

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PROF. ARMANDO JOSÉ FARINAZZO
CENTRO PAULA SOUZA

Jheimily Kamilly Santos Pereira
Líviny Gabrielli de Oliveira
Matheus Rocha Ribeiro
Natasha Yuri Saito Tanaka

PRODUÇÃO DE FILME FOTOGRÁFICO A PARTIR DO ACETATO DE
CELULOSE EXTRAÍDO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Fernandópolis
2024

Jheimily Kamilly Santos Pereira
Líviny Gabrielli de Oliveira
Matheus Rocha Ribeiro
Natasha Yuri Saito Tanaka

PRODUÇÃO DE FILME FOTOGRÁFICO A PARTIR DO ACETATO DE CELULOSE EXTRAÍDO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico em **Açúcar e Alcool**, no Eixo Tecnológico de **Produção Industrial**, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação da Professora **Joelma Evelin Pereira Kume**.

Fernandópolis
2024

Jheimily Kamilly Santos Pereira
Líviny Gabrielli de Oliveira
Matheus Rocha Ribeiro
Natasha Yuri Saito Tanaka

PRODUÇÃO DE FILME FOTOGRÁFICO A PARTIR DO ACETATO DE CELULOSE EXTRAÍDO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico em **Açúcar e Alcool**, no Eixo Tecnológico de **Produção Industrial**, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação da Professora **Joelma Evelin Pereira Kume**.

Examinadores:

Joelma Evelin Pereira Kume

Tamires Cavalcante Francisco

Valdete Aparecida Zanini Magalhães

Fernandópolis
2024

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho aos professores que nos auxiliaram no desenvolvimento do artigo, nos estimulando a buscar conhecimento, ampliando nosso repertório científico.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos professores que nos incentivaram a nunca desistir de nossos sonhos e objetivos, a nossos familiares, entes queridos e a Deus.

EPÍGRAFE

“Você nunca sabe que resultados virão da sua ação. Mas se você não fizer nada, não existirão resultados.” – Mahatma Gandhi.

PRODUÇÃO DE FILME FOTOGRÁFICO A PARTIR DO ACETATO DE CELULOSE EXTRAÍDO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Jheimily Kamilly Santos Pereira
Líviny Gabrielli de Oliveira
Matheus Rocha Ribeiro
Natasha Yuri Saito Tanaka

RESUMO: Considerando a relevância significativa da indústria sucroalcooleira para a economia brasileira, devido à grande quantidade de bagaço, parte fibrosa que resulta da moagem da cana-de-açúcar, gerada pelas usinas, especialistas têm iniciado investigações em busca de novas formas de aproveitamento desse resíduo subutilizado. O objetivo primordial desse estudo é explorar a possibilidade de produção de filmes fotográficos a partir da celulose presente nos bagaços de cana-de-açúcar, por meio de processos químicos específicos. A abordagem adotada incluiu pesquisas tanto bibliográficas quanto experimentais. Dessa maneira, a proposta busca criar uma alternativa inovadora para a destinação desses subprodutos das usinas sucroalcooleiras. A produção do filme fotográfico foi efetuada em dois testes, o processo teve início com o preparo do bagaço e a extração da celulose, seguidos pelo branqueamento e acetilação. No final da experiência, foi possível observar que no primeiro teste, notaram-se características distintas em relação aos de um filme fotográfico típico, como uma textura quebradiça e escurecida. Já no segundo teste, verificou-se uma diferença considerável em relação ao anterior, apresentando propriedades mais próximas do filme ideal, embora ainda evidenciando algumas características indesejáveis. Concluímos que a pesquisa demonstrou evolução significativa no desenvolvimento do filme fotográfico, embora não tenha alcançado completamente o resultado esperado.

Palavras-chave: Indústria sucroalcooleira. Bagaço. Cana-de-açúcar. Filmes fotográficos.

ABSTRACT: Considering the significant relevance of the sugar-alcohol industry to the Brazilian economy, due to the large amount of bagasse—the fibrous part resulting from the milling of sugarcane—generated by the mills, experts have begun investigations in search of new ways to utilize this underused waste. The primary objective of this study is to explore the possibility of producing photographic film from the cellulose present in sugarcane bagasse through specific chemical processes. The adopted approach included both bibliographic and experimental research. In this way, the proposal aims to create an innovative alternative for the disposal of these by-products from the sugar-alcohol mills. The production of the photographic film was carried out in two tests; the process began with the preparation of the bagasse and the extraction of cellulose, followed by bleaching and acetylation. At the end of the experiment, it was observed that in the first test, there were distinct characteristics compared to typical photographic film, such as a brittle and darkened texture. In the

second test, a considerable difference was noted compared to the first, presenting properties closer to the ideal film, although still showing some undesirable characteristics. We conclude that the research demonstrated significant progress in the development of the photographic film, although it did not fully achieve the expected result.

Keywords: Sugarcane industry. Bagasse. Sugarcane. Photographic films

1. INTRODUÇÃO

A indústria sucroalcooleira é um setor responsável principalmente por produzir o álcool e o açúcar, e também outros produtos tendo a cana-de-açúcar como sua matéria-prima. O setor sucroenergético, como também é conhecido, tem grande importância na economia do Brasil. O agronegócio sucroalcooleiro tem grande importância na nossa vida cotidiana e na economia brasileira, faturando anualmente cerca de 40 bilhões de reais, o equivalente a aproximadamente 2,35% do PIB nacional. É também uma das indústrias com mais emprego no país, com mais de 3,6 milhões de empregos e mais de 72 mil agricultores (DIEESE, 2007).

