolas brasileiras surgiram apenas no início da década de 1960 (CASTILHO, 2006). Com isso, em 1963, na cidade de Araraquara – interior do estado de São Paulo – foi instituída a primeira fábrica de suco concentrado de laranja, a Suconasa (Sucos Nacionais), baseada no modelo norte-americano da Flórida (MUNHOZ; MORABITO, 2013).

Logo, é válido destacar que, segundo pesquisas realizadas por Castilho (2006), a região paulista é responsável por 75% da produção nacional de laranja e cerca de 95% das exportações realizadas pelo complexo agroindustrial citrícola do país. Visto que o estado preenche todos os pré-requisitos para o bom cultivo da laranja. Mediante isso, a Figura 7, evidencia essa monocultura paulista. No entanto, apesar da cultura da laranja ser centralizada no estado de São Paulo, diversos estados do Brasil contribuem para a expansão da citricultura, como os estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Bahia, Sergipe e Minas Gerais (FERNANDES, 2010).

Figura 7. Citricultura no estado de São Paulo



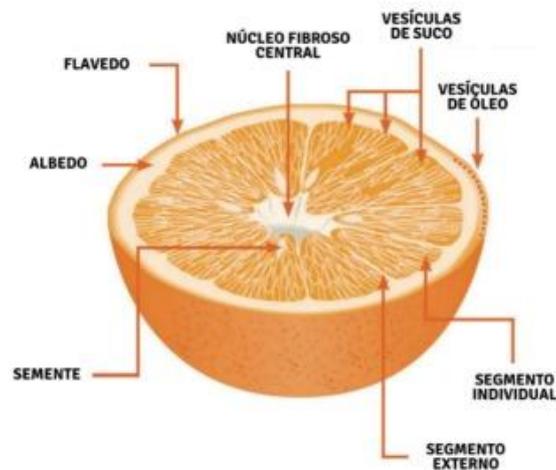
Fonte: (Portal do Governo, 2020).

#### 2.4.2. Subproduto da laranja

Devido à sua posição como líder global na produção de laranjas, segundo Rezzadori e Benedetti (2009), o Brasil se depara com um desafio significativo relacionado à considerável quantidade de resíduos gerados pelas empresas envolvidas na fabricação de suco de laranja. Por essa razão, aproximadamente 10 milhões de toneladas de resíduos são reaproveitados anualmente (CYPRIANO et. al, 2017).

Depois de extrair o suco de laranja, aproximadamente 50% da fruta é rejeitada na forma de resíduos, os quais incluem a casca – a qual é subdividida em flavedo (fina camada externa) e albedo (camada interna mais fibrosa) – as sementes e o bagaço, que apresenta alto teor de umidade. Para melhor contextualização, a imagem 8, a seguir, ilustra a estrutura da laranja, evidenciando componentes como o flavedo, o qual é constituído por carotenoides – responsáveis pelo pigmento alaranjado da fruta - e vesículas de óleo – caracterizadas como pequenas cavidades que armazenam o óleo que proporciona o aroma predominante da laranja - além de destacar o albedo, onde é possível encontrar a pectina e as demais substâncias (SUZUKI, 2019).

Figura 8. Estrutura da laranja



Fonte: (Suzuki, 2019).

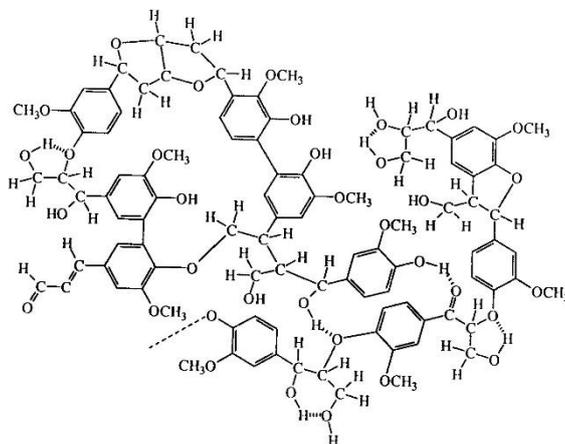
Esses resíduos - ricos em celulose, lignina e pectina – são, muitas das vezes, reaproveitados e destinados à suplementação alimentar de suínos e bovinos, devido à sua riqueza em fibras, como a pectina (REZZADORI; BENEDETTI, 2009). Outrossim, esse resíduo tem potencial para ser empregado na fabricação de itens de maior valor agregado, como cosméticos, fármacos e diversos produtos da indústria alimentícia (Neves et al., 2010).

Além disso, tais compostos podem ser utilizados na produção da biomassa *in natura*, uma vez que, de acordo com Kaschuk (2019), as biomassas lignocelulósicas provêm principalmente de resíduos de frutas, como a laranja, os quais são ricos em celulose, hemicelulose, lignina e pectina. A celulose  $(C_6H_{10}O_5)_n$  é um polímero linear de cadeia longa composto por apenas um tipo de monômero - duas glicoses - unidade básica que se repete na molécula da celulose, chamada de celubiose. Ademais, esse polímero é o principal componente da parede celular das células vegetais, responsável por garantir sua rigidez e resistência (KLEMM et al., 2005).

Do mesmo modo, associado à celulose em parede celular, encontra-se a lignina, que juntos dão origem ao complexo lignocelulósico. A lignina é conhecida como uma macromolécula de estrutura amorfa tridimensional capaz de preencher os espaços intercelulares da parede celular e atribuir características como a impermeabilidade à água e a proteção da célula contra os ataques microbiológicos (KIMURA, 2009). Logo, essas características da lignocelulose colaboram para a recalcitrância da biomassa, ou seja, a resistência desse tipo de material à

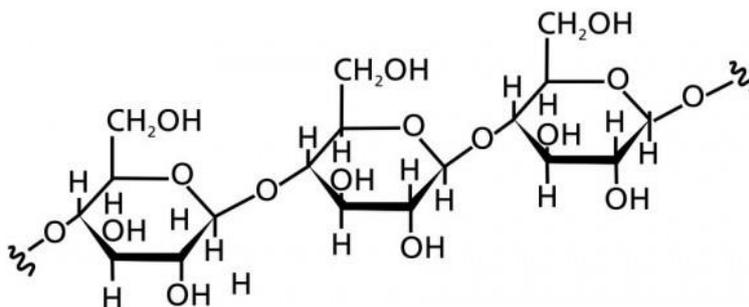
manipulação e à conversão em produtos úteis (HIMMEL et al., 2005). As estruturas da lignina e celulose podem ser demonstradas nas figuras 9 e 10, respectivamente.

