



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE QUÍMICA – IQUFU
BACHARELADO EM QUÍMICA INDUSTRIAL

VITO GASPAR FERNANDES XAVIER

**Desenvolvimento de biofilmes poliméricos de carboximetilcelulose e extrativo do
bagaço de uva, para a pulverização em cultura de maçã e proteção contra a radiação UV**

Uberlândia – MG

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE QUÍMICA – IQUFU

VITO GASPAR FERNANDES XAVIER

**Desenvolvimento de biofilmes poliméricos de carboximetilcelulose e extrativo do
bagaço de uva, para a pulverização em cultura de maçã e proteção contra a radiação UV**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação Bacharelado em Química Industrial da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Pasquini

Coorientador: Eng^o. Anderson Gabriel Corrêa

Uberlândia – MG

2022

VITO GASPAR FERNANDES XAVIER

Desenvolvimento de biofilmes poliméricos de carboximetilcelulose e extrativo do bagaço de uva, para a pulverização em cultura de maçã e proteção contra a radiação UV

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação Bacharelado em Química Industrial da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Química Industrial.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Daniel Pasquini - Orientador
Universidade Federal de Uberlândia

Mestrando Eng^o. Anderson Gabriel Corrêa - Coorientador
Universidade Federal de Uberlândia

Doutoranda Eng^a. Gabriela Ciribelli Santos Pompêu
Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr. Ricardo Brocenschi
Universidade Federal de Uberlândia

UBERLÂNDIA

2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por todas as graças e bênçãos derramadas sobre mim durante essa fase da minha vida.

Aos meus amados pais, Sabina e Ângelo por todo carinho, apoio incondicional e orações desde meu nascimento até os dias de hoje.

Aos meus queridos irmãos Maria Sônia, Sínia, Profírio, Alice, Susana e Sófia pelo apoio e carinho durante a minha estadia no Brasil.

Ao meu orientador Professor Dr. Daniel Pasquini pela sugestão do tema e toda assistência durante a elaboração do TCC.

Aos professores do Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – (a) estrutura básica das antocianinas; (b) estrutura básica dos flavonóis.....	11
Figura 2 – Reação síntese da carboximetilcelulose.....	14
Figura 3 – Estrutura da carboximetilcelulose.....	15
Figura 4 – Queimadura de sol em maçã.....	17
Figura 5 – Regiões do espectro eletromagnético.....	18
Figura 6 – Representação do ângulo de contato entre superfície hidrofílica (a) e hidrofóbica (b).....	21
Figura 7 – Extrator Soxhlet.....	23
Figura 8 – Espectrofotômetro UV-Vis.....	24
Figura 9 – Sistema de pastilhamento e espectrofotômetro de infravermelho.....	25
Figura 10 – Filmes de CMC com adição do extrato de bagaço de uva.....	25
Figura 11 – Gotas de água sobre a superfície de maçã.....	26
Figura 12 – Tensiômetro Krüss K6.....	27
Figura 13 – Gráfico de comprimento de onda em função a absorbância.....	28
Figura 14 – Curva de calibração obtida a partir das diluições da solução padrão.....	29
Figura 15 – Gráfico da absorbância em função a espessura de biofilmes do CMC com extrato...30	
Figura 16 – Espectro de infravermelho do bagaço de uva.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais teores dos compostos fenólicos presentes no bagaço de uva.....	12
Tabela 2 – Elementos mais abundante encontrados no bagaço de uva.....	12
Tabela 3 – Caracterização bagaço de uva.....	13
Tabela 4 – Dados IBGE sobre os principais locais de produção de maçã no Brasil, área de cultivo e porcentagem de produção anual.....	16
Tabela 5 – Absorbância das soluções em diluídas em função da concentração	29
Tabela 6 – Dados de absorbâncias dos filmes em função da sua espessura	30
Tabela 7 – Principais bandas de infravermelho observados na amostra.....	32
Tabela 8 – Resultados das médias dos ângulos de contato (θ) obtidos por gotas formadas de soluções (água, extrativo, DSD, CMC 0,5% e CMC com extrativo e CMC com extrativo + DSD)	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A: absorbância

ABPM: Associação Brasileira dos Produtores de Maçã

b: caminho óptico

c: concentração

CMC: Carboximetilcelulose

DSD: Dodecilsulfato de sódio

FTIR: Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier

Ibravin: Instituto Brasileiro do Vinho

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IV: Infravermelho

IUPAC: União Internacional de Química Pura e Aplicada

OIV: Organização Internacional da Vinha e do Vinho

UV-Vis: Ultravioleta-visível

ϵ : absorptividade molar

θ : ângulo de contato

RESUMO

As vinícolas geram uma grande quantidade de resíduos sólidos, sendo que 45 % deste é constituído principalmente pelo bagaço de uva. Os estudos têm mostrado que esse bagaço possui uma quantidade significativa de compostos fenólicos e antioxidantes como as antocianinas, os flavonóis, os ácidos fenólicos e o resveratrol. Além do seu potencial bioativo, esses compostos apresentam grande capacidade de absorção de raios UV que são prejudiciais para plantações de frutas podendo queimá-las, especialmente em regiões mais quentes, que possuem maior incidência de raios solares. Neste trabalho, foram desenvolvidos soluções e filmes do biopolímero carboximetilcelulose (CMC) e do extrativo do bagaço de uvas *Vitis vinifera* com a finalidade de aplicação sobre cascas de maçã para proteção contraraios UV. Os filmes e soluções foram caracterizados a partir de técnicas analíticas como FTIR, UV-vis, ângulo de contato e tensão superficial. O espectro FTIR do extrativo mostrou que há presença de grupos –OH ($3500-3200\text{ cm}^{-1}$) e C=C de anéis aromáticos ($1700-1500$ e 667 cm^{-1}) evidenciando a presença dos polifenóis. A espectrofotometria UV-Vis mostrou que, com o aumento da espessura dos filmes, houve um aumento da absorbância, assim, pode-se inferir que maiores concentrações de extrativo nas soluções biopoliméricas podem proteger melhor as maçãs. Na análise do ângulo de contato das soluções de CMC 0,5% ($72,0^\circ$) e CMC + Extrativo ($71,4^\circ$), observa-se que o valor destes é menor que o exibido pela água pura ($73,8^\circ$), o que mostra que as soluções apresentam boa molhabilidade sobre as maçãs, a qual é ainda melhorada com adição do tensoativo dodecilsulfato de sódio (DSD), já que esse ângulo é ainda menor na solução CMC + Extrativo + DSD ($68,5^\circ$) que contém esse aditivo.

Palavras-chave: Bagaço de uva. Carboximetilcelulose. Biofilmes. Proteção UV. Cultura de maçã.

ABSTRACT

Wineries generate a large amount of solid waste, 45% of which is mainly made up of grape pomace. Studies have shown that this pomace has a significant number of phenolic compounds and antioxidants such as anthocyanins, flavonols, phenolic acids and resveratrol. In addition to their bioactive potential, these compounds have a great ability to absorb UV rays that are harmful to fruit peel and can burn them, especially in warmer regions, which have a higher incidence of sunlight. In this work, solutions, and films of the biopolymer carboxymethylcellulose (CMC) were developed with and without the addition of *Vitis vinifera* grape pomace extract for application on apple peels to protect against UV rays. The films and solutions were characterized using analytical techniques such as FTIR, UV-vis, contact angle and surface tension. The extractive FTIR spectrum showed the presence of –OH (3500-3200 cm^{-1}) and C=C groups of aromatic rings (1700-1500 and 667 cm^{-1}) evidencing the presence of polyphenols. The UV-Vis spectroscopy showed that, with the increase in thickness of the films, there was an increase in absorbance, thus, it can be inferred that higher concentrations of extractive in the biopolymer solutions can better protect apples. The analysis of contact angle of CMC 0.5% (72.0°) and CMC + Extractive (71.4°) solutions, it is observed that their value is lower than that shown by pure water (73.8°), which shows that solutions present good wettability on apples, which is further improved with addition of sodium dodecyl sulfate (DSD) surfactant, since this angle is even smaller in CMC + Extractive + DSD solution (68.5°) which contains this additive.

Keywords: Grape pomace. Carboxymethylcellulose. Biofilm. UV protection. Apple culture.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	Resíduos Vitivinícolas.....	10
1.2	Caracterização dos Resíduos Sólidos Vitivinícolas.....	11
1.3	Extrativos.....	13
1.4	Carboximetilcelulose (CMC).....	13
1.5	Biofilmes.....	15
1.6	Produção de Maçãs no Brasil.....	16
1.7	Queimaduras por Raios Solares em Frutas.....	17
1.8	Espectrofotometria UV-vis.....	18
1.9	Espectroscopia na Região do Infravermelho.....	19
1.10	Tensão Superficial e Ângulo de Contato.....	20
2	OBJETIVOS.....	22
2.1	Objetivo Geral.....	22
2.2	Objetivos Específicos.....	22
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
3.1	Extração Aquosa.....	23
3.2	Análise UV-Vis.....	24
3.3	Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).....	24
3.4	Obtenção dos Biofilmes de Carboximetilcelulose com Extrativo.....	25
3.5	Análise UV-Vis dos Biofilmes.....	26
3.6	Ângulo de contato.....	26
3.7	Determinação da Tensão Superficial das Soluções pelo Método do Anel Du Nouy.....	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1	Espectrofotometria UV-Vis do Extrativo.....	28
4.2	Espectrofotometria UV-Vis dos Biofilmes de CMC e Extrativo.....	30
4.3	Espectroscopia de Infravermelho (FTIR).....	31
4.4	Tensão Superficial e Ângulo de Contato.....	32
5	CONCLUSÕES.....	34
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

1.1 Resíduos Vitivinícolas

Atualmente, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos para a melhoria de processos industriais, com enfoque na produção agrícola, fabricação de alimentos e bebidas (BHARATHIRAJARA *et al.*, 2020). A uva tem grande potencial de valorização devido ao seu papel na indústria de processamento de frutas, principalmente para produção de vinhos, espumantes e sucos (CHAKKA *et al.*, 2022).