A cana-de-açúcar é uma das culturas mais colhidas no mundo, portanto, seu bagaço residual, a parte fibrosa que sobra da moagem da cana-de-açúcar também é um dos resíduos agrícolas mais abundante. O Brasil produz cerca de um terço do bagaço mundial e gera 200 milhões de toneladas desse resíduo (JULIÃO, 2019). Isso é comumente utilizado no Brasil como fonte de energia através da queima em caldeiras de biomassa, porém nem todo bagaço é utilizado pelas usinas. Avanços recentes em biotecnologia e desenvolvimentos em conceitos de biorrefinaria ampliam as possibilidades de aplicação do bagaço da cana para evitar assim o desperdício do subproduto nas indústrias.

Com isso é importante que seja aplicado tais processos industriais, para que o bagaço da cana-de-açúcar deixe de ser um dos principais problemas para os produtores. De acordo com Alcarde (2022), se produz, em média cerca de 280 quilos de bagaço por tonelada de cana processada nas indústrias. Comparando com a proporção em que se é produzido, levando também em consideração sua

composição, o bagaço acaba sendo um dos principais subprodutos para a indústria sucroalcooleira.

Uma das formas de reutilização de tal material, é a produção de energia elétrica, processo realizado a partir da queima dos resíduos pós-colheita (ALCARDE, 2022). Um exemplo de matéria-prima para tal operação é o palhiço, um material constituído de palhas, folhas verdes, rebolos, raízes e ervas daninhas, que são encontrados na superfície do talhão após a colheita mecanizada. Esse apresenta um alto potencial para produção de energia elétrica (VIAN, 2022).

Entretanto, com a elevada quantidade de bagaço que se é gerado nas indústrias no geral, diversos especialistas iniciam análises para encontrar uma forma alternativa de uso desse resíduo. Desse modo, se iniciou pesquisas para se compreender um melhor uso desses materiais. Com tais informações, foi descoberto que um dos componentes presentes no bagaço da cana-de-açúcar é a celulose, material utilizado na produção de filmes fotográficos.

Neste sentido, o objetivo geral do projeto visa a produção de filmes fotográficos com a utilização da celulose presente na composição de bagaços da cana-de-açúcar por meio de processos químicos e físicos para sua extração. Nesse pressuposto, a proposta baseia-se na atribuição de um método alternativo para que esses subprodutos provenientes das indústrias sucroalcooleiras sejam destinados a um processo inovador.

Essa tecnologia sustentável de utilizar o acetato de celulose extraído desse abundante subproduto terá grande relevância, pois contribuirá para a redução do impacto de seu descarte quando este não tem utilidade para produção de energia. Além de ser uma matéria-prima renovável, substituindo o uso de plásticos e outros produtos químicos na produção de filmes fotográficos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Em uma pesquisa publicada pela FAPESP (1998), dita que o bagaço da cana-de-açúcar na agroindústria brasileira, é o resíduo com mais demanda. Ademais,

coloca também que a cada ano sobra desse resíduo mais de 5 milhões de toneladas, sendo quase 30% de cana.

As fibras do bagaço contêm, principalmente, componentes como a celulose que é cerca de 40%, hemicelulose 35% e de lignina 15%, o último sendo responsável pelo seu poder calórico. (FAPESP, 1998). Veja na Tabela 1 designada abaixo.

Tabela 1. Componentes do bagaço da cana-de-açúcar.

Componentes (%)	Bagaço de cana-de-açúcar		
	<i>In natura</i>	<i>Extraído com etanol</i>	<i>Extraído com ciclohexano/etanol</i>
Celbiose	3,34	3,22	3,08
Glicose	46,20	48,17	48,66
Hidroximetilfurfural	0,30	0,30	0,31
Ácido fórmico	0,56	0,39	0,38
Xilose	24,21	24,79	24,27
Arabinose	1,70	1,66	1,66
Furfural	1,25	1,40	1,50
Ácido glucurônico	1,09	0,99	0,93
Ácido acético	2,64	2,83	2,83
Lignina solúvel	2,61	2,62	1,45
Lignina insolúvel	23,66	21,54	21,41
Cinzas	1,61	1,61	1,61
Extrativos	-	4,10	6,13

Fonte:(ABQ-RN, 2007).

Segundo o consultor autônomo André Aucarde (2022), hoje em dia o bagaço é amplamente utilizado em usinas. E a partir dele, é possível produzir diversos produtos renováveis. Em consequência disso tornou-se muito valorizado, por parte dos investidores, pois investir nesse subproduto traz muita perspectiva a longo prazo para a indústria