Figura 9. Estrutura da Lignina



Fonte: (InfoEscola, 2019)

Figura 10. Estrutura da Celulose



Fonte: (CEDERJ, 2011)

### 3. METODOLOGIA

O vigente trabalho foi elaborado por meio de revisões bibliográficas para a formulação de uma biomassa *in natura* a partir dos resíduos industriais da laranja, com objetivo de verificar sua capacidade adsortiva em meios aquosos contaminados com o herbicida glifosato, baseando-se em pesquisas de artigos científicos, órgãos governamentais, revistas online, entre outros. Ademais, a parte experimental foi embasada na verificação das diferentes capacidades de adsorção mediante a biomassa tratada em solução alcalina e não tratadas, a fim de determinar o método

mais eficiente para a remoção do composto supracitado. Outrossim, utilizou-se da análise espectrofotométrica para quantificar a concentração inicial e final de glifosato na amostra, por meio da complexação do contaminante com a Ninhidrina, o qual adquire coloração púrpura de Ruhemann, já que este é incolor e, portanto, não é possível analisá-lo individualmente no espectrofotômetro. Finalmente, determinou-se qual das biomassas realizou um nível de adsorção satisfatório e a quantidade de glifosato adsorvido (AQUINO NETO, 2009).

#### **4. DESENVOLVIMENTO**

Primordialmente, a coleta dos resíduos da laranja (casca e bagaço) foi realizada em estabelecimentos comerciais produtores do suco *in natura*. Em seguida, no Laboratório de Química e Microbiologia da Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, para a produção da biomassa, foram efetuados os processos de secagem, trituração e tratamento. Após, para a construção da curva analítica e espectro de absorção, preparou-se soluções de glifosato - por meio do método de diluição - complexado com a Ninhidrina na presença do Molibdato de sódio como catalisador. Os materiais e reagentes utilizados no decorrer do trabalho estão presentes no Quadro 1:

Quadro 1. Materiais e reagentes utilizados no desenvolvimento do trabalho

<b>ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO</b>	<b>MATERIAIS</b>	<b>REAGENTES</b>
<b>Preparo e obtenção da biomassa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almofariz;</li> <li>• Balança Semi-analítica;</li> <li>• Balão volumétrico;</li> <li>• Béquer;</li> <li>• Espátula;</li> <li>• Estufa;</li> <li>• Liquidificador;</li> <li>• Placa de Petri;</li> <li>• Pistilo;</li> <li>• Tamizador vibratório BERTER Indústria Metalúgica Ltda.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Água destilada;</li> <li>• Bagaço de laranja.</li> </ul>
<b>Tratamento alcalino</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agitador magnético Alpha Life Science;</li> <li>• Balança analítica;</li> <li>• Balão volumétrico;</li> <li>• Béquer;</li> <li>• Espátula;</li> <li>• Placa de Petri;</li> <li>• Pipeta de Pasteur;</li> <li>• Pisseta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Água destilada;</li> <li>• Hidróxido de sódio 0,5 M (NaOH).</li> </ul>

<p align="center"><b>ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO</b></p>	<p align="center"><b>• MATERIAIS</b></p>	<p align="center"><b>• REAGENTES</b></p>
<p align="center"><b>Preparo das soluções para construção do espectro de absorção e curva analítica</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balão volumétrico;</li> <li>• Balança analítica;</li> <li>• Banho termostaticado;</li> <li>• Bastão de vidro;</li> <li>• Béquer;</li> <li>• Cubeta de quartzo;</li> <li>• Espectrofotômetro UV-VIS Spectrophotometer BEL PHOTONICS;</li> <li>• Estufa;</li> <li>• Micropipeta;</li> <li>• Pipeta graduada;</li> <li>• Pipeta de Pasteur;</li> <li>• Tubo de ensaio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Água destilada;</li> <li>• Solução de glifosato 500 mg/L;</li> <li>• Solução de Ninhidrina 5% (C<sub>9</sub>H<sub>6</sub>O<sub>4</sub>);</li> <li>• Solução de Molibdato de Sódio 5% (Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>).</li> </ul>
<p align="center"><b>Teste de adsorção da biomassa</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agitador magnético;</li> <li>• Banho termostaticado;</li> <li>• Béquer;</li> <li>• Cubeta de quartzo;</li> <li>• Espectrofotômetro UV-VIS Spectrophotometer BEL PHOTONICS</li> <li>• Pipeta graduada;</li> <li>• Pipeta de Pasteur;</li> <li>• Placa de Petri;</li> <li>• Tubo de ensaio;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solução de glifosato 100 mg/L.</li> <li>• Solução de Ninhidrina 5% (C<sub>9</sub>H<sub>6</sub>O<sub>4</sub>);</li> <li>• Solução de Molibdato de Sódio 5% (Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>).</li> </ul>

Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

#### 4.1. Preparo e obtenção da biomassa

Inicialmente, o bagaço e casca da laranja foi submetido a secagem ao sol durante 10 horas e na estufa a 100°C por aproximadamente 20 horas, assim apresentando o aspecto observado na Figura 11:

Figura 11. Secagem dos resíduos de laranja



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Posteriormente, o material foi triturado e peneirado em tamizador vibratório a 425  $\mu\text{m}$  para obtenção o material *in natura*. Logo, dividiu-se a biomassa preparada para realizar a comparação da adsorção entre tratada e não tratada.