Segundo a Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV), a uva é a quinta maior fruticultura do mundo, com produção média de cerca de 70 milhões de toneladas da fruta, das quais quase 60 % são destinadas ao processamento (ILYAS *et al.*, 2021). A produção de uva se destaca nos países do sul da Europa, principalmente Espanha, Itália e França, onde a atividade vitivinícola é bastante significativa, porém, esta é uma atividade agroindustrial que gera uma quantidade considerável de resíduos sólidos e líquidos (RONDEAU *et al.*, 2012). No Brasil, a produção de uva é de extrema importância no estado do Rio Grande do Sul, sendo ele o maior produtor nacional da fruta, com mais de 90 % da produção de sucos e vinhos do país. Segundo o Instituto Brasileiro do Vinho (Ibravin), 663,2 milhões de quilos de uvas foram processados pelas vinícolas em 2018 (MELLO; MACHADO, 2020).

As vinícolas geram uma quantidade significativa de resíduos sólidos e efluentes, constituído principalmente por cascas, talos e sementes de uva e águas residuais de todo processo produtivo. De acordo com Broome e Warner (2008), as fontes de resíduos obtidas das vinícolas incluem aproximadamente 45 % de bagaço de uva, 7,5 % de talos e 6 % de sementes. Mas como essa geração depende de uma série de fatores, como clima, tipo de vinho produzido, época, dentre outras, esse volume de resíduos gerados pode ser considerado de 20 a 30% da produção total de vinho, o que se pode considerar um percentual significativo (DEVESA-REY *et al.*, 2011; ZABANIOTOU *et al.*, 2018).

Como consequência, o controle e tratamento ambiental correto desses resíduos se tornou um enorme desafio devido a sua carga poluidora, pois é um material com alto teor de matéria orgânica, baixo pH, capaz de ocasionar poluição do ar (fermentação e matérias orgânicas voláteis), do solo e de corpos hídricos, se descartados sem o devido tratamento (BENDER *et al.*, 2016; JIN *et al.*, 2018).

No decorrer do tempo, os pesquisadores têm comprovado que o reaproveitamento do

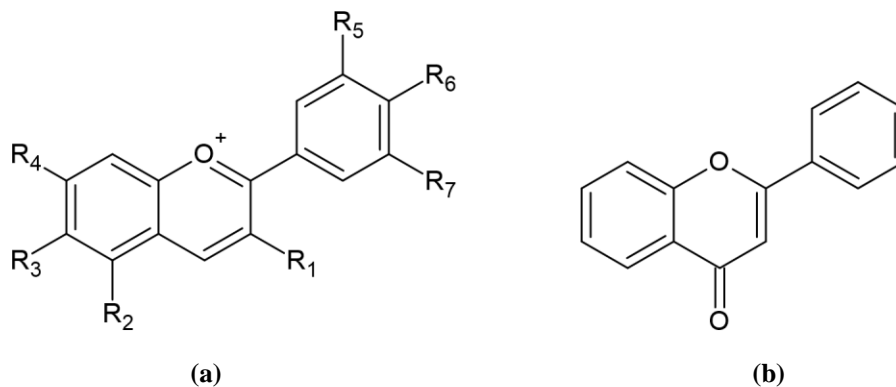
bagaço de uva descartado é vantajoso, visto que, reduz os impactos ambientais e que o bagaço possui grande quantidade de compostos fenólicos e antioxidantes, que não são completamente removidos na produção de vinho. Tais compostos são de grande interesse, em vista de suas propriedades podendo ser utilizados para diversos fins e na produção de novos produtos de valor agregado (ROCKENBACH *et al.*, 2011).

1.2 Caracterização dos Resíduos Sólidos Vitivinícolas

Uma série de fatores interferem nas características dos resíduos sólidos provenientes do processamento de uva. Segundo Bharathirajara *et al.* (2020), as condições e épocas de colheita da fruta são fatores relevantes na composição dos resíduos. Esse material sólido é decorrente da coleta e de todas as etapas do processamento das uvas (ILYAS *et al.*, 2021). Dentre os compostos presentes nos resíduos vinícolas, os compostos fenólicos se apresentam em grande quantidade. Essas substâncias pertencem a uma classe que inclui uma variedade de estruturas simples e complexas. Além disso, eles são parte do metabolismo secundário de plantas, no qual um ou mais grupos de hidroxila são capazes de substituir os anéis aromáticos contidos nos referidos metabólitos secundários (MUHLACK *et al.*, 2018).

Os polifenóis do bagaço de uva incluem principalmente antocianinas, flavonóides, ácidos fenólicos e resveratrol (ROCKENBACH *et al.*, 2011), e têm sido utilizados devido ao seu potencial bioativo nas uvas que inclui a atividade antioxidante, anti-inflamatória, anticancerígena e antibacteriana. Na Figura 1, estão ilustradas as estruturas básicas das antocianinas e dos flavonóides, que podem ter em suas estruturas básicas ou grupos hidroxilas ligados aos anéis aromáticos e assim caracterizando-as como estruturas polifenólicas.

Figura 1 – (a) estrutura básica das antocianinas; (b) estrutura básica dos flavonóides.



Fonte: Adaptado de LOPES *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2003.

Resumidamente, os principais compostos fenólicos presentes no bagaço de uva estão descritos na Tabela 1:

Tabela 1 – Principais teores dos compostos fenólicos presentes no bagaço de uva.

Compostos	Bagaço de uva (mg g ⁻¹)
Ácidos Fenólicos	0,03 – 8,31
Flavan-3-óis totais	0,34 – 4,25
Antocianinas totais	11,47 – 29,82
Flavonóides totais	0,03 – 0,63

Fonte: Adaptado de PINELO; ARNOUS; MEYERS, 2006.

A composição elementar é de extrema importância quando falamos de reaproveitamento de resíduos, pois ela pode interferir em diversos processos químicos envolvendo esses resíduos, sendo possível após essa determinação ter o uso mais eficiente. Com isso, a Tabela 2 apresenta a composição elementar do bagaço de uva:

Tabela 2 – Elementos mais abundante encontrados no bagaço de uva.

Elemento	Porcentagem (%)
Carbono	54,0
Oxigênio	37,85
Hidrogênio	6,08
Nitrogênio	1,99
Traços de enxofre	0,08

Fonte: Adaptado de ILYAS *et al.*, 2021.

Outra informação importante é referente à composição do material vegetal, mais precisamente em relação aos teores de celulose, hemiceluloses e lignina, desses resíduos, considerado uma biomassa lignocelulósica. Na Tabela 3 estão representados os dados os principais componentes do bagaço de uva:

Tabela 3 – Caracterização do bagaço de uva.

Componentes	% amostra seca
Celulose	30-31
Hemiceluloses	21
Lignina	17-18
Taninos	15-16
Proteínas	6,0

Fonte: Adaptado de PROZIL *et al.*, 2013.

É possível observar que os resíduos sólidos provenientes da fabricação de vinhos, espumantes e suco de uva são bem diversificados em relação a sua composição, por isso, eles são considerados versáteis quando se trata da sua valorização, sendo necessário antes de qualquer aproveitamento, realizar uma caracterização completa desse material.

1.3 Extrativos

Existem diversos tipos de extração para identificação, isolamento e recuperação de componentes dos resíduos, divididos em convencional e não convencional, com os principais métodos sendo o de extração soxhlet, maceração e extração por refluxo (ILYAS *et al.*, 2021).

No método de extração por soxhlet, a amostra é colocada em um cartucho feito de papel de filtro grosso, que é então transferido para o extrator soxhlet acoplado a um sistema de refluxo composto por uma manta de aquecimento, um balão de fundo redondo contendo o solvente adequado, o extrato soxhlet e um condensador de refluxo. O sistema é então aquecido de forma que o vapor do solvente, ao ser condensado, arraste o extrativo presente na amostra para junto do solvente no balão (DE CAMPOS *et al.*, 2008).

Devido aos vários métodos que podem ser empregados na extração, a eficiência desse processo pode ser afetada, assim como a sua pureza e a quantidade de produto recuperado. Fatores como temperatura, tamanho de partícula, tipo de solvente utilizado, tempo de extração e matriz da substância interferente são decisivos nesse processo. (IGNAT *et al.*, 2011).