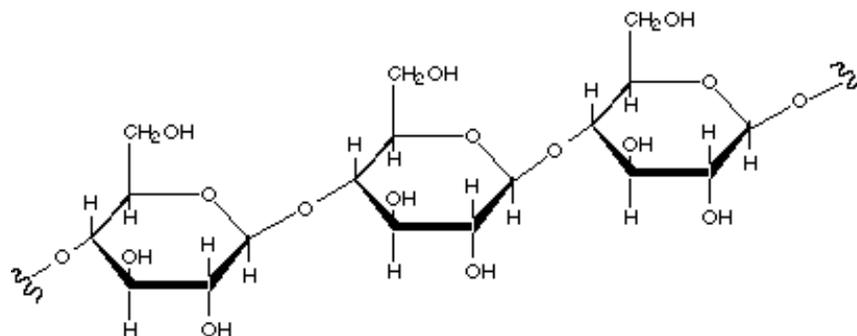
Decorrido na pesquisa da Armac (2022), esse resíduo orgânico é muito utilizado para diversos âmbitos no meio industrial, como para produção de energia sustentável nas usinas elétricas, além disso, também é usado na fabricação de celulose e etanol; no alimento de animais; fertilizante de celulose, e até mesmo cimento. Com essa ampla utilização, é um subproduto significativo e lucrativo, consequentemente tornando seu descarte não aconselhável

2.1.1. Celulose

Do tipo polissacarídeo e composta por monômeros de glicose, a celulose é um elemento essencial e básico dos tecidos vegetais. É de extrema importância, isso, porque fornece rigidez e firmeza às plantas e é um recurso de ampla aplicação. Além disso, cerca de 50% da madeira tem sua composição formada por essa molécula, sendo a mais abundante do planeta em relação aos compostos orgânicos e, também, um dos materiais mais presentes no contexto hodierno da humanidade (MORAES, 2022).

Outrossim, a fórmula molecular (Figura 1), desse polímero de cadeia longa e de peso oscilante é formada por seis moléculas de carbono, doze moléculas de hidrogênio e seis de oxigênio. Sua estrutura é linear ou fibrosa e possui diversas pontes de hidrogênio distribuídas em meio aos grupos hidroxila das cadeias junta postas de glicose, essa característica a torna impermeável a água, ou seja, insolúveis. Assim, origina-se fibras compactas que fundamentam a parede celular dos vegetais (SINGH, s/d).

Figura 1. Estrutura molecular da celulose



Fonte: (MORAES, 2022).

A fabricação da celulose ocorre no pericarpo dos frutos (ex: casca de coco, algodão) mas também existe nas fibras do floema e em gramíneas monocotiledôneas (como o bagaço de cana). Entretanto, sua maior produção acontece em eucaliptos e pinos. Por ser elaborada e distribuída no formato de fibras e feixes, possui ligações rígidas extensas, não sendo digerida pelo organismo humano (CELULOSE, 2022).

No âmbito econômico, como consequência de sua versatilidade, a utilização dessa molécula como matéria-prima é extremamente importante para produção de papel, fraldas descartáveis, tecidos, absorventes, adesivos, biocombustíveis, entre outros. (MORAES, 2022.)

2.2. FILMES FOTOGRÁFICOS

Sendo criado a mais de 100 anos (Textile Industry, 2010), o filme fotográfico é um material essencial na estrutura de câmeras fotográficas, onde sua função se caracteriza no registro de imagens. Seu principal componente é o triacetato de celulose (material derivado da celulose), que é flexível e transparente e irá receber uma emulsão fotográfica que sustentará a imagem.

Sobre o triacetado de celulose, Luiza (2019) comenta a seguinte informação:

[...]utilizado na fabricação dos suportes dos filmes, é um polímero semissintético, da família dos ésteres de celulose e produzido por um processo termoplástico. Suas propriedades incluem tenacidade, claridade, baixa permeabilidade, boa resistência química e flexibilidade. A base de triacetato de celulose é obtida a partir de uma mistura de linters de algodão, ácido acético e ácido sulfúrico como catalisador.

Com base nas pesquisas de Ferrera e Muramatsu (1996), pode-se dizer que essa emulsão consiste em uma camada de gelatina de aproximadamente 10 mm de espessura, no qual apresenta minúsculos grãos de haleto de prata que ficam suspensos ali. Esses grãos permitirão a entrada e saída de líquidos com produtos químicos para o processamento dos sais de prata.

Como citado, esses cristais de prata são sensíveis a luz, assim o grau de sensibilidade desses definirão algumas características específicas aos filmes. A luz, conforme incide nos grãos, altera sua estrutura fornecendo imagens latentes, ou imagens negativas, até passarem pelos processamentos de revelação e fixação.

Luiza (2019) ainda explica que por meio do fenômeno óptico de reflexão, a luz é capturada pelo obturador da lente de uma determinada câmera fotográfica para ser registrada no filme flexível. O processo de revelação se dá por meio da aceleração da

energia captada, que converte assim, a imagem latente em imagem visível. Isso pois, os haletos de prata que receberam a luz transmutam-se em prata metálica devido a composição química presente no revelador.

2.2.1. Origem do filme fotográfico

Em meados do século XIX, o fotógrafo profissional George Eastman elaborou um tipo de filme que se apresentava seco, transparente e flexível, no qual seria usado em suas futuras câmeras Kodak, se tornando os primeiros aparelhos fotográficos portáteis e de fácil manuseio (BELLIS, 2019).

De acordo com o artigo redigido pela conservadora experiente fotografia Fischer (2022), filme era a base de nitrato de celulose, um composto altamente inflamável e que libera gases tóxicos à medida que se deteriora. Entretanto, a produção desses filmes se prolongou até meados do século XX, o que resultou em diversos casos de incêndios decorrentes da instabilidade do composto com o meio ambiente.