Por meio dos procedimentos descritos anteriormente para a obtenção da biomassa *in natura* foi possível o reaproveitamento dos subprodutos da laranja – bagaços e cascas- e, assim, adquirindo-se a biomassa visualizada na Figura 12 antes de qualquer tratamento realizado.

Figura 12. Biomassa triturada e peneirada *in natura* sem tratamento



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

#### 4.2. Tratamento alcalino

Desse modo, como supracitado, utilizou-se uma parte para o tratamento alcalino, a fim de potencializar os sítios de adsorção. Para isso, preparou-se uma solução de NaOH 0,5 M e submeteu-se 8 gramas da biomassa a essa solução sob agitação durante 2 horas. Após o término da agitação, lavou-se até atingir a neutralização do material, filtrou-a – como visto na figura 13 - e, por fim, secou-a na estufa por 4 horas a 100°C.

Figura 13. Filtração para neutralização da biomassa



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

No entanto, a fim de possibilitar a análise no espectrofotômetro para determinar a adsorção do herbicida, foi necessário dispor a biomassa tratada e não tratada ao processo de lavagem, utilizando da filtração simples e à vácuo, com o intuito de eliminar a coloração da solução a ser analisada e, com isso, obter maior confiabilidade nos resultados da adsorção.

Por meio do tratamento e das filtrações, a diferença entre as biomassas foi claramente visível, como mostra a figura 14, visto que, devido o tratamento realizado em pH alcalino, houve a quebra da lignina, a qual é responsável pela pigmentação da biomassa. Assim, com sua retirada, resultou-se no clareamento da biomassa tratada.

Figura 14. Biomassa não tratada e tratada com NaOH



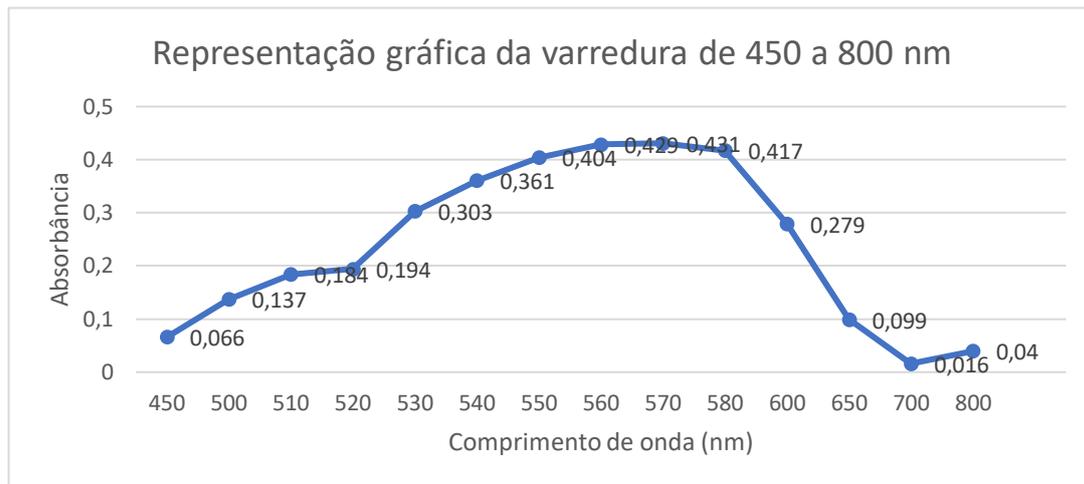
Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

#### **4.3. Preparo das soluções para construção do espectro de absorção**

Primeiramente, foi preparado uma solução estoque de 500 mg/L de glifosato com concentração de 480 g/L. Em seguida, preparou-se uma solução de 3 mg/L para a construção do gráfico de varredura e realizou-se a análise espectrofotométrica em determinados comprimentos de onda, especificamente, 450 a 800 nm.

Por fim, como resposta das leituras realizadas de uma solução 3 mg/L de glifosato no espectrofotômetro em diferentes comprimentos de onda, pode-se observar maior absorbância no comprimento de onda de 570 nm, o qual também foi o obtido nas referências bibliográficas utilizadas.

Gráfico 1. Gráfico de varredura



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

#### 4.4. Preparo das soluções para construção da curva analítica

Seguindo o procedimento, preparou-se sete soluções de concentrações diferentes de glifosato para a construção da curva analítica, além da solução branco, com as seguintes concentrações apresentadas no Quadro 2 abaixo:

Quadro 2. Concentrações de glifosato utilizadas na construção da curva analítica

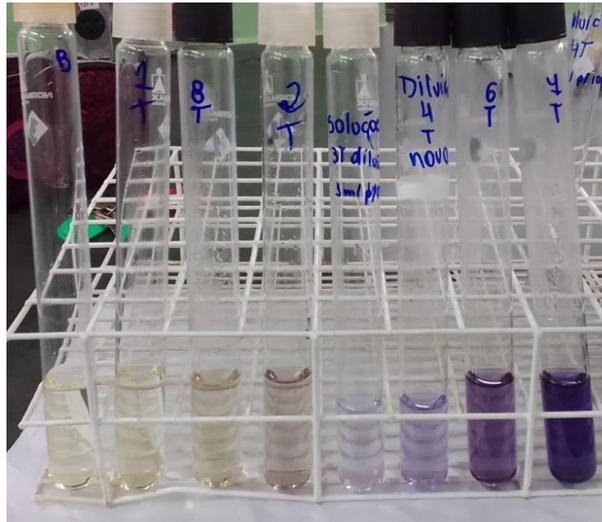
Amostra	Concentração de glifosato
Branco	0 mg/L
1	10 mg/L
2	30 mg/L
3	50 mg/L
4	100 mg/L
5	150 mg/L
6	200 mg/L
-7	500 mg/L

Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Posteriormente, foi preparado soluções 5% de Molibdato de sódio ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ ) e Ninhidrina ( $\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_4$ ). Adicionou-se 1,5 mL de cada uma das amostras (1

a 7 e o branco), feitas anteriormente, em tubos de ensaios e acrescentou-se 1,5 mL das soluções de Ninhidrina e Molibdato de sódio. Logo após, foram colocadas em banho termostático a 90°C por 5 minutos para o aumento da velocidade de reação da complexação até que se obteve uma coloração púrpura de Ruhemann, como observado na Figura 15.