1.4 Carboximetilcelulose (CMC)

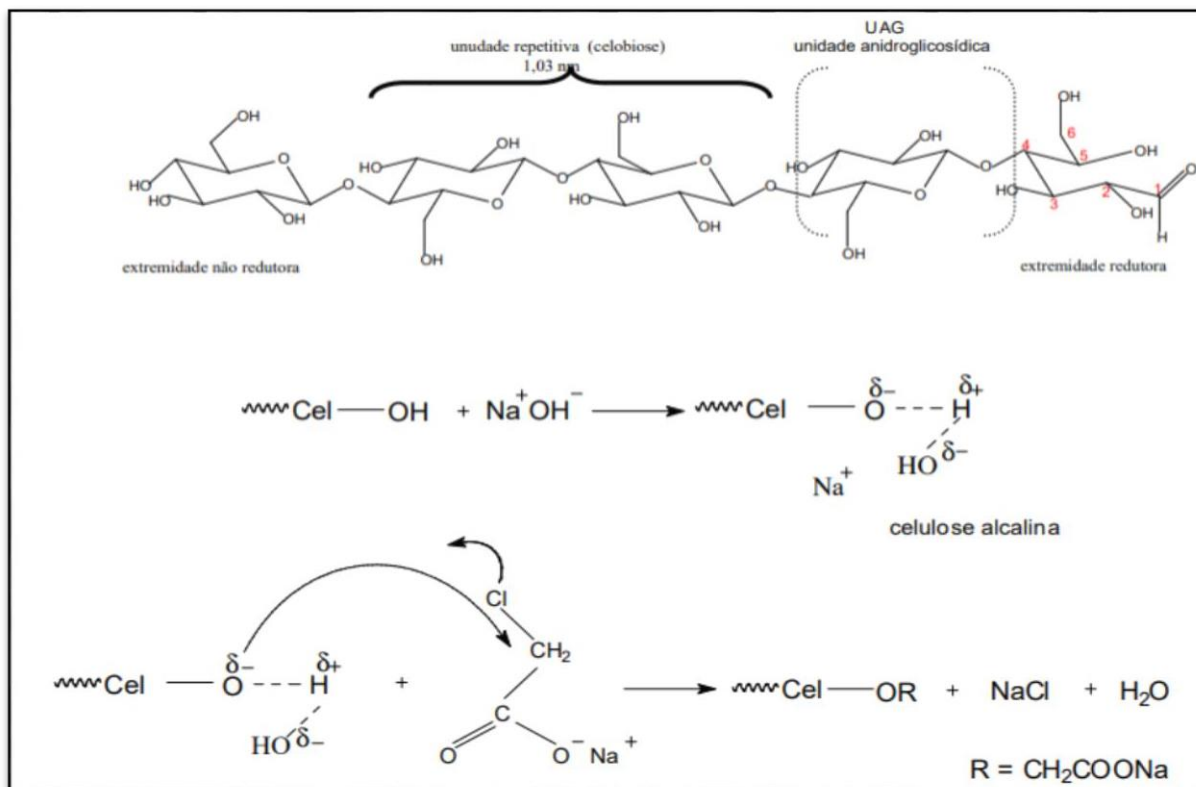
De acordo Cerrutti e Frollini (2009), é possível obter os derivados de celulose em

solventes orgânicos e em água através da realização de alterações na estrutura da celulose, sendo a carboximetilcelulose um exemplo disso. Trata-se de um polissacarídeo derivado da celulose, o polímero natural mais abundante da natureza principalmente do reino vegetal (GRZADKA; CHIBOWSKI, 2012).

A CMC é formada pela reação entre a celulose, hidróxido de sódio em suspensão e ácido monocloroacético. A CMC geralmente é preparada e utilizada na forma de sal de sódio (Na-CMC) e se comporta como um polieletrólito quando dissolvido em água (CARASCHI; CAMPANA, 1999).

É considerada um dos derivados celulósicos mais importantes e é extremamente solúvel em água, podendo ser utilizada em diversas indústrias como a farmacêutica, alimentícia, têxtil, biomédica, agrícola e para embalagens biopoliméricas de alimentos (GUISE *et al.*, 2013; GHORPADE *et al.*, 2018). A Figura 2 é uma representação esquemática da reação da celulose levando a formação da CMC.

Figura 2 – Reação síntese da carboximetilcelulose.



Fonte: Adaptado de CERRUTTI; FROLLINI, 2009.

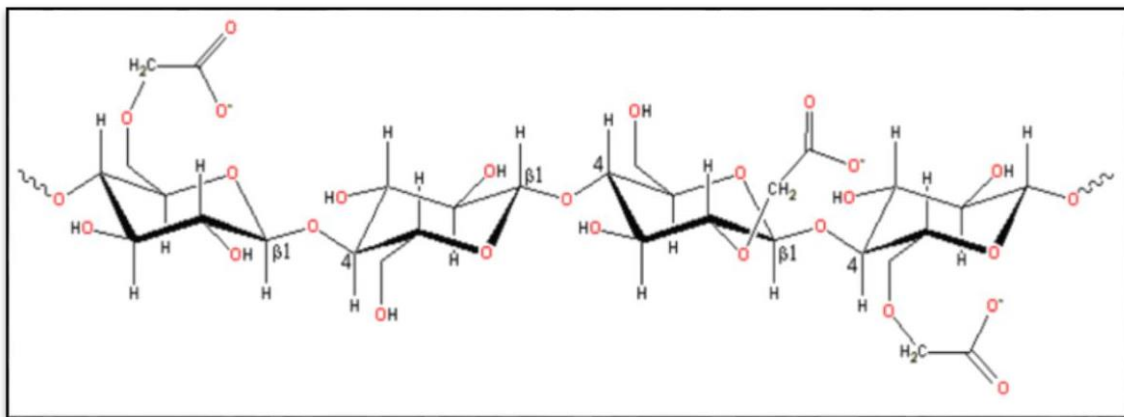
De acordo com FAGUNDES *et al.* (2016), as características físico-químicas da CMC são baseadas no grau de substituição, no grau de polimerização, na homogeneidade dos grupos hidroxila substituídos por carboximetila por toda a extensão da cadeia polimérica e na pureza

do produto.

O grau de polimerização é definido como a quantidade intermediária de elementos monoméricos ao longo da cadeia polimérica, conseqüentemente, quanto maior o grau de polimerização, maior a massa molar média e, por conseqüência, a viscosidade do polímero. Já o grau de substituição é definido como a quantidade de substituições por unidade de monômero do número médio de grupos hidroxilas, sendo que as propriedades mais importantes nas soluções de CMC estão em relação a solubilidade, estabilidade frente ao cisalhamento e comportamento reológico (FAGUNDES *et al.*, 2016).

Segundo SANTOS *et al.* (2021), a síntese de biofilmes à base de polímeros naturais e revestimentos poliméricos vêm sendo tema de diversos estudos, sendo a carboximetilcelulose considerada um polímero promissor para a produção de biofilmes, pois apresenta características como biodegradabilidade, biocompatibilidade, baixa citotoxicidade, alta manuseabilidade, transparência, matriz contínua com possibilidade de modificações na sua estrutura. A Figura 3 apresenta a estrutura da carboximetilcelulose.

Figura 3 – Estrutura da carboximetilcelulose.



Fonte: Adaptado de SANTOS *et al.*, 2021.

1.5 Biofilmes

Os biopolímeros são moléculas formadas a partir de unidades monoméricas de açúcares, aminoácidos ou nucleotídeos e são provenientes de fontes naturais diversas, principalmente vegetais. São polímeros com características interessantes como biocompatibilidade com tecidos vivos e biodegradabilidade (TAKINAMI, 2014).

Segundo Silva (2015), a busca por polímeros biodegradáveis para a produção de filmes é uma ótima opção para diminuir o uso de materiais sintéticos, pois os polissacarídeos obtidos

de origem agrícola e microbiana podem ser empregados como matéria-prima para obtenção de filmes biodegradáveis de baixa espessura para a proteção de alimentos contra danos físicos e biológicos.

De acordo com Hellwig (2020), o bagaço de uva é um dos resíduos mais abundantemente produzidos na indústria, que possui uma variedade de compostos com propriedades úteis no desenvolvimento de biofilmes ou revestimentos comestíveis.

1.6 Produção de Maçãs no Brasil

No Brasil são produzidas aproximadamente 1,3 milhões de toneladas de maçãs por ano, distribuídas em basicamente cinco estados. Segundo o IBGE, Santa Catarina lidera este ranking com uma produção anual de 635 mil toneladas, seguido pelo Rio Grande do Sul com 628 mil toneladas, Paraná com 30 toneladas, São Paulo com quatro toneladas e Minas Gerais com três toneladas (LUCAS, 2017). Desta forma, Santa Catarina representa 49,13 % de toda produção nacional de maçã como pode ser visto na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 – Dados IBGE sobre os principais locais de produção de maçã no Brasil, área de cultivo e porcentagem de produção anual.

Local	Área (ha.)	Porcentagem de produção
Santa Catarina	17,032	49,13 %
Rio Grande do Sul	15,716	45,34 %
Paraná	1,490	4,30 %
Total Sul	34,238	99 %
Total Brasil	3,664	100 %

Fonte: LUCAS, 2017.

De acordo com Ricardo (2021), a exposição da maçã à incidência direta de radiação solar causa queimaduras na epiderme da fruta. A permanência da fruta ao sol no horário do meio-dia, em que a radiação solar é mais intensa, por um período de 30 minutos é suficiente para causar a queimadura na fruta, como mostra a Figura 4, o que traz como consequência uma diminuição da qualidade visual do fruto e a morte das células na área queimada.

Figura 4 – Queimadura de sol em maçã.



Fonte: REVISTA EXPRESSIVA, 2014.

Segundo dados divulgados por Sanhueza, Bartniki e Fortuna (2018) no *Jornal da Fruta*, as pesquisas sobre as características e controle das escaldaduras causadas pelo sol mostraram que as maçãs passam por um período de risco quando as temperaturas atingem 30 °C e os raios solares atingem a polpa da fruta, resultando num fruto com pouca qualidade no mercado. Em outros países como o Chile, as perdas por queima solar nas maçãs chegaram a 70 milhões de dólares. Já no Brasil, segundo a ABPM (Associação Brasileira dos Produtores de Maçã), houve uma perda de 10% na safra 2016 (SANHUEZA, BARTNIKI, FORTUNA, 2018).

1.7 Queimaduras por Raios Solares em Frutas

Quando se trata da produção de frutas, a radiação solar é muito importante para a fotossíntese e o desenvolvimento da planta e conseqüentemente do fruto, mas seu excesso causa saturação de luz e diminuição da eficiência da radiação utilizada por ela, causando uma série de problemas a ela (TAIZ *et al.*, 2017).

As queimaduras provocadas pelos raios solares em frutas são causadas pelos raios UV, em regiões onde o calor é muito intenso, com temperaturas acima dos 40 °C, sendo uma das suas principais características, o escurecimento da casca da fruta, que se manifesta como uma descoloração amarelo-bronze, alterando a aparência da fruta (SOLOMAKHIN; BLANKE, 2010).