Com contínuas pesquisas, esse componente instável foi aos poucos substituída. A partir da década de 1920 um filme a base de acetato de celulose começou a ser implementado nas câmeras fotográficas, sendo conhecido como filme “segurança”. Porém, esse composto também apresenta problemas de estabilidade, sendo suscetível a uma deterioração autocatalítica - deterioração do composto causa a deterioração do suporte plástico do filme de acetato – o que libera um odor de vinagre devido o ácido acético formado da reação.

Devido seu potencial de instabilidade, alguns cuidados no armazenamento dos filmes fotográficos são recomendados para aqueles que ainda possuem fotografias antigas a base de nitrato de celulose. Fischer (2022) explica:

Três camadas de proteção são recomendadas para o armazenamento de materiais fotográficos à base de filme. Os negativos devem ser colocados em mangas, as mangas colocadas em uma caixa ou gaveta, e essas caixas ou gavetas em prateleiras ou armários. Filmes cinematográficos e microfilmes devem ser armazenados em recipientes não lacrados em armários ou prateleiras.

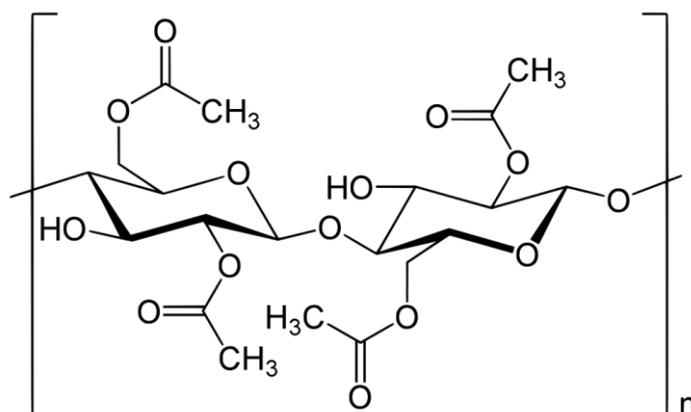
Atualmente, os filmes feitos de acetato de celulose, criados por Eastman, ainda são fontes de contínuas pesquisas para a implementação de novas invenções fotográficas no ramo comercial. Os negativos ainda estão presentes nas estruturas de muitas câmeras profissionais, apresentando certas modificações que as fazem mais seguras para uso diário (TÔRRES, 2021).

2.3. ACETATO DE CELULOSE

Com ampla aplicabilidade e versatilidade, o acetato de celulose é um éster polimérico vindo da celulose (um homopolissacarídeo) - podendo ser obtido a partir da polpa da madeira - e em nível global, tem grande importância na área da indústria têxtil (MACHINSKI et al., 2018). Dessa forma, algumas de suas aplicações podem ser destacadas, como: a formulação química da capa de cardápios utilizados no comércio alimentício; photobooks - páginas com efeito translúcido ou acetinado; em filtros de cigarro – retendo partículas de fumaça e na absorção de vapores; em filmes fotográficos, entre outras (PROLAM, 2023).

Além disso, sua fórmula molecular é $C_{76}H_{114}O_{49}$, (Figura 2) sendo um composto sintético e orgânico, e obtido em sua forma sólida (pó branco ou flocos), sua primeira formulação foi desenvolvida em Paris – capital da França – em 1865, por Paul Schützenberger e Laurent Naudin, em um teste de acetilação da celulose (MAESTROVIRTUALE, S/D). Sua produção excede o valor de 7,7 bilhões de reais anualmente, já que esse polímero não apresenta toxicidade e é biodegradável (BATTISTI, et al., 2018).

Figura 2. Estrutura molecular do acetato de celulose

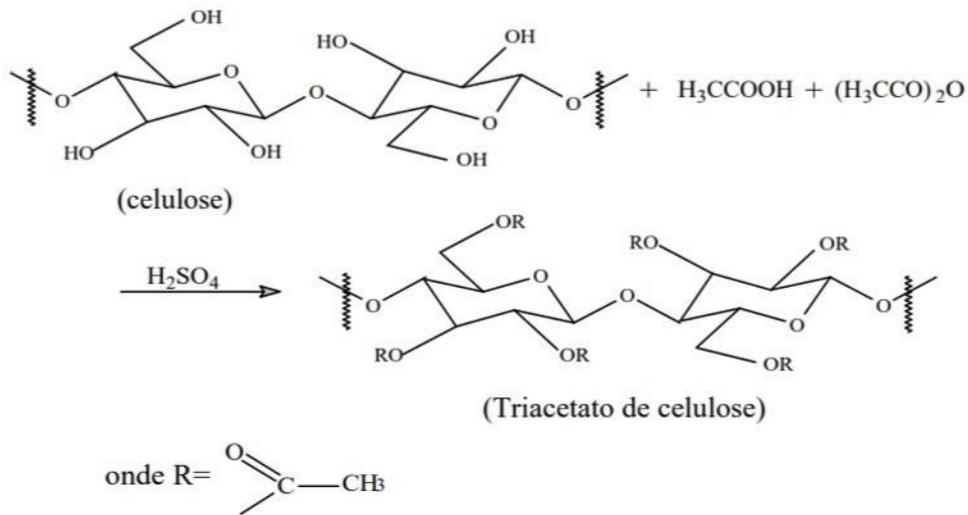


Fonte:(ARAÚJO, 2017).

