

Artigo

Polimetacrilato de Metila – Feofitinas: Uma Alternativa para o Processo de Reciclagem de Papel

Oliveira, M. C. C.;* Dutra, L. R.

Rev. Virtual Quim., 2019, 11 (5), 1591-1603. Data de publicação na Web: 29 de outubro de 2019

<http://rvq.sbq.org.br>

Methyl Polymethacrylate - Pheophytins: An Alternative to the Paper Recycling Process

Abstract: The first large-scale paper recycling probably occurred during World War I. In the Second World War, paper recycling once again increased due to the need for materials. Nearly all kinds of papers are recyclable, such as cardboard, newsprint and magazines, manuals and booklets, and assorted office papers. Paper sheets which are not acceptable to recycling include brown and craft envelopes, carbon paper, paper towels, candy wrappers and pizza boxes. The paper recycling process involves a number of steps; including processing the paper waste into usable raw materials and using that raw material to produce new paper products. This work aimed to synthesize methyl polymethacrylate enriched with vegetable extract of *Talinum triangulare* (Talinaceae) materials, which presents pheophytins in its composition. This polymeric material was used as an input in the recycling of heat sensitive paper. The polymer was synthesized in aqueous medium with the addition of monomers methyl methacrylate and acrylic acid and as nonionic surfactant sodium lauryl ether sulfate, besides the pre emulsion formed with the plant extract. The recycling of thermosensitive paper involved water and the polymeric additive. The paper was cut into small pieces and water and acrylic polymer added. Then, the mixture was processed into domestic liquid and finally the paste was placed for drying at room temperature. The addition of polymers to the recycling process increased the hardness of the paper. In addition, recycled paper did not dissolve when placed in the presence of water, ethanol and kerosene, demonstrating high resistance to these solvents. Finally, the paper recycled with the addition of polymer - pheophytins, did not darken when exposed to artificial light.

Keywords: Talinaceae; *Talinum triangulare*; plant product; recycled paper.

Resumo

A primeira reciclagem de papel em grande escala, provavelmente ocorreu durante a Primeira Guerra Mundial. Na Segunda Guerra Mundial a reciclagem de papel voltou a crescer devido à necessidade de materiais. Quase todos os tipos de papéis são recicláveis, como papelão, papel de jornal e revistas, manuais e livretos, e diversos papéis de escritório. Os papéis que não são aceitáveis para reciclagem incluem envelopes marrons e artesanais, papel carbono, toalhas de papel, embalagens de doces e caixas de pizza. O processo de reciclagem de papel envolve vários passos, incluindo o processamento de resíduos de papel em matéria-prima utilizável e o uso dessa matéria-prima na confecção de novos produtos de papel. Para contribuir com o crescimento da reciclagem de papel, este trabalho teve como objetivo sintetizar polimetacrilato de metila enriquecido com extrato vegetal de *Talinum triangulare* (Talinaceae), o qual apresenta feofitinas em sua composição. O material polimérico foi utilizado como insumo na reciclagem de papel termossensível. O polímero foi formado em meio aquoso tendo como monômeros o metacrilato de metila, ácido acrílico e como surfactante não-iônico lauril éter sulfato de sódio, além da pré-emulsão formada com extrato da planta. A reciclagem de papel termossensível envolveu a água e o aditivo polimérico. O papel foi cortado em pequenos pedaços e adicionou-se água e polímero acrílico. Em seguida, a mistura foi processada em líquido doméstico e finalmente a pasta foi colocada para secagem à temperatura ambiente. A adição de polímeros ao processo de reciclagem aumentou a dureza do papel. Além disso, o papel reciclado não se dissolveu quando colocado na presença de água, etanol e querosene, demonstrando alta resistência a esses solventes. Finalmente, o papel reciclado com a adição de polímero - feofitinas, não escureceu quando exposto à luz artificial.

Palavras-chave: Talinaceae, *Talinum triangulare*, produto vegetal, papel reciclado.

* Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Departamento de Química Orgânica, CEP 23897-000, R Seropédica-RJ, Brasil.

 mccdeo@ufrj.br

DOI: [10.21577/1984-6835.20190111](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20190111)

Polimetacrilato de Metila – Feofitinas: Uma Alternativa para o Processo de Reciclagem de Papel

Marcia Cristina Campos de Oliveira,* Luan Rodrigues Dutra

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Departamento de Química Orgânica, Laboratório de Produtos Naturais, CEP 23897-000, Seropédica-RJ, Brasil.

* mccdeo@ufrj.br

Recebido em 30 de setembro de 2019. Aceito para publicação em 30 de setembro de 2019

1. Introdução

2. Experimental

2.1. Obtenção dos extratos de *Talinum triangulare*

2.2. Síntese da matriz polimérica

2.3. Análise da matriz polimérica por espectroscopia de infravermelho e ressonância magnética nuclear de sólidos

2.4. Reciclagem de papel termossensível e afinidade com solventes orgânicos

3. Resultados e Discussão

3.1. Polimerização

3.2. Análise espectroscópica e espectrofotométrica

3.3. Papel reciclado e suas características físicas

4. Conclusões

1. Introdução

Em 2015 a produção mundial de papel foi de 401 milhões de toneladas; no período de 2005 a 2015 ocorreu um aumento de, aproximadamente, 10 % na produção mundial, o que representa um crescimento médio anual de 1%.¹

Em 2016, a produção brasileira de celulose, considerando-se o processo químico de fibra curta (eucalipto), longa (pinus) e a pasta de alto rendimento, foi de 18,8 milhões de toneladas, tendo um aumento de 8,1 % em relação à produção em 2015. A exportação

atingiu 12,9 milhões de toneladas, representando aumento de 11,9 % em relação ao ano anterior. Considerando a importação de 360 mil toneladas, o volume consumido no mercado interno atingiu 6,3 milhões de toneladas, ficando praticamente estável em comparação a 2015. Com esses resultados, o Brasil subiu duas posições no ranking de produção da celulose e consolidou-se no mercado mundial da commodity.¹

Em conjunto com o alto nível de produção de papel no Brasil, assim como em outros países, têm-se o impacto ambiental com a geração de resíduos. Sendo assim, a reciclagem de papel é assunto importante a

ser debatido no Brasil já que é o país mais forte nesse segmento. Em 2015, a taxa de reciclagem de papel no Brasil foi de 63,4 %, resultado que indica um aumento na recuperação nas aparas de papel, embora também seja reflexo da redução no consumo aparente de papéis.²

Nos