Há na literatura diversos estudos com o uso de substâncias químicas para minimizar os impactos de raios solares em frutas, com destaque para aqueles que buscam utilizar componentes naturais e biodegradáveis na produção de produtos para pulverização de frutas

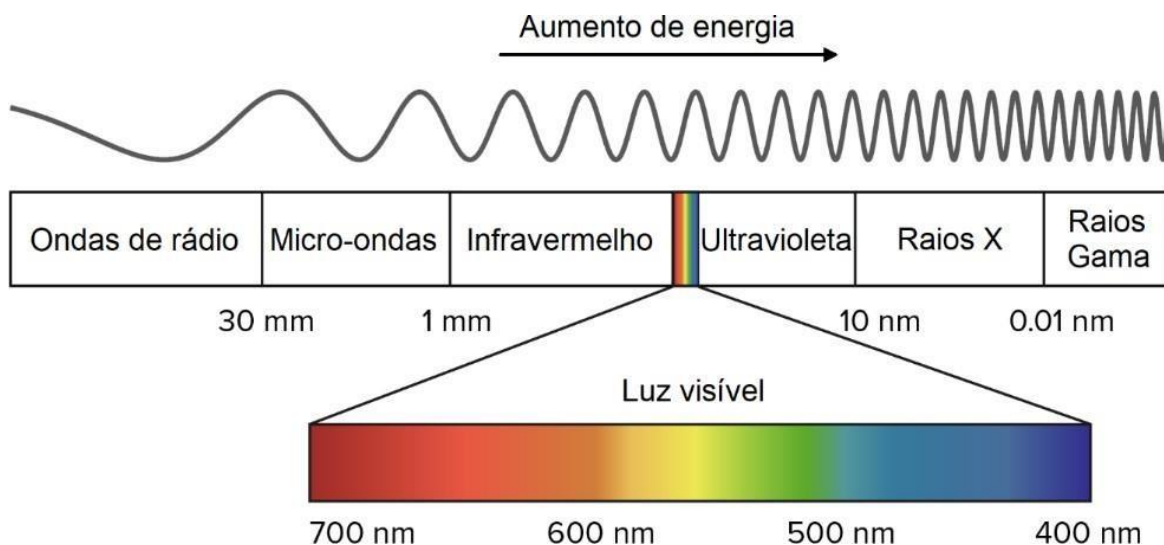
pré-colheita, que atuam na proteção contra os raios UV com a mesma eficiência dos produtos químicos.

1.8 Espectrofotometria UV-vis

Segundo a *International Union of Pure and Applied Chemistry* – IUPAC, A espectroscopia é definida como a parte da ciência que estuda o fenômeno relacionado à interação da matéria com as ondas eletromagnéticas, deliberada como a técnica pela qual os fenômenos espectroscópicos são estudados (IUPAC, 2012).

Os métodos espectroscópicos podem ser classificados de acordo com a região do espectro eletromagnético envolvida na medida. O espectro eletromagnético inclui os raios γ os raios X, ultravioleta (UV), luz visível, infravermelho (IV), micro-ondas e radiofrequência (RF). A Figura 5, mostra as regiões do espectro eletromagnético (KHAN ACADEMY, 2019).

Figura 5 – Regiões do espectro eletromagnético.



Fonte: Adaptado de KHAN ACADEMY, 2019.

A espectrofotometria de absorção molecular UV-Vis é uma das técnicas analíticas mais utilizadas na quantificação de substâncias químicas. Ela consiste em estudar o comportamento de onda da matéria quando recebe radiação eletromagnética nas faixas de 160 a 380 nm (ultravioleta) e 380 a 780 nm (visível) (SKOOG *et al.*, 2015).

A interação da radiação UV-Vis com uma amostra é dada a partir de um espectro. O espectro exibe valores de absorbância (A), que estão relacionados com a transmitância, que por sua vez, é dada pela fração da radiação incidente transmitida pela solução da substância

(SKOOG, *et al.*, 2015). A absorvância é dada em função da concentração (c) da substância analisada e do caminho por ela percorrido, chamado caminho óptico (b), através da denominada Lei de Beer, que é dada pela Equação (1).

$$A = \epsilon b c \quad \text{Equação (1)}$$

onde,

- A é a absorvância (adimensional);
- ϵ é a absorvidade molar que é característica de cada espécie analisada ($\text{L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$);
- b é o caminho óptico (cm);
- c é a concentração da solução analisada (mol L^{-1}).

Assim, é possível dizer que a absorvância de uma espécie frente radiação UV-Vis vai depender da sua concentração e do caminho óptico.

1.9 Espectroscopia na Região do Infravermelho

A espectroscopia de infravermelho (IV) é uma variação da espectroscopia vibracional baseada em vibração de átomos moleculares. Um espectro infravermelho é obtido quando a radiação infravermelha atravessa uma amostra e determinada fração de energia é absorvida por ela. Qualquer pico de energia no espectro de absorção aparece correspondendo à determinada frequência vibracional de uma parte da molécula da amostra. A radiação infravermelha é absorvida pela molécula induzindo nela vibrações nas ligações moleculares. O comprimento de onda da radiação infravermelha incidente absorvida depende da força dos átomos envolvidos e das interações intermoleculares. Para que uma molécula seja ativa no infravermelho, seu momento de dipolo elétrico deve mudar durante a vibração (SILVERSTEIN *et al.*, 2019).

A faixa da radiação infravermelha no espectro eletromagnético fica entre a região da luz visível e da região de micro-ondas. A porção de maior utilidade para a química orgânica, está entre os números de onda 400 e 4.000 cm^{-1} , conhecido como infravermelho médio (SUN, 2009). O comprimento de onda de absorção depende da massa relativa, das constantes de força dos átomos, das ligações e da geometria (SILVERSTEIN *et al.*, 2019).

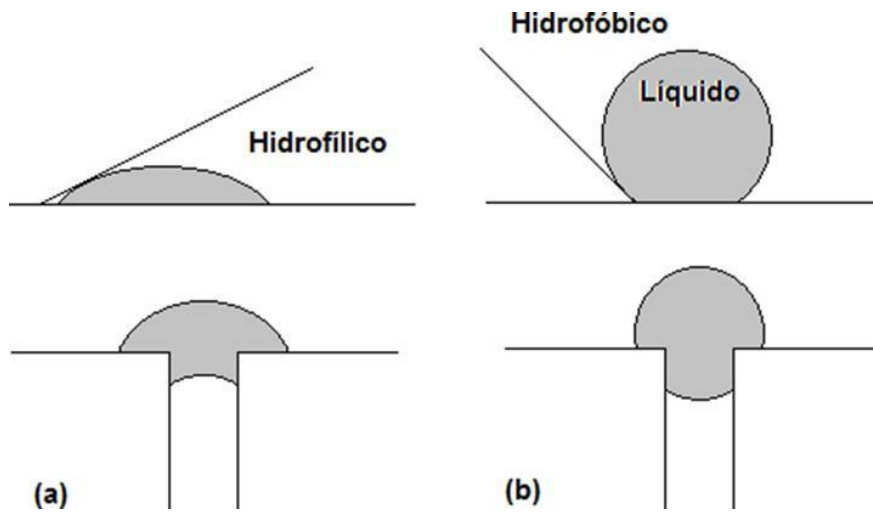
1.10 Tensão Superficial e Ângulo de Contato

A tensão superficial é uma propriedade física das características da interface líquido/sólido ou líquido/líquido na qual a camada superficial de um líquido que leva a sua superfície se comporta como uma membrana elástica. As moléculas situadas no interior de um líquido são atraídas em todas as direções pelas moléculas vizinhas e, por isso, a resultante das forças que atuam sobre cada molécula é praticamente nula. As moléculas da superfície do líquido, entretanto, sofrem apenas atração lateral e inferior. Estas forças para o lado e para baixo criam a tensão na superfície, que faz ela se comportar como uma película elástica (TREVISAN, 2011).

A tensão superficial influencia o valor do ângulo de contato, que é definido como o ângulo formado pela interseção da interface sólido-líquido e da interface líquido-gás, obtido pela aplicação da geometria tangente do ponto de contato da interface líquido-gás no perfil da gota (HIEMENZ; RAJAGOPALAN, 1997). Por exemplo, em superfícies apolares, líquidos com tensões superficiais menores podem induzir a formação de pequenos ângulos de contato nestas superfícies, que são observados quando o líquido se espalha em um plano, enquanto tensões superficiais maiores podem induzir grandes ângulos de contato, que são observados quando gotículas esféricas são formadas na superfície. Mais especificamente, quanto menor for o ângulo de contato ($\theta < 90^\circ$) mais favorável a molhabilidade da superfície, pois o fluido se espalhará por uma grande área. Por outro lado, ângulos de contato maiores ($\theta > 90^\circ$) geralmente indicam que a molhabilidade da superfície é desfavorável, de modo que o fluido minimizará o contato com a superfície, formando gotículas densas (MARMUR, 2009).

O valor do ângulo de contato (θ) de uma superfície com a água ou soluções aquosas indica se a superfície é hidrofóbica ou hidrofílica: um ângulo de contato grande corresponde a uma superfície hidrofóbica, enquanto um pequeno ângulo de contato implica uma superfície hidrofílica (Figura 6). Muitos polímeros sintéticos têm superfícies hidrofóbicas, formando um elevado ângulo de contato com a água, bem acima de 90° (KARBOWIAK, 2006).

Figura 6 – Representação do ângulo de contato da água entre superfície hidrofílica (a) e hidrofóbica (b).



Fonte: Adaptado de TREVISAN (2011).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem por objetivo o desenvolvimento de um filme polimérico biodegradável com aditivo de proteção contra raios UV, para evitar queimaduras solares em frutos.