Outrossim, algumas propriedades importantes do acetato de celulose são: o ponto de fusão à 306°C, um peso molecular com cerca de 1811,699g/mol e uma densidade variável entre 1,27 a 1,34. E também, é insolúvel em diversos constituintes orgânicos - por exemplo: acetona, ciclohexanol, dicloreto de etileno, etc. Assim, ele atribui algumas características a seus derivados, como flexibilidade, resistência à tração – porém, pode ser atacado por microrganismos e bactérias - e sua dureza. Entretanto suas fibras dimensionalmente possuem alterações baseando-se na presença de temperaturas e umidade extremas – suportando até 80°C. (SPEROHOPE, 2024).

No ramo industrial, sua obtenção é realizada pelo processo de acetilação da celulose (Figura 3), em que, após de ser purificada, a madeira é exposta a grandes quantidades de anidrido acético (usado como agente na reação), ácido acético (como solvente) e ácido sulfúrico ou ácido perclórico (como catalizador) (MACHINSKI et al., 2018). Em consequência de sua transparência, sua utilização em indústrias na produção de revestimentos e filmes fotográficos é amplamente estudada. Além disso, por sua resistência, indústrias alimentícias exploram sua versatilidade na formulação de embalagens (MAESTROVIRTUALE, S/D).

Figura 3. Processo de acetilação da celulose para obtenção de acetato de celulose



Fonte: (MEIRELES, C.S, 2007).

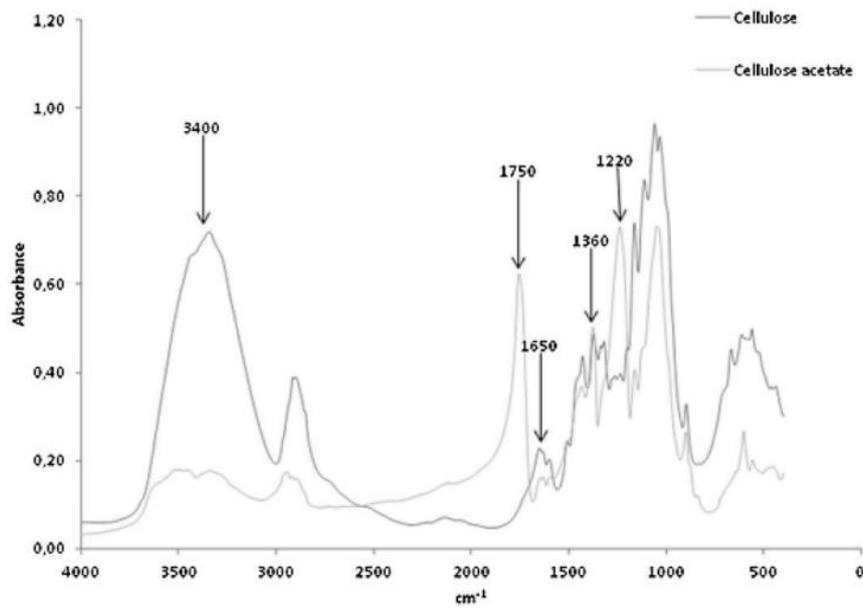
2.3.1. Extração do acetato de celulose para composição de filmes fotográficos

A celulose é um polímero orgânico extremamente abundante no mundo e pode ser convertida em seus derivados para diversas aplicações, como o acetato de celulose, que devido às suas excelentes propriedades físicas como transparência óptica, biodegradabilidade e alta tenacidade é de particular interesse entre os vários derivados de celulose (SHARMA et al., 2021).

O acetato de celulose (CA) é produzido pela reação da celulose com ácido acético, quantidade elevada de anidrido acético e ácido sulfúrico atuando como catalisador em um processo de acetilação de duas etapas, seguido por uma ocorrência de hidrólise para produzir CA com o grau de substituição (GS) desejado, cerca de 2,45 –2,5, com alta solubilidade e boas propriedades de fusão (BRUM et al., 2012).

Na arte de suporte de filmes cinematográficos, o suporte de filme de nitrato de celulose foi usado por um longo período, e possuía muitas propriedades altamente desejáveis em filmes comerciais, como alta resistência à tração, flexibilidade, resistência à umidade e rigidez. Este material exigiu manuseio com extremo cuidado devido à sua elevada inflamabilidade (FORDYCE et al.,1951). A

Figura 4. Celulose e acetato de celulose sintetizado a partir da celulose do bagaço de cana-de-açúcar.



Fonte: (Candido, 2017).

3. METODOLOGIA

No presente trabalho realizou-se diversas pesquisas visando a compreensão de cada etapa a ser praticada no desenvolvimento, tais pesquisas, foram formuladas por via de artigos científicos, sites e trabalhos acadêmicos.

Os procedimentos experimentais foram feitos no laboratório de química e microbiologia da Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, por meio da aquisição de reagentes, vidrarias e equipamentos disponibilizados pela própria instituição. Nesse viés, a prática se fundamentou na desfibração do bagaço de cana-de-açúcar visando a remoção celulósica de sua composição e alterações físico-químicas para formulação do filme fotográfico.

4. DESENVOLVIMENTO

4.1. PREPARO DO BAGAÇO

Primeiramente, o grupo obteve uma boa quantidade de bagaço de cana-de-açúcar, o qual foi lavado em água corrente várias vezes até a máxima retirada de constituintes inorgânicos presentes nesse. Após a limpeza, separou-se os pedaços com maior exposição de fibras e os cortou, para facilitar o manejo nos processos seguintes. Tais etapas se demonstram nas Figuras 5 e 6 abaixo.