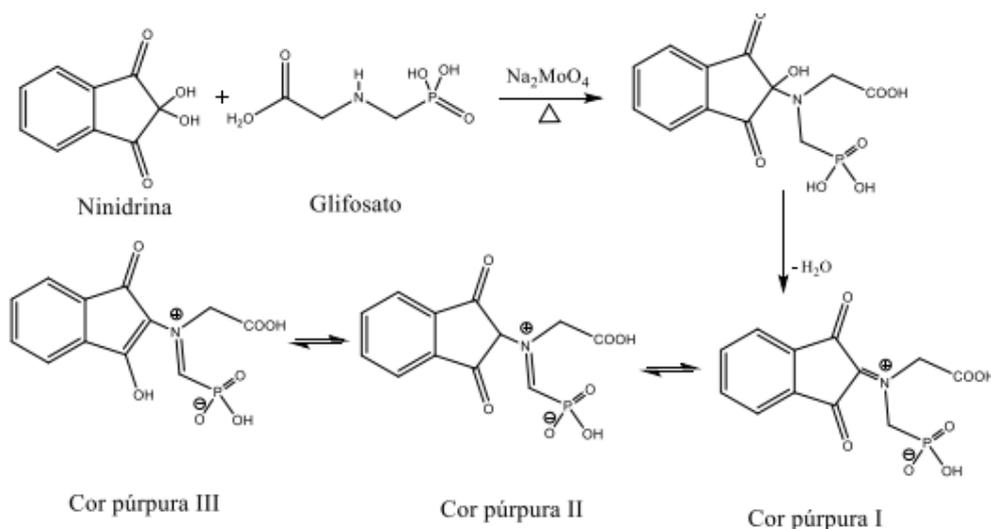
Figura 15. Soluções de glifosato complexadas



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

A reação de complexação entre a Ninhidrina e o glifosato, tendo como catalisador o Molibdato de Sódio, foi um método para, posteriormente, analisar e quantificar o herbicida, uma vez que em baixas concentrações, não é possível analisá-lo no espectrofotômetro devido à ausência de coloração. É necessário ressaltar que a reação de complexação ocorre devido a ligação entre o grupo amina do glifosato e a ninhidrina, como pode ser demonstrado na Figura 16.

Figura 16. Reação de complexação entre glifosato e ninhidrina

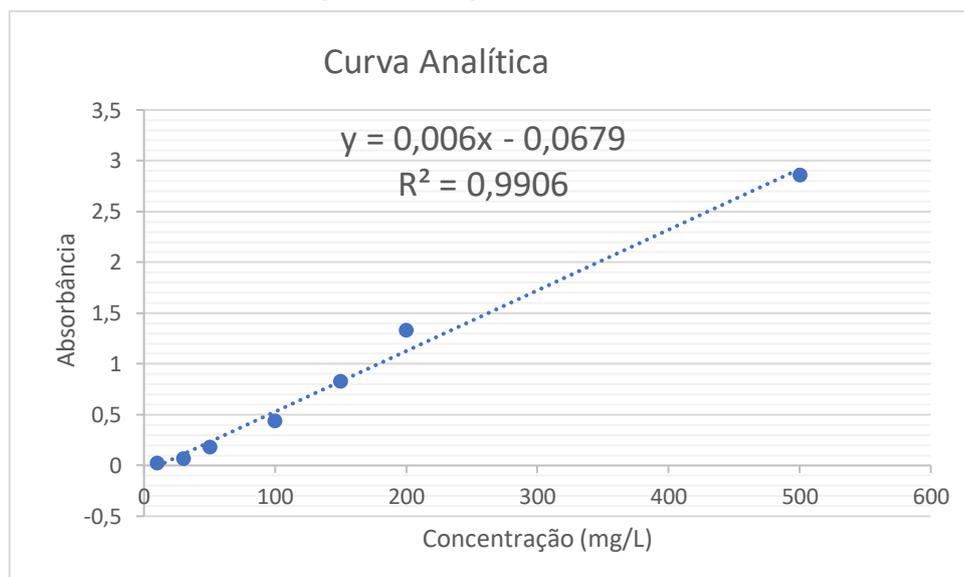


Fonte: (BHAJARA et al., 2006).

Além disso, observa-se que a coloração obtida varia de intensidade, sendo a cor púrpura I mais clara que III. Essa variação depende do tempo de aquecimento da amostra - ou seja - quanto maior o aquecimento, mais intensa a coloração será. Então, a partir da complexação, foi possível a realização das leituras no espectrofotômetro para obter os resultados das absorvâncias.

Mediante as análises das diferentes concentrações descritas Quadro 2 nos procedimentos no comprimento de onda de 570 nm, construiu-se o Gráfico 2 apresentado.

Gráfico 2. Curva Analítica



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Com a construção do gráfico de curva analítica e obtenção do coeficiente de correlação a partir do mesmo, percebe-se que os resultados podem ser considerados satisfatórios, uma vez que o valor do coeficiente se aproxima de 1,0. Sendo assim, conclui-se que a análise foi bem-sucedida para posterior medição dos valores referentes a quantidade adsorvida pela biomassa com e sem tratamento.