2.2 Objetivos Específicos

- Preparação das soluções poliméricas de carboximetilcelulose;
- Extração e avaliação da composição do extrato da uva *Vitis vinifera* a partir das técnicas instrumentais de espectrofotometria UV-Vis e Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR);
- Determinação da tensão superficial do extrativo de bagaço de uva da solução de CMC e das soluções das misturas destes componentes;
- Teste de molhabilidade das soluções em maçãs.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Extração Aquosa

Neste trabalho, foram utilizadas amostras de bagaço de uva tinta (*Vitis vinifera*), provenientes das variedades *Cabernet Sauvignon*, *Merlot* e *Carménere* fornecido pela Vinícola Nardello, localizada em Morro Redondo (RS), oriundo do processamento de vinho.

O processo foi iniciado montando o extrator Soxhlet. O aparelho é composto por um extrator do tipo Soxhlet, um condensador e um balão de fundo redondo (Figura 7). Utilizou-se 500 mL de água destilada em uma proveta e esse volume transferiu-se para um balão de fundo redondo de 1000 mL. Feito isso, pesou-se 10 gramas do bagaço de uva, que foi adicionada a um papel cartucho selado em todos os seus lados, de modo a prevenir a perda da amostra. O processo de extração foi realizado sob refluxo por um período de 32 horas. Em seguida, a solução obtida do refluxo teve seu volume final medido e este foi completado com água destilada até 500 mL. A solução resultante foi avaliada quanto ao teor de extrativos em massas, retirando-se uma alíquota e secando em estufa a 105 °C (DE CAMPOS *et al.*, 2008).

Figura 7 – Extrator Soxhlet.



Fonte: O Autor.

3.2 Análise UV-Vis

As análises de espectrofotometria UV-Vis foram realizadas no espectrofotômetro KASVI, modelo K37-UVVIS (Figura 8), com varredura na faixa de comprimento de onda de 190 a 800 nm. O material extraído do bagaço de uva foi diluído utilizando-se 1,0 mL da solução padrão em balões volumétricos de 10, 25, 50, 100 e 250 mL, que foram completados com a água destilada. Em seguida, cada amostra foi transferida para uma cubeta de quartzo e foi realizada a leitura dos espectros.

Figura 8 – Espectrofotômetro UV-Vis.



Fonte: o autor.

3.3 Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

O espectro de infravermelho do extrato da uva seco foi obtido utilizando um espectrofotômetro SHIMADZU IR Prestige-21 (Figura 9), na região de 400 a 4000 cm^{-1} , resolução 4 cm^{-1} , 32 varreduras. A amostra foi seca em estufa à 105 °C, maceradas e misturadas com KBr em uma proporção de 1:100 para preparar a pastilha.

Figura 9 – Sistema de pastilhamento e espectrofotômetro de infravermelho.



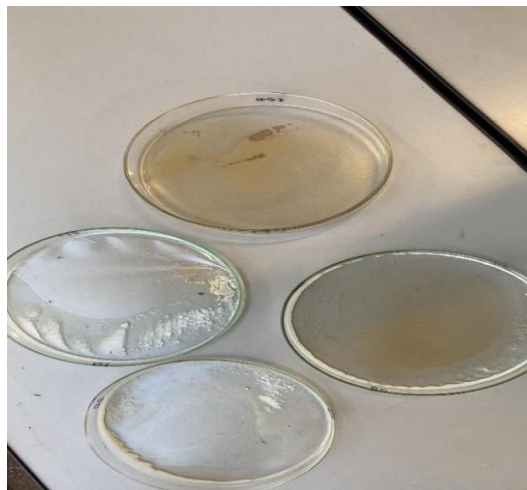
Fonte: o autor.

3.4 Obtenção dos Biofilmes de Carboximetilcelulose com Extrativo

Os filmes da mistura de (CMC) e a solução de extrativo foram preparadas através da técnica de *casting*. Em um béquer foi inserido, 250 mL de água destilada e 25 mL da solução de extrato, sob agitação mecânica por 10 minutos, adicionado 7,5 gramas da CMC pouco a pouco, até que estivesse completamente homogeneizada.

Em seguida, a solução foi espalhada em placas de Petri com diferentes volumes de 20, 40, 60, 80 e 100 mL. Feito isso, estas placas foram submetidas a secagem em estufa na temperatura de 40 °C por 24 horas. Após a secagem, os filmes (Figura 10) foram armazenados à temperatura ambiente (Adaptado de GHORPADE *et al.*, 2018).

Figura 10 – Filmes de CMC com adição do extrato de bagaço de uva.



Fonte: o autor.

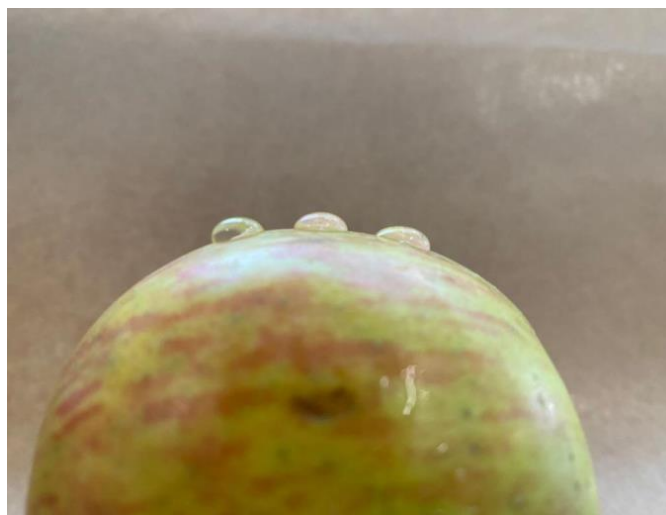
3.5 Análise UV-Vis dos Biofilmes

As medidas de espessura de todos os filmes foram feitas com o auxílio de um micrômetro externo, com faixa nominal de 0-25 mm e resolução de 0,00001 mm. Em seguida, foi cortada uma tira retangular de cada filme, e colocada dentro de uma cubeta de quartzo. As absorvâncias dos filmes com diferentes espessuras foram analisadas através da espectrofotometria UV-Vis no comprimento de onda de máxima absorção registrado na análise UV-Vis do extrato.

3.6 Ângulo de contato

A hidrofobicidade de seis soluções, sendo elas: água, solução 0,5% m/v de surfactante dodecilsulfato de sódio (DSD), Extrativo, CMC 0,5% m/v, CMC + Extrativo e CMC + Extrativo + DSD), foi avaliada por meio do ângulo de contato sobre a superfície de maçã. O ângulo de contato foi determinado utilizando-se técnica da gota. Gotas de água foram colocadas sobre uma superfície de maçã do tipo Fuji (Figura 11) e a imagem das gotas foram registradas por uma câmera. Em seguida, foi feito o mesmo procedimento para as demais soluções. Posteriormente, as imagens obtidas foram analisadas no *software* “Geogebra” para calcular todos os ângulos. Foi calculada a média dos quatro ângulos de contato obtidos de cerca de dez gotas (ângulo direito e ângulo esquerdo) totalizando 20 ângulos medidos (CROWE *et al.*, 2021).

Figura 11 – Gotas de água sobre a superfície de maçã.



Fonte: O autor.

3.7 Determinação da Tensão Superficial das Soluções pelo Método do Anel Du Nouy

Para medições de tensão superficial, foi utilizado o método do anel de Du Nouy. Foi utilizado um tensiômetro Krüss K6 (precisão de 0,5 mN/m, faixa de medição de 0 a 90 mN/m), que consiste em um anel de platina-irídio (6 cm de circunferência a 25 ± 1 °C) que é levantado da superfície do líquido, em recipientes de vidro com diâmetro de 50 mm equilibrados por torção. A composição do anel é devida à sua alta dureza e estabilidade em relação a maioria dos reagentes químicos e, também, a formação de ângulo de contato θ igual a 0° com líquidos e sua facilidade de limpeza (KRÜSS, 2015). O dispositivo (Figura 12) mostra a graduação da força aplicada (mN/m) para o movimento do anel, correspondente à tensão do anel de superfície que entra em contato com a superfície do líquido quando se rompe (CRUZEIRO, 2007).

Figura 12 – Tensiômetro Krüss K6.



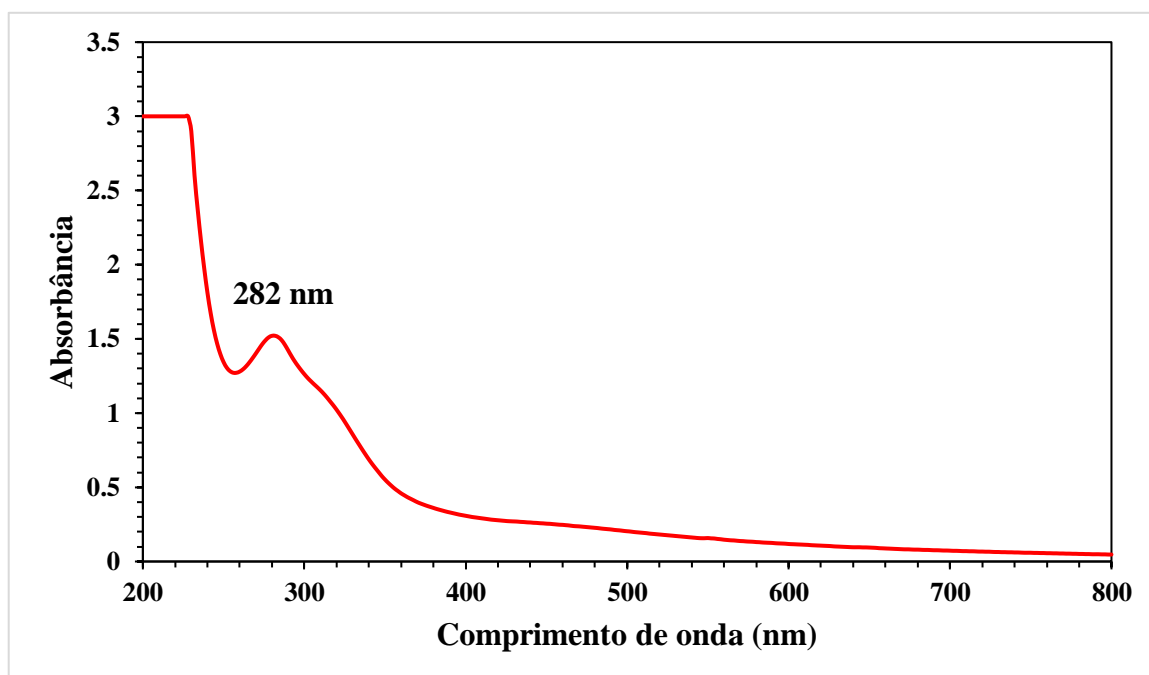
Fonte: REIS; ARAÚJO; RODRIGUES, 2017.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Espectrofotometria UV-Vis do Extrativo

Inicialmente foi obtido o espectro de absorção UV-Vis da solução de extrativo, a fim de determinar o comprimento de onda máximo de absorção, apresentado na Figura 13:

Figura 13 – Gráfico de comprimento de onda em função a absorbância.