Figura 5. Limpeza do bagaço de cana-de-açúcar.



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

Figura 6: Corte do bagaço de cana-de-açúcar.



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

Em seguida, utilizou-se de uma balança para a pesagem de 50 gramas do bagaço cortado, demonstrado pela Figura 7. O restante foi armazenado em um refrigerador à 15°C, para futuras eventualidades.

Figura 7. Pesagem do bagaço de cana-de-açúcar.



Fonte: (dos Próprios autores, 2024).

Posteriormente utilizou-se de uma estufa, presente no laboratório de química e microbiologia da escola, para a secagem do bagaço lavado, procedeu-se a secagem à 100°C até uma massa constante. Entretanto, devido à falta de tempo para a realização do processo, não foi possível realizar a secagem completa do resíduo, sendo necessário deixar o bagaço exposto ao sol durante 7 dias consecutivos.

Ao final desses processos, o peso final do resíduo foi de, aproximadamente, 9 gramas, porém, para futuras medições proporcionais, utilizou-se apenas 5 gramas do bagaço resultante.

4.2. EXTRAÇÃO DA CELULOSE

Iniciando o processo de extração da celulose foi necessário realizar alguns cálculos de proporção, esses, serviram de base para a separação correta de alguns materiais específicos obtidos no mesmo laboratório de química já mencionado anteriormente. Tais utensílios são citados abaixo, assim como as devidas quantidades utilizadas de cada reagente.

Ao bagaço adicionou-se uma solução aquosa de NaOH 5,0 mols/L e 50mL de acetona, separada anteriormente na proveta de 100mL. Tais processos estão demonstrados nas imagens abaixo.

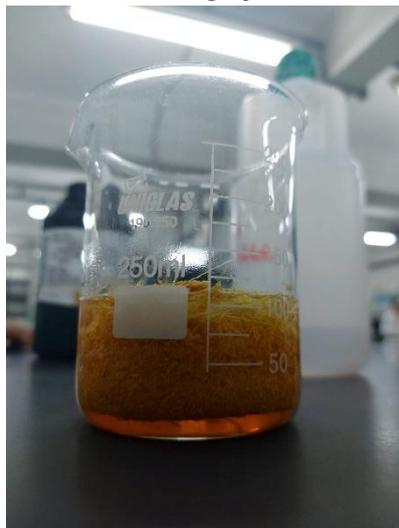
Figura 8. Separação dos reagentes.



Fonte: (dos próprios autores, 2024).

Os reagentes foram misturados no béquer que já continha as 5 gramas de bagaço, o que resultou em um produto de cor marrom, como demonstrado pela Figura 9.

Figura 9. Mistura do bagaço com os reagentes.

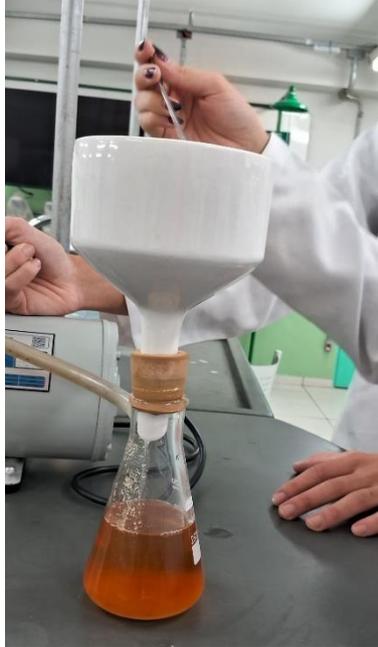


Fonte: (dos próprios autores, 2024).

A fim de se extrair a polpa celulósica, o material bruto foi lavado sob pressão reduzida (utilizando-se um papel filtro, o kitassato e a bomba de vácuo), como

mostrado na Figura 10, com a mistura de hidróxido de sódio preparada até que seu pH, inicialmente em 13, reduzisse para neutro.

Figura 10. Lavagem do bagaço sob pressão reduzida.



Fonte:(dos próprios autores, 2024).

Por conseguinte, a polpa celulósica foi extraída a partir da sua lavagem em água quente, sob agitação em um béquer. Utilizando-se água destilada, funil de vidro, papel filtro e um suporte universal o material foi filtrado e lavado até se obter um pH neutro. Após, foi encaminhado para secagem em estufa a 70°C durante 2 horas, como demonstra a Figura 11.

Figura 11. Secagem do material em estufa.



Fonte:(dos próprios autores, 2024).

4.3. BRANQUEAMENTO

Após a extração da polpa celulósica, decorreu-se o processo de seu branqueamento. Para isso, pesou-se o produto obtido na etapa anterior em um béquer, aferindo-se que existiam 0,72g de celulose. Em seguida, foram adicionados 8ml de solução de NaOH à concentração de 5%, juntamente com 3mL de H₂O₂ à concentração de 35% para início do branqueamento em agitação constante por 1 hora a temperatura ambiente e por 30 minutos a 70°C, isso, com o auxílio de um agitador magnético com aquecimento. Após esse procedimento, a celulose obtida foi submetida ao processo de filtração à vácuo em lavagem constante com água destilada até neutralidade.