#### 4.5. Teste de adsorção da biomassa

Seguidamente, foi preparado uma nova solução de glifosato a 100 mg/L a partir da diluição da solução estoque de 500 mg/L. Logo após, pipetou-se 5 mL da solução preparada em um béquer de 50 mL, contendo 0,5 gramas da biomassa tratada e fez-se o mesmo com a não tratada. Depois disso, colocou-se ambas as soluções sob agitação magnética por um período de 20 minutos. Como isso, as duas amostras foram filtradas para posterior análise no espectrofotômetro, a fim de comparar a eficácia de adsorção de cada uma.

Figura 17. Soluções de glifosato com as biomassas tratada e não tratada



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Após a realização do processo de filtração, foi retirado 1,5 mL de cada béquer contendo a amostra de glifosato com as biomassas tratada e não tratada, logo após, foram depositadas em dois tubos de ensaio de forma separada. Em seguida,

em cada tubo, adicionou-se 1,5 mL de ninhidrina e molibdato de sódio, levando-os para aquecimento a 90°C durante 5 minutos.

Portanto, para comparação da adsorção de cada amostra, 1,5 mL da solução de 100 mg/L sem a biomassa foi pipetada e junto a ela 1,5 mL de ninhidrina e molibdato de sódio foram depositadas, realizando o aquecimento sob as mesmas condições já citadas. Desse modo, com o auxílio do espectrofotômetro as respectivas absorvâncias foram analisadas, possibilitando a verificação da quantidade de glifosato adsorvida por cada biomassa.

Em resposta ao teste de adsorção e a seguinte leitura no aparelho espectrofotométrico, foram obtidas as absorvâncias referentes as amostras de 100 mg/L, com a adição da biomassa tratada com Hidróxido de Sódio e sem tratamento, possibilitando o cálculo da concentração do herbicida presente. Para calcular a concentrações das amostras, utilizou-se da equação da reta construída a partir do gráfico de curva analítica e desenvolveu-a por meio das absorvâncias obtidas das análises. Dessa forma, o quadro 3 apresenta as absorvâncias e concentrações das amostras testadas com biomassa tratada, não tratada e sem biomassa.

Quadro 3. Absorvâncias e concentrações obtidas das amostras

	<b>Absorvância</b>	<b>Concentração (mg/L)</b>	<b>Concentração adsorvida (mg/L)</b>	<b>Porcentagem adsorvida (%)</b>
<b>Branco</b>	0	-	-	-
<b>Glifosato sem biomassa</b>	0,596	110,15	-	-
<b>Glifosato com biomassa não tratada</b>	0,452	86,65	23,5	21,33
<b>Glifosato com biomassa tratada</b>	0,506	95,65	14,5	13,16

Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Mediante a tais resultados, foi possível observar a eficácia de adsorção de cada uma, visto que em ambas, a concentração do herbicida diminuiu. Dessa maneira, pode-se verificar que a biomassa não tratada teve maior desempenho, uma vez que adsorveu cerca de 21,33% do glifosato. Em contrapartida, a biomassa tratada teve uma atuação inferior, adsorvendo 13%. Outrossim, vale ressaltar que os resultados foram muito promissores, tendo em vista que ambas as biomassas apresentaram uma boa atividade de adsorção em pouco tempo de atuação, no caso 20 minutos.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente trabalho foi desenvolvido devido aos notáveis impactos ambientais decorrentes do uso do herbicida glifosato, principalmente quando em contato com meios aquáticos. Tal substância pode causar danos a um hábitat inteiro, trazendo irregularidades a sua fauna e flora. Outrossim, ocasiona sérios prejuízos à saúde humana, sendo associado a diversos sintomas, como insônia, desordens intestinais e depressão.

De acordo com tal problemática, o presente trabalho teve o objetivo de diminuir esses impactos, da maneira mais viável e menos danosa ao meio ambiente. Sendo assim, a biomassa proveniente da laranja foi uma boa alternativa, já que é um modo de reutilizar os resíduos dessa fruta (casca e bagaço) e usá-los como um adsorvente natural do glifosato. Finalmente, a partir dos processos descritos no vigente trabalho, observou-se o comportamento das diferentes biomassas – tratada e não tratada -, a fim de determinar sua eficácia de cada uma delas, evidenciando qual é mais viável para os fins de adsorção.

A partir disso, concluiu-se que tanto a biomassa tratada quanto a não tratada obtiveram resultados significativos, visto que em apenas 20 minutos foram adsorvidos – respectivamente - 13,16% e 21,33% de glifosato. Então verifica-se também, que a biomassa sem tratamento é mais viável economicamente - já que apresenta melhor adsorção e não precisa ser submetida a um tratamento alcalino – o qual encareceria o processo. Ademais, ressalta-se que o tempo utilizado foi o suficiente para gerar resultados satisfatórios. Entretanto, caso fosse realizado mais

testes com diferentes intervalos de tempo, os resultados poderiam ser ainda mais expressivos.

Portanto, conclui-se que o presente trabalho foi bem-sucedido, uma vez que foi possível comprovar a capacidade de adsorção da biomassa proveniente do bagaço da laranja para a descontaminação de glifosato em meios aquosos. Ademais, comprovou-se ser um procedimento viável – visto que os experimentos e testes realizados foram simples e de baixo custo financeiro – além de bom desempenho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AHMAD, J. et al. Adsorption studies on Citrus reticulata (fruit peel of orange): removal and recovery of Ni (II) from electroplating wastewater. **Journal of Hazardous Materials**. Aligarh, v. 79, n. 1-2, p. 117-131, dez. 2000. Disponível em: [https://sci-hub.ru/10.1016/s0304-3894\(00\)00234-x](https://sci-hub.ru/10.1016/s0304-3894(00)00234-x). Acesso em: 13 jun. 2023.

AMARANTE JÚNIOR, O. P. et al. **Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação**. São Luís, ago. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/Z9DJG6fy8ZQR79ch8cdxwVP/>. Acesso em: 26 abr. 2002.