Fonte: O autor.

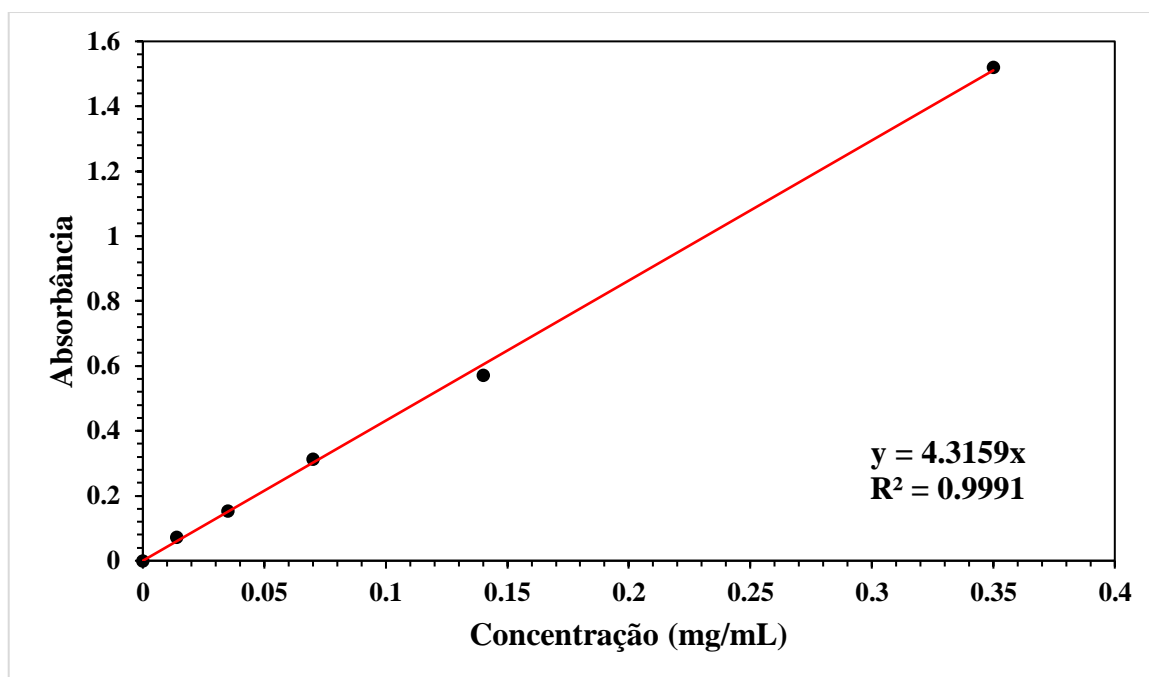
A partir do gráfico é possível observar que o comprimento de onda máximo do extrato, na região de interesse (UVA: 315-400 nm; UVB: 280-315 nm), é de 282 nm. Utilizando desse valor, a concentração de cada solução diluída foi obtida utilizando a lei de Beer. Em seguida foi plotado um gráfico de absorbância vs. concentração que representa a curva de calibração pela qual foi possível determinar a concentração de extrativo nas soluções poliméricas. Os valores de absorbância para cada diluição estão representados na Tabela 5 e a curva de calibração obtida está representada na Figura 14.

Tabela 5 – Absorbância das soluções em diluídas em função da concentração.

	Diluição (mL)				
	10,00	25,00	50,00	100,00	250,00
Concentração (mg/mL)	0,350	0,140	0,070	0,035	0,014
Absorbância (282 nm)	1,521	0,571	0,313	0,153	0,073

Fonte: O autor.

Figura 14 – Curva de calibração obtida a partir das diluições da solução padrão.



Fonte: O autor.

A Equação 2 obtida a partir da curva de calibração é dada abaixo:

$$y = 4,3159x \quad \text{Equação (2)}$$

Sabendo que o caminho óptico (b) da cubeta é de 1,0 cm, observa-se que o coeficiente de absorvidade molar (ϵ) é igual a $4,3159 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. A partir do valor $R^2 = 0,9995$, nota-se que a curva apresenta boa linearidade entre os pontos, mostrando bons resultados em relação a quantificação da concentração das soluções por meio desta técnica.

4.2 Espectrofotometria UV-Vis dos Biofilmes de CMC e Extrativo

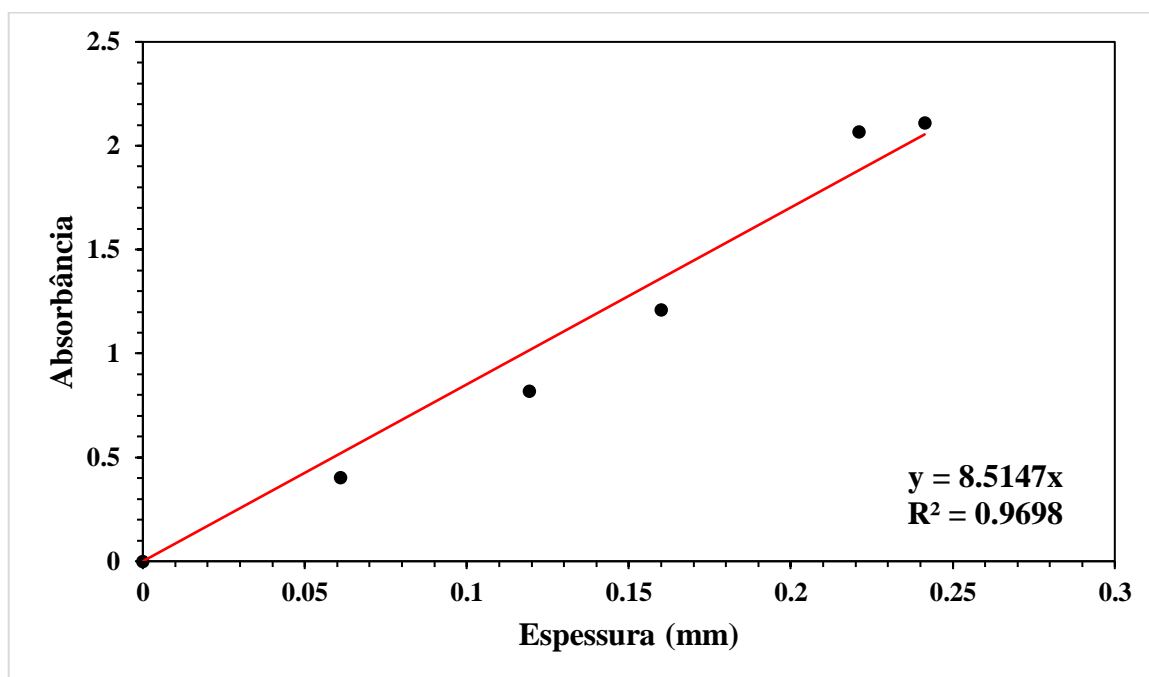
Os dados de espectrofotometria UV-Vis para os filmes em função a sua espessura estão representados na Tabela 6 e o gráfico de absorvância em função da espessura dos filmes apresentado na Figura 15.

Tabela 6 – Dados de absorvâncias dos filmes em função da sua espessura.

Volume (mL)	Absorvância	Espessura (mm)
20,0	0,403	0,06096
40,0	0,821	0,11938
80,0 (a)	1,21	0,16
80,0 (b)	2,069	0,22098
100,0	2,11	0,2413

Fonte: O autor.

Figura 15 – Gráfico da absorvância em função a espessura de biofilmes do CMC com extrato.



Fonte: o autor.