4.4. ACETILAÇÃO DA CELULOSE

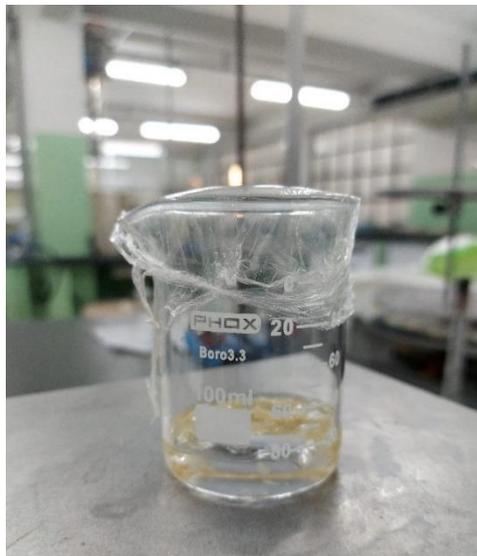
Em seqüência, procedeu-se a etapa de acetilação da celulose para sua transformação em acetato. Em um béquer de 250mL foram colocadas 0,72 gramas de celulose branqueada juntamente com 2,9mL de ácido acético glacial, os quais permaneceram em agitação constante na chapa de agitação durante 1 hora à temperatura ambiente. Após isso, utilizou-se uma solução composta de 0,07mL de H₂SO₄ concentrado e 0,7mL de ácido acético glacial no sistema e o submeteu à agitação durante 30 minutos. Após o período, 3,6ml de anidrido acético foi introduzido a solução e uma nova agitação por 30 minutos foi sucedida. Seguidamente, a mistura permaneceu por 4 horas à temperatura ambiente.

Depois do tempo esperado, filtrou-se o sistema para a precipitação do acetato de celulose – que foi lavado até neutralidade e seco a 70°C por um período de 2 horas, ficando com uma textura porosa e rígida.

4.5. PRODUÇÃO DO FILME FOTOGRÁFICO

Com a acetilação concluída, iniciou-se a etapa final da produção dos filmes fotográficos. Essa, se deu pela adição de 18 mL do solvente diclometano em um béquer de 150 mL – quantidade atual de acetato sendo ainda de 0,72 gramas - que ficou vedado e por agitação durante 2 horas, novamente, em uma chapa. Pode-se observar na Figura 12 abaixo. O escurecimento do material, juntamente com os aglomerados formados, ambos são resultados negativos e não favoráveis ao processo de produção.

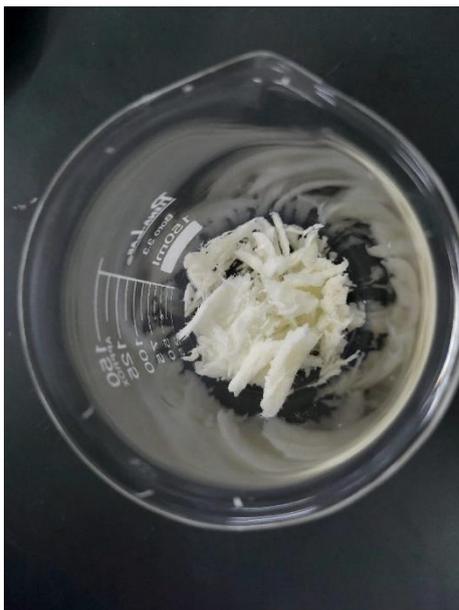
Figura 12. Acetato com diclometano.



Fonte:(dos próprios autores,2024).

Posteriormente, adicionou-se 1 mL de água destilada e deixou-o mais 15 minutos sobre agitação e vedado. Nota-se na Figura 13, um clareamento do acetato, entretanto os aglomerados de resíduo não se desfibraram como esperado.

Figura 13. Acetato clareado.



Fonte:(dos próprios autores,2024).

Como última etapa, realizou-se uma tentativa de espalhar os agregados em uma placa de Petri. Porém essa acabou sendo falha, pois, esse material não estava na textura correta para tal etapa, estando sólido e quebradiço, podendo ser observado na Figura 14.

Figura 14. Material de acetato quebradiço.



Fonte:(dos próprios autores,2024).

4.6. SEGUNDO TESTE

Após as etapas do teste preliminar para a fabricação do filme, decidiu-se a realização de um segundo para à aferição e melhoramento dos resultados obtidos. Assim, seguiu-se as mesmas etapas anteriores, no entanto, utilizando uma maior quantidade de bagaço, removendo o anidrido acético depois da adição do diclorometano e antes. A secagem do filme obtido foi feita em temperatura ambiente, sem secagem em estufa, como mostra a Figura 15.

Figura 15. Produto prensado e estendido.



Fonte: (dos próprios autores, 2024)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, para a produção de filmes fotográficos advindos da celulose extraída do bagaço da cana-de-açúcar (submetida a processos de acetilação), inicialmente, idealizou-se o preparo de apenas um teste. No entanto, devido aos processos de filtração a quantidade inicial de bagaço foi reduzida, o que incentivou a necessidade de realizar um outro teste utilizando de uma quantidade proporcionalmente maior que a separada inicialmente. Assim, se obteve dois resultados distintos que, foram afetados, principalmente, pela diferença de material usado de primeira intenção como já citado anteriormente.

As diferenças notadas entre os dois preparos foram analisadas por meio de aspectos visuais e sensorial. O primeiro teste apresentou características divergentes às de um filme fotográfico convencional, apresentando um aspecto quebradiço e escurecido. Já com o segundo pode-se notar uma grande diferença dos mesmos parâmetros de comparação utilizados no primeiro, no qual esses foram mais semelhantes às propriedades do filme desejado, entretanto, ainda apresentou particularidades não favoráveis ao esperado.