AMARANTE JÚNIOR, O. et al. Métodos de Extração e Determinação do Herbicida Glifosato: Breve Revisão. **Química Nova**. v. 25, n. 3, p. 420-428, 2002. Disponível em: [https://s3.sa-east-1.amazonaws.com/static.sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/Vol25No3\\_420\\_14.pdf](https://s3.sa-east-1.amazonaws.com/static.sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/Vol25No3_420_14.pdf). Acesso em: 13 jun. 2023.

AQUINO NETO, S. **Degradação do herbicida glifosato e suas formulações comerciais**: uma comparação de processos eletroquímicos. 2009. 119 p. Dissertação (Mestrado em Química) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

AUTOR DESCONHECIDO. Água da região está contaminada por até 27 agrotóxicos; na Europa, seria proibida para consumo humano. **O EXTRA**, 2019. Disponível em: <http://oextra.net/15072/agua-da-regiao-esta-contaminada-por-ate-27-agrotoxicos-na-europa-seria-proibida-para-consumo-humano>. Acesso em: 12 jun. 2023.

AUTOR DESCONHECIDO. Conheça as riquezas industriais do interior de SP. **G1, Bauru**, 19 dez. 2011. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2011/12/joias-do-interior-conheca-riquezas-industriais-da-nossa-regiao.html>. Acesso em: 12 jun. 2023.

AUTOR DESCONHECIDO. Estado mantém setor de produção de laranja ativo para suprir demanda pela fruta. **São Paulo**, 01 abr. 2020. Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/estado-mantem-setor-de-producao-de-laranja-ativo-para-atender-demanda-pela-fruta/>. Acesso em: 19 jun. 2023.

BARROS, J. A. **Uso do herbicida glifosato nas lavouras maranhenses**: uma análise fundamentada na teoria da sociedade de risco. 2017. 127 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Energia e Ambiente) - Programa de Pós- Graduação em Energia e Ambiente, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2017.

BELCHIOR, D. C. V.; DE SOUZA SARAIVA, Althiéris; CÓRDOVA LÓPEZ, Ana Maria; NEWTON SCHEIDT, Gessiel. **IMPACTOS DE AGROTÓXICOS SOBRE O MEIO AMBIENTE E A SAÚDE HUMANA**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, v. 34, n. 1, p. 135-151, 16 jan. 2017. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164063/1/Impactos-de-agrotoxicos-sobre-o-meio-ambiente.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2023.

BHASKARA, B. L.; NAGARAJA, P. **Direct sensitive spectrophotometric determination of glyphosate by using ninhydrin as a chromogenic reagent in formulations and Environmental water samples**. *Helvetica Chimica Acta*, v. 89, n. 11, p. 2686-2693, 2006.

BHATTACHARY, K. G.; GUPTA, S. S. Kinetics of adsorption of metal ions on inorganic materials: A review. **Advances in Colloid and Interface Science**, Netherlands, 12 jan. 2011, v. 162, p. 39-58. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001868611000030>. Acesso em: 02 ago. 2023.

BOËCHAT, I. G; GÜCKER, B.; LIMA, I, B. Glifosato no Brasil: uso, contaminação aquática, efeitos ambientais e perigos para a saúde humana. *Caderno de Geografia*. V. 31. número 1- 2021, p. 90- 115.

BORSOI, Augustinho; RICARDO RIBEIRO DOS SANTOS, Paulino; EGIDIO TAFFAREL, Loreno; CELSO GONÇALVES JÚNIOR, Affonso. **Agrotóxicos: histórico, atualidades e meio ambiente**. *Acta Iguazu*, [S. I.], v. 3, n. 1, p. 86-100, 23 mar. 2014. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/9650/7083>. Acesso em: 20 jul. 2023.

BOTELHO, Vinicius. *Jornal da USP*. **Levantamento mostra que água para consumo humano tem alto índice de agrotóxico**. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/levantamento-mostra-que-agua-para-consumo-humano-tem-alto-indice-de-agrotoxico/>. Acesso em: 26 abr. 2023.

BRAIBANTE, M. E. F.; ZAPPE, J. A. **A Química dos agrotóxicos**. *Química Nova na Escola*, v. 34, nº 1, p. 10-15, fevereiro 2012. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34\\_1/03-QS-02-11.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_1/03-QS-02-11.pdf). Acesso em: set. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa Agrobiologia. **Enzimas oxidativas microbianas envolvidas na biodegradação da lignocelulose**: produção, características bioquímicas e importância biotecnológica. Seropédica – RJ, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). **Presença de agrotóxicos em água potável no Brasil: Parecer técnico do GT de Agrotóxicos da Fiocruz para a Revisão do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, para o parâmetro “agrotóxicos”**. 2017. 13p.

BRITO, M. A.; YADA, M. M. Impactos do herbicida glifosato na saúde humana: riscos provenientes da exposição e consumo residual. *Simpósio de Tecnologia- Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga*, 2018, p. 349- 360.

CAMPOS, David Villas Boas et al. A utilização de resíduos orgânicos como tecnologia sustentável na sorção de metais pesados em águas residuárias. **Embrapa**, Rio de Janeiro, v. 1, pg. 3, 20--.

CASTILHO, F. T. **Organização dos produtores para a comercialização da laranja: o caso do pool de produtores de Matão-SP**. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3812/DissFTC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 02 de ago. de 2023.

CECIERJ. Estrutura da molécula de celulose. Disponível em: <https://canal.cecierj.edu.br/recurso/7193>. Acesso em: 06 dez. 2023.

CHAUHAN, D.; SANKARARAMAKRISHNAN, N. Modeling and evaluation on removal of hexavalent chromium from aqueous systems using fixed bed column. **Journal of Hazardous Materials**, Netherlands, v. 189, n. 1, p. 55-62, jan/set. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389410011532>. Acesso em: 20 jul. 2023.