A equação da reta é dada pela Equação (3) abaixo:

$$y = 8,5147x$$

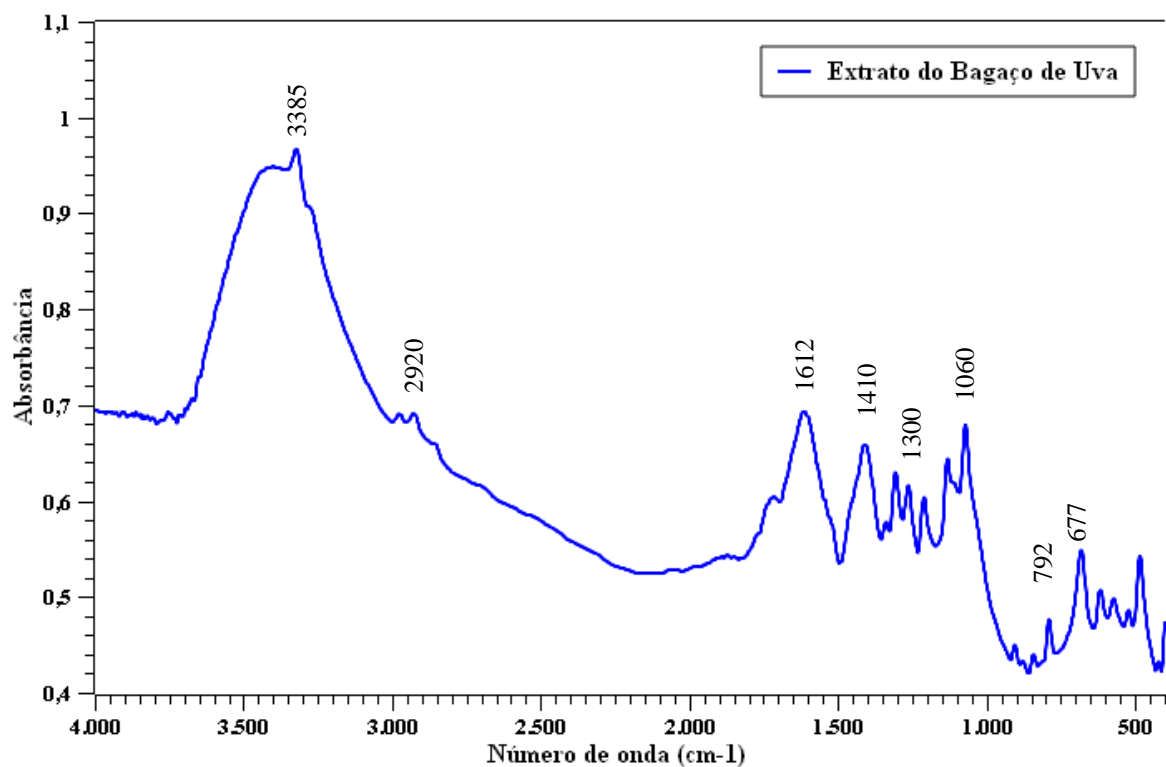
Equação (3)

Observando o gráfico da Figura 15 e a Tabela 6, verifica-se que com o aumento da espessura do filme há um aumento linear da absorbância ($R^2 = 0,9898$). Com isso, é possível inferir que soluções mais concentradas de polímero e extrativo farão com que o fruto fique mais protegido, pois o aumento da absorbância quando há uma maior quantidade de extrativo.

4.3 Espectroscopia de Infravermelho (FTIR)

Foi obtido o espectro FTIR do extrativo do bagaço de uva a fim de avaliar a presença dos principais grupos funcionais. O espectro está ilustrado na Figura 16.

Figura 16 – Espectro de infravermelho do bagaço de uva.



Fonte: O autor.

Para entender melhor a Figura 16, a Tabela 7 mostra as principais bandas de infravermelho observadas na amostra.

Tabela 7 – Principais bandas de infravermelho observadas na amostra.

Nº de onda (cm ⁻¹)	Atribuições
3385	Estiramento –OH devido a presença dos polifenóis
2920	Deformação axiais –CH ₃ , –CH ₂ e –CH
1612	Deformação axial da ligação C=C do anél aromático
1410	Deformação agulares de –CH ₂ e –CH ₃
1300	Deformação de CO de éter
1060	Deformação de C-O
792	Deformação angular –CH fora do plano
677	Anel aromático

Fonte: RIPPEL, 2005; GALIANI *et al.*, 2007; HELIODORO, 2013.

Os dados de espectroscopia de infravermelho apresentam uma banda alargada que aparecem na região de 3200–3500 cm⁻¹ característica de –OH, grupo que está presente nos polifenóis em grande quantidade.

A presença de bandas de deformação axial de C-H na faixa de comprimento de onda 3000–2800 cm⁻¹, indica a presença de cadeias alifáticas em compostos do extrativo. A presença desses grupos também pode ser confirmada pelas vibrações entre 1500 e 1300 cm⁻¹, característicos das deformações angulares dos grupos –CH₂ e –CH₃ (FONTS *et al.*, 2009). Nas bandas entre 1500 e 1700 cm⁻¹, especialmente em 1612 cm⁻¹, encontra-se a deformação axial simétrica da ligação C=C dos anéis presentes nos polifenóis.

4.4 Tensão Superficial e Ângulo de Contato

Na Tabela 8 são apresentados os ângulos de contato da água e das soluções de extrativo, DSD, CMC 0,5%, CMC + Extrativo e CMC + Extrativo + DSD aplicada sobre a superfície da maçã, bem como os valores de tensão superficial de cada um.

Tabela 8 – Resultados das médias dos ângulos de contato (θ) obtidos por gotas formadas de soluções (água, extrativo, DSD, CMC 0,5% e CMC + Extrativo e CMC + Extrativo + DSD).

Grupos	Média \pm DP ($^{\circ}$)	γ (mN/m)
Água	73,8 \pm 2,6	72,3
Extrativo	73,8 \pm 2,7	58,0
DSD	64,7 \pm 3,9	35,0
CMC 0,5 %	72,0 \pm 2,7	50,2
CMC + Extrativo	71,4 \pm 3,2	50,5
CMC+ Extrativo + DSD	68,5 \pm 2,7	44,0

Fonte: O autor.

Em relação aos ângulos de contato, uma superfície é considerada hidrofílica se o valor do ângulo em relação a água for menor que 90° , indicando que o líquido molha espontaneamente a superfície, enquanto um ângulo maior que 90° indica que a superfície é hidrofóbica, ou seja, não há molhamento favorável (IOST; CAETANO, 2010).

Na Tabela 8 observa-se que a energia de superfície da água é de 72,3 mN/m e o seu ângulo de contato com a superfície é de $73,8^{\circ}$ o que indica que a superfície da maçã apresenta um caráter hidrofílico. Já as soluções de CMC 0,5% e CMC + Extrativo apresentaram valores iguais a 50,2 e 50,5 mN/m para a tensão superficial e $72,0^{\circ}$ e $71,4^{\circ}$ para os ângulos de contato, respectivamente. Essa redução mostra que o polímero possui uma boa interação com essa superfície, melhorando a molhabilidade sobre o fruto. A interação foi ainda melhor quando se adicionou o tensoativo DSD, reduzindo a tensão para 44,0 mN/m e o para ângulo $68,5^{\circ}$. Isso mostra que o tensoativo reduz a tensão superficial do sistema, melhorando a molhabilidade sobre a superfície da maçã. Dessa forma ao ser pulverizada sobre as maçãs, a solução apresentará um bom recobrimento sobre elas conseguindo protegê-las de forma eficiente contra os raios UV.

5 CONCLUSÕES

A partir do bagaço de uva foi possível obter com sucesso o seu extrativo que apresenta capacidade de absorção de raios UV, o que foi confirmado com os resultados da espectrofotometria UV-Vis.

O espectro FTIR mostrou que o extrativo possui grupos característicos dos polifenóis como $-OH$ e $C=C$ de anéis aromáticos, que são substâncias com boa capacidade da absorção de raios UV.

Foram produzidas soluções de CMC com o extrativo do bagaço de uva. Essas soluções foram analisadas em relação ao seu ângulo de contato com a superfície da maçã. Observou-se que essas soluções apresentaram uma boa molhabilidade do fruto que se tornou ainda melhor com a adição do tensoativo DSD, conforme o resultado observado para a solução de CMC + Extrativo + DSD.

As soluções também foram utilizadas para a formação de filmes com diferentes espessuras. Tais filmes responderam de forma linear e crescente em relação a sua absorbância, o que indica que soluções mais concentradas apresentariam melhor eficiência na proteção da maçã contra os raios UV.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENDER, A. B. B.; LUVIELMO M. D. M.; LOUREIRO, B. B.; SPERONI, C. S.; BOLIGON, A. A.; SILVA, L. P. D.; PENNA, N. G. Obtenção e caracterização de farinha de casca de uva e sua utilização em snack extrusado. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, 2016.

BHARATHIRAJA, B.; IYYAPPAN, J.; JAYAMUTHUNAGAI, J.; KUMAR, R. P.; SIROHI, R.; GNANSOUNOU, E.; PANDEY, A. Critical review on bioconversion of winery wastes into value-added products. **Industrial Crops and Products**, 158, 2020.

CERRUTTI, B. M.; FROLLINI, E. Carboximetilcelulose como agente de estabilização de suspensões cerâmicas. **Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros**, Foz do Iguaçu, outubro de 2009.

BROOME, J.; WARNER, K. Agro-environmental partnerships facilitate sustainable wine-grape production and assessment. **California Agriculture**, v. 62, n. 4, p. 133-141, 2008.

CARASCHI, J. C.; CAMPANA FILHO, S. P. Influência do grau de substituição e da distribuição de substituintes sobre as propriedades de equilíbrio de carboximetilcelulose em solução aquosa. **Polímeros**, v. 9, p. 70-77, 1999.

CHAKKA, A. K.; BABU, A. S. Bioactive Compounds of Winery by-products: Extraction Techniques and their Potential Health Benefits. **Applied Food Research**, p. 100058, 2022.

CROWE, C. D.; HENDRICKSON-STIVES, A. K.; KHUN, S. L.; JACKSON, J. B.; KEATING, C. D.; Designing and 3D Printing an Improved Method of Measuring Contact Angle in the Middle School Classroom. **Journal of Chemical Education**, v. 98, p. 1997-2004, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00098>

DE CAMPOS, L. M. A. S.; LEIMANN, F. V.; PEDROSA, R. C.; FERREIRA, S. R. S. Free radical scavenging of grape pomace extracts from Cabernet sauvignon (*Vitis vinifera*). **Bioresource Technology**, v. 99, p. 8413-8420, 2009. DOI: <https://10.1016/j.biortech.2008.02.058>.