Desta forma concluímos que a pesquisa demonstrou evolução significativa no desenvolvimento do filme fotográfico, embora não tenha alcançado completamente o resultado esperado, sendo assim, pode-se considerar, a possibilidade de se realizar mais pesquisas aprofundadas sobre as propriedades específicas do filme obtido, comparando-as com as dos filmes convencionais, estabelecendo assim, fatores que podem ter influenciado nos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACETATO de celulose: estrutura química, propriedades e usos - química - 2024. Disponível em: <<https://sperohope.com/acetato-de-celulosa-estrutura-quimica>>. Acesso em: 9 mar. 2024.

ACETATO de celulose: estrutura química, propriedades e usos. Disponível em: <<https://maestrovirtuale.com/acetato-de-celulose-estrutura-quimica-propriedades-e-usos/>>. Acesso em: 4 mar. 2024.

ACETATO de celulose: qualidade sustentável - Prolam. 20 out. 23. Disponível em: <<https://www.prolam.com.br/acetato-de-celulose-qualidade-sustentavel/>>. Acesso em: 4 mar. 2024.

ARMAC. **Bagaço de Cana: conheça sua importância e utilidades.** Armec, 2022. Disponível em: <<https://armac.com.br/blog/usinas/bagaco-de-cana/>>. Acesso em: 26 de out. 2023.

BELLIS, M. **The History of Kodak: How Rolled Film Made Everyone a Photographer.** 26 jul. 2005. Disponível em: <<https://www.thoughtco.com/george-eastman-history-of-kodak-1991619>>. Acesso em: 23 fev. 2024.

BRUM, Sarah; OLIVEIRA, Luiz et al. **Síntese de Acetato de Celulose a partir da Palha de Feijão Utilizando N-bromossuccinimida (NBS) como Catalisador;** Departamento de Química, Universidade Federal de Lavras. vol. 22, n. 5, p. 447-452, 2012. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/po/a/LTJNdzXQtMBRjyWmFNcVZXM/?format=pdf>>. Acesso em 26 de out. de 2023.

CANDIDO, R.G et al. **Characterization and application of cellulose acetate synthesized from sugarcane bagasse;** Elsevier. vol. 16, p. 280-289, 2017. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861717303132>>. Acesso em: 26 de out. de 2023.

CELULOSE: o que é e para que serve? Disponível em: <<https://www.additiva.com.br/blog-celulose-o-que-e-e-para-que-serve>>. Acesso em: 19 de abr. de 2024

DERIVADOS DE CELULOSE. Disponível em: <<https://grupodecelulose.wordpress.com/2017/11/28/derivados-de-celulose/>>. Acesso em: 9 mar. 2024.

FAPESP. **Propriedades do bagaço da cana-de-açúcar.** Revista pesquisa fapesp, 1998. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/propriedades-do-bagaco-da-cana-de-acucar/>>. Acesso em: 26 de out. 2023.

FISCHER, M. **A Short Guide to Film Base Photographic Materials: Identification, Care, and Duplication**. Disponível em: <<https://www.nedcc.org/free-resources/preservation-leaflets/5.-photographs/5.1-a-short-guide-to-film-base-photographic-materials-identification,-care,-and-duplication>>. Acesso em: 23 fev. 2024.

FORDYCE, Charles et al. **Cellulose Acetate Filmforming Composition and a Film Made Therefrom**; Elsevier. United States Patent Office, New Jersey, p.1, 1951. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US2739069A/en>>. Acesso em 26 de out. de 2023.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL FUNDEPAR. **Madeira – celulose 2**. Disponível em: <<http://www.quimica.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1387&evento=3>>. Acesso em: 23 nov. 2023

LUIZA, M, E. **Estudo da utilização da radiação ionizante para preservação e conservação de filmes fotográficos e cinematográficos**, 2019. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-14032019-141759/publico/2019NagaiEstudo.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2023.

MURAMATSU, Mikiya; FERRARA, Eduardo. **Curva Característica de um Filme Fotográfico**, 1996. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 20, n o. 1, março, 1998. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34351299/Curva_caracteristica_de_um_filme_fotografico-libre.pdf?>. Acesso em: 23 nov. 2023.

MEIRELES, C.S. **Síntese e caracterização de membranas de acetato de celulose, obtido do bagaço de cana-de-açúcar, e blendas de acetato de celulose com poliestireno de copos plásticos descartados**. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/17456/1/CSMeirelesDISPRT.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2024.

MORAES, Michelly. **Celulose: descubra o que é e sua utilização!** Disponível em: <<https://agropos.com.br/celulose/>>. Acesso em: 09 nov. 2023

SHARMA, Amita et al. **Fabrication of cellulose acetate nanocomposite films with lignocellulosic nanofiber filler for superior effect on thermal, mechanical and optical properties**; Elsevier. Nano-Structures & Nano-Objects, United Nations, vol. 25, 2021. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352507X20301207>>. Acesso em 26 de out. de 2023.

TÔRRES, L. **Formatos e tipos comuns de filmes - • O Casal da Foto**. 18 jun. 2021. Disponível em:<<https://www.ocasaldafoto.com/qual-melhor-camera-analogica-para-voce-guia-de-fotografia-de-filme-para-iniciantes/>>. Acesso em: 08 fev. 2024.