CYPRIANO, D. Z.; SILVA, L. L.; MARIÑO, M. A; TASIC, L. **A Biomassa da Laranja e seus Subprodutos**. Rev. Virtual Quim., 2017, 9 (1), 176-191. Data de publicação na Web: 24 de novembro de 2016. Disponível em: <<http://rvq.s bq.org.br/>>. Acesso em: 26 de ago. de 2023.

FARIA, V. H. F. **GLIFOSATO: DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA DE TERMINAÇÃO EM SOJA E MILHO E AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS LABORATORIAIS EM TRABALHADORES EXPOSTOS A AGROTÓXICOS**. Dissertação apresentada para Pós-Graduação – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

FERNANDES, B. C. **Desenvolvimento histórico da citricultura**. Araraquara, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/118999>>. Acesso em: 12 de ago. de 2023.

FOUST, A. S. et al. **Princípio das operações unitárias**. 2 ed. Tradução: Horacio Macedo. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

GOMES, M. S. et al. Uso de scanner em espectrofotometria de absorção molecular: aplicação em experimento didático enfocando a determinação de ácido ascórbico. Quim. Nova, Vol. 31, No. 6, 1577-1581, 2008.

HASSE, G. **A laranja no Brasil 1500-1987**: a história da agroindústria citrícola brasileira, dos quintais coloniais às fábricas exportadoras de suco do século XX. São Paulo: Duprat & Lobe, 1987. 296 p.

HILL, C. **An Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design**. New York: John Wiley and Sons, 1977, p. 594. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?id=okQWAwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=okQWAwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 26 set. 2023.

HIMMEL, M. E.; DING, S. V.; JOHNSON, D. K.; ADNEY, W. S.; NIMLOS, M. R.; BRADY, J. W.; FOUST, T. D. **Recalcitrância de biomassa: engenharia de plantas e enzimas para produção de biocombustíveis**. 2005. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17289988/>>. Acesso em: 26 de set. de 2023.

KASCHUK, J. J. **Biomassa lignocelulósica como fonte de açúcares fermentescíveis e de materiais: sacarificação de fibras de sisal e preparação de membranas para aplicação em células solares a partir de derivado de celulose**. 2019. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75134/tde-10052021-112431/publico/JoiceJaquelineKaschukrevisada.pdf>>. Acesso em: 26 de set. de 2023.

KIMURA, L. M. **Uma contribuição à pirólise de biomassa: Avaliação de alguns resíduos da agroindústria como fonte de energia alternativa**. 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/15138>>. Acesso em: 26 de set. de 2023.

KEHL, C. C. P. L. **Remoção de nitrogênio amoniacal por adsorção em carvão ativado**. Dezembro de 2015. 43 f. Trabalho de diplomação em Engenharia Química. Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

KLEMM, D.; HEUBLEIN, B.; FINK, H-P.; BOHN, A. Celulose: biopolímero fascinante e matéria-prima sustentável. **Angewandte Chemie**, n. 44, p. 3358-3393, 2005. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/anie.200460587>>. Acesso em: 26 de set. De 2023.

LANGMUIR, I. The constitution and fundamental properties of solids and liquids. **Journal of the American Chemical Society**, v.40, n. 9, p. 1361-1403, 1918.

LIMA, A. C. A. et al. **Adsorção, aspectos teóricos e aplicações ambientais**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. 258 p.

LUZ, L. G. Investigação sobre o Carbono Negro em Sedimentos da Baía de Guanabara e Manguezais: Distribuição e Influência na Sorção de HPAs, 2007. Tese (Mestrado em Química), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2007.

MARQUES, A. R. F. **Estudos de Degradação do Glifosato**. 2008. 120f. Dissertação para obtenção de Mestrado. Universidade de Aveiro. Portugal. 2008. Disponível em: <https://ria.ua.pt/bitstream/10773/3076/1/2009000624.pdf>. Acesso em: set. 2023.

MATTOS JUNIOR, D. et al. **Citros: principais informações e recomendações de cultivo**. Instituto Agrônomo de Campinas. abr,2005. Disponível em:<[http://www.iac.sp.gov.br/imagem\\_informacoestecnologicas/43.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/43.pdf)>. Acesso em: 26 de ago. de 2023.

MEDAL, D. C. **Lignina**. Disponível em: <https://www.infoescola.com/compostos-quimicos/lignina/>. Acesso em: 06 dez. 2023.

MORAES, P. V. D.; ROSSI, P. Comportamento ambiental do glifosato. *Scientia Agraria Paranaensis*. V. 9. número 3 – 2010, p. 22-35.

MOREIRA, R. F. P., HUMBERTO, J. J., SOAREES, J. L., “**Isotermas de Adsorção de Corantes sobre Carvão Ativado**”. II Encontro Brasileiro de Adsorção, Florianópolis Santa Catarina, pp 85-91, 2000.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). INCA. **Agrotóxico**. MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). INCA. **Agrotóxico**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotoxico>. Acesso em: 24 ago. 2023.

MUNHOZ, J. R.; MORABITO, R. **Uma abordagem de otimização robusta no planejamento agregado de produção na indústria cítrica**. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/prod/a/VZsDqSDxZDLmSVCbyRwmBdj/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 02 de ago. de 2023.

NEVES, M. F. **Mapeamento e Quantificação do Sistema Agroindustrial Citrícola**. Relatório Parcial. Workshop do Sistema Agroindustrial Citrícola. Disponível em: [www.pensa.org.br](http://www.pensa.org.br). Acesso em: 02 de ago. de 2023.

NEVES, M. F., et al. **O Retrato da citricultura brasileira**. 2010. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com/exportadores-citricos/brasil/retrato-da-citricultura-256277-1.asp>> Acesso em: 30 de ago. de 2023.

NEVES, M. F.; JANK, M. S. **Perspectivas da cadeia produtiva da laranja no Brasil: a agenda 2015**. São Paulo, 2006. Disponível em: [http://www.fundace.org.br/arquivos\\_diversos/agenda\\_estrategica/Agenda\\_Citrus\\_2015\\_PENSAICONE.pdf](http://www.fundace.org.br/arquivos_diversos/agenda_estrategica/Agenda_Citrus_2015_PENSAICONE.pdf). Acesso em: 26 de ago. de 2023.