DEVESA-REY, R.; VECINO, X.; VARELA-ALENDE, J. L.; BARRAL, M. T.; CRUZ, J. M.; MOLDES, A. B. Valorization of winery waste vs. the costs of not recycling. **Waste Management**, v. 31, n. 11, p. 2327-2335, 2011.

FAGUNDES, K. R. S.; FAGUNDES, F. F.; BALABAN, R. **Correlação entre propriedades físico-químicas da carboximetilcelulose e do carbonato de cálcio no desempenho de fluidos de perfuração aquosos**. Revista Eletrônica de Petróleo e Gás, Universidade do Paraguai, v. 4, n.1, p. 17-19, out. 2015/mar 2016. ISSN 2316-6681

FONTS, I.; AZUARA, M.; GEA, G.; MURILLO, M. B. Study of the pyrolysis liquids obtained from different sewage sludge. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 85, n. 1-2, p. 184-191, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2008.11.003>

GALIANI, P. D. *et al.* Compósitos de borracha natural com polianilina. **Polímeros**, v. 17, n. 2, p. 93-97, 2007.

GHORPADE, V. S.; YADAV, A. V.; DIAS, R. J.; MALI, K. K.; PARGAONKAR, S. S.; SHINDE, P. V.; DHANE, N. S. Citric acid crosslinked carboxymethylcellulose-poly(ethylene glycol) hydrogel films for delivery of poorly soluble drugs. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 118, p. 783-791, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.142>

GRZĄDKA, E.; CHIBOWSKI, S. Adsorption and elektrokinetic properties of the system: carboxymethylcellulose/manganese oxide/surfactant. **Cellulose**, v. 19, n. 1, p. 23-36, 2012.

GUISE, R. *et al.* Utilização da carboximetilcelulose para a estabilização tartárica de vinhos brancos. **9º Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo**, maio 2013.

HELIODORO, Vanessa Freitas Mateus. **Estudo das propriedades físico-químicas de filmes de amido e blendas amido/látex: propriedades térmicas e de transporte de vapor de água**. 2013. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

HELLWIG, L. S. *et al.* Revestimento da uva fina de mesa com filmes de bagaço de uva pinot. **XXIX Congresso de Iniciação Científica**, UFPEL, 2020.

HIEMENZ, P.C. AND RAJAGOPALAN, R. **Principles of Colloid and Surface Chemistry**. 3 ed., New York: Marcel Dekker 1997.

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V. I. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, v. 126, n. 4, p. 1821-1835, 2011.

ILYAS, T.; CHOWDHARY, P.; CHAURASIA, D.; GNANSOUNOU, E.; PANDEY, A.; CHATURVEDI, P. Sustainable green processing of grape pomace for the production of value-added products: An overview. **Environmental Technology & Innovation**, v. 23, 2021.

IOST, C. A. R.; CAETANO, C. G. Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfatantes em superfícies artificiais e naturais. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 4, 2010, p. 670-680. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000400011>.

JIN, Q. *et al.*, Integrated Approach for the Valorization of Red Grape Pomace: Production of Oil, Polyphenols, and Acetone-Butanol-Ethanol. **ACS Sustainable Chem. Eng.**, v. 6, p. 16279-16286, 2018. Doi: <http://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b03136>.

KARBOWIAK, T.; DEBEAUFORT, F.; VOILLEY, A. Importance of Surface Tension Characterization for Food, Pharmaceutical and Packaging Products: A Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 46, p. 391-407, 2006.

KHAN ACADEMY. Light and photosynthetic pigments. Disponível em: <<https://www.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/the-light-dependent-reactions-of-photosynthesis/a/light-and-photosynthetic-pigments/>>. Acesso em: 10 ago. 2022.

LOPES, T. J.; XAVIER, M. F.; QUADRI, M. G. N.; QUADRI, M. B. Antocianinas: uma Breve Revisão das Características Estruturais e da Estabilidade. **R. Bras. Agrociência**, v.13, n. 3, p. 291-297, 2007.

LUCAS, R. F. Produção nacional de maçãs. *In: Revista Campos e Negócios*. 2017. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/producao-nacional-de-macas/>>. Acesso em: 09 ago. 2022.

MARMUR, A. Solid-surface characterization by wetting. **Annual Review of Materials Research**, v. 39, p. 473-489, 2009.

MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. **Viticultura brasileira: panorama 2019**. Bento Gonçalves, RS: EMBRAPA-CNPTIA, 2020. 21p. (EMBRAPA-CNPTIA. Comunicado Técnico, 214).

MUHLACK, R. A.; POTUMARTHI, R.; JEFFERY, D. W. Sustainable wineries through waste valorisation: A review of grape marc utilisation for value-added products. **Waste Management**, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.11.011>.

PINELO, M.; ARNOUS, A.; MEYER, A. S. Upgrading of grape skins: Significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, n. 11, p. 579-590, 2006.

PROZIL, S. O.; MENDES, J. A.; EVTUGUIN, D. V.; LOPES, L. P. C. Caracterização química e estrutural do engaço da uva e avaliação do seu potencial como matéria-prima lenhocelulósica. **Millenium**, v. 44, p. 23-40, 2013.

REIS, J. L.M; ARAÚJO, A.C.A.; RODRIGUES, O.M.S. Aplicabilidade do Método do Anel de Du Noüy para Realização de Medidas de Tensão Superficial de Soluções do Surfactante Dodecilamina. **XXVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**. Belém, 23 a 27 de outubro, 2017.

REVISTA EXPRESSIVA. **Alerta! Queimadura rara de sol começa a aparecer nas maçãs em São Joaquim.** 12 fev. 2014. Disponível em: <<http://revistaexpressiva.blogspot.com/2014/02/produtores-apreensivos-e-caso-sem.html>> Acesso em: 09 ago. 2022.

RICARDO, Tarcisio Rocha. **Pós-Colheita de Maçãs na Empresa Lamar do Brasil Fruticultura Ltda., São Joaquim, Santa Catarina.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2022.

RIPPEL, Marcia Maria. **Caracterização microestrutural de filmes e partículas de látex de borracha natural.** 315p. Tese (Doutorado em Química) – Universidade de Campinas, Campinas, 2005.

ROCKENBACH, I. I.; GONZAGA, L. V.; RIZELIO, V. M.; GONÇALVES, A. E. S. S.; GENOVESE, M. I.; FETT, R. Phenolic compounds and antioxidant activity of seed and skin extracts of red grape (*Vitis vinifera* and *Vitis labrusca*) pomace from Brazilian winemaking. **Food Research International**, v. 44, n. 4, 897-901, 2011.

RODRIGUES, E. A. G.; ASAI, G. A.; SCHMIDT, C. M. Ações coletivas e instituições na vitivinicultura do Rio Grande do Sul: o Instituto Brasileiro do Vinho–Ibravin. **X Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional**, 2017.

RONDEAU, P.; GAMBIER, F.; JOLIBERT, F.; BROSSE, N. Compositions and chemical variability of grape pomaces from French vineyard. **Industrial Crops and Products**, v. 43, p. 251–254, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.06.053>

SANHUEZA, R. M. V.; BARTNIKI, P. S. V.; FORTUNA, D. Os efeitos diversos dos produtores solares nas macieiras. **Jornal da Fruta**, ano XXVIII, n. 332, dez. 2018. Disponível em: <<http://www.jornaldafruta.com.br/>>. Acesso em: 10, ago. 2022.

SANTOS, V. S. *et al.* Avaliação e caracterização de biofilme comestível de carboximetilcelulose contendo nanopartículas de quitosana e Cúrcuma longa. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 26, n. 1, p. e12926, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620210001.1226>.

SILVA, T. M. S.; CARVALHO, M. G.; BRAZ-FILHO, R.; AGRA, M. F. Ocorrência de Flavonas, Flavonóis e seus Glicosídeos em Espécies do Gênero *Solanum* (*Solanaceae*). **Quim. Nova**, v. 26, n. 4, p. 517-522, 2003.

SILVA, A. M. S. Desenvolvimento de biofilmes com antioxidantes microencapsulados produzidos a partir de bagaço de uva. **XXVII Salão de Iniciação Científica da UFRGS**, Porto Alegre, 2015.

SILVERSTEIN, R.; WEBSTER, F.; KIEMLE, D.; BRYCE, D. **Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos**. 8 ed. LTC, 2019.

SKOOG, D. *et al.* **Fundamentos de Química Analítica**. 9 ed. Cengage Learning, 2015.

SOLOMAKHIN, A.; BLANKE, M. M. Can coloured hailnets improve taste (sugar, sugar: acid ratio), consumer appeal (colouration) and nutritional value (anthocyanin, vitamin C) of apple fruit? **LWT – Food Science and Technology**, v. 43, n. 8, p. 1277-1284, 2010.

SUN, X. *et al.* Detection of lung cancer tissue by attenuated total reflection-Fourier transform infrared spectroscopy-a pilot study of 60 samples. **J Surg Res**, v. 179, n. 1, p. 33-38, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2012.08.057>

TAIZ, L; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed Editora. 2017.

TAKINAMI, Patrícia Yoko Inamura. **Obtenção de Biopolímeros de Gelatina por Radiação Ionizante**. 2014. 135 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências - Tecnologia Nuclear, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

TREVISAN, Bruno Peruchi. **Avaliação da Tensão Superficial, Parâmetros Reológicos e Atenuação Acústica de Suspensões de Açaí**. 2011. Dissertação (Mestrado em Térmica e Fluidos). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2011. Doi: <https://doi:10.11606/D.18.2011.tde-11092012-080037>

ZABANIOTOU, A; KAMATEROU, P.; PAVLOU, A. PANAYIOTOU, C. Sustainable bioeconomy transitions: Targeting value capture by integrating pyrolysis in a winery waste biorefinery. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 3387-3397, 2018.