OLIVEIRA, Fracicleide P. **O Meio Ambiente e o Setor Industrial – Desafio para o Desenvolvimento Sustentável**. 2002, p. 1. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/meio-ambiente.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2023.

OSORIO, Raissa Macedo Lacerda; LIMA, Suzana Maria Valle; SANT’ANNA, Rafael Lavrador; CASTRO, Antônio Maria Gomes. Demandas tecnológicas da cadeia produtiva de laranja no Brasil. **Latin American Journal of Business Management (LAJBM)**, Taubaté, SP, Brasil, 2017, jul-dez. v. 8, n. 2, p. 40-66. Disponível em: <<https://www.lajbm.com.br/index.php/journal/article/view/425>>. Acesso em: 24 de jul. de 2023.

QUEIROZ, et al. Transporte de glifosato pelo escoamento superficial e por lixiviação em um solo agrícola. *Química Nova*. V. 34. número 2- 2011, p. 190- 195.

RAMÍREZ. E. J. A.; HÜBSCHER. G. H. **Laranja: alimento funcional**. *Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.= J. Brazilian Soc. Food Nutr.*, São Paulo, SP, v. 36, n. 3, p. 79-91, dez. 2011. Disponível em: <[http://sban.cloudpainel.com.br/files/revistas\\_publicacoes/342.pdf](http://sban.cloudpainel.com.br/files/revistas_publicacoes/342.pdf)>. Acesso em: 26 de ago. de 2023.

RARAZ, A. G. Biological and biotechnological waste management in materials processing. v. 47, p. 56-63, 1995. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03221411>. Acesso em: 22 jul. 2023.

REZZADORI, K.; BENEDETTI, S. **Proposições para Valorização de Resíduos do Processamento do Suco de Laranja**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <http://advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/6a/4/K.%20Rezzadori%20-%20Resumo%20Exp%20-%206A-4.pdf>. Acesso em: 26 de ago. de 2023.

RODRIGUES, Antonio Rony S. P.; CAVALCANTE, Edinalva Maria. Emprego de biomassas adsorventes na remoção de íons metálicos em meio aquoso. **Essentia: Revista de cultura, ciência e tecnologia**, Sobral, v. 23, n.1, p.40, 2022.

ROMAN, E. S., et al. **Como funcional os herbicidas**. Passo Fundo, 2005.  
SAKA, C. et al. Applications on agricultural and forest waste adsorbents for the removal of lead (II) from contaminated. **International Journal of Environmental Science and Technology**. Siirt, v. 9, n. 2, p. 379-394, 02 mar. 2012. Disponível em: <https://www.bioline.org.br/pdf?st12039>. Acesso em: 12 jun. 2023.

SANTOS, F. A. **Desempenho e Conformidade de Biossorventes Produzidos a Partir de Resíduos Florestais e sua Aplicação no Tratamento de Cromo de Efluente Industrial de Galvanoplastia**. ago. 2013. 241 f. Obtenção do título de Doutor em Engenharia e Tecnologia de Materiais – Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2013.

SCHNEIDER, J. K. **Utilização de biomassas brasileiras para produção de carvão ativado de alta qualidade: caracterização e aplicação como adsorvente**. Data de defesa-Tese (doutorado em química) - Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.  
[1.amazonaws.com/static/sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/Vol25No3\\_420\\_14.pdf](https://1.amazonaws.com/static/sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/Vol25No3_420_14.pdf). Acesso em: 13 jun. 2023.

**SETOR** de citricultura é destaque no agronegócio do estado de São Paulo. **Do Portal do Governo**, 11 de jun. de 2020 (quinta-feira). Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/ultimas-noticias/setor-de-citricultura-e-destaque-no-agronegocio-do-estado-de-sao-paulo/>. Acesso em: 23 de out. de 2023.

SILVEIRA, Marilice Bretanha. **Aplicação de biomassa vegetal como material adsorvente de corantes sintéticos em meio aquoso**. 2013. 97 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia). Departamento de Engenharia, Universidade Federal do Pampa. Bagé, 2013.

SPADOTTO, C. A. **ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR NA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE AGROTÓXICOS**. Revista Núcleo de Pesquisa Interdisciplinar, [S. l.], p. 223-256, 10 maio 2006. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/131066/1/2006AA-047.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2023.

SUZUKI, Lorryne Lins. **Análise técnico-econômica e ambiental de processos de valorização do resíduo da indústria de suco de laranja.** Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-28112019-141114/publico/LorryneLinsSuzukicorr.pdf>>. Acesso em: 02 de nov. de 2023.

TASHIMA, M. M. **Cinza de Casca de Arroz altamente reativa: método de produção, caracterização físico-química e comportamento em matrizes de cimento Portland.** out. 2006. 81 f. Pós-Graduação em Engenharia-Química – Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2006.

VAGHETTI, J. C. P. **Utilização de Biossorventes para Remediação de Efluentes Aquosos Contaminados com Íons Metálicos.** Junho de 2009. 99 f. Tese de Doutorado – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2009.

VEIGA, Marcelo Motta *et al.* Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. **Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil.** 2006. Artigo - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2006. p. 9. Disponível em: <https://scielosp.org/pdf/csp/2006.v22n11/2391-2399/pt>. Acesso em: 24 ago. 2023.

VIEIRA, A. C. **A estratégia de verticalização da produção no setor citrícola.** Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/enegep1997\\_t3503.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/enegep1997_t3503.pdf). Acesso em: 02 de ago. de 2023.

WEBER, W. J. J.; HOPKINS C. B.; BLOOM, R.J. Physicochemical Treatment of Wastewater. **Journal (Water Pollution Control Federation)**, v. 42, n. 1, p. 83-99, jan. 1970. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/25036447>. Acesso em: 22 jul. 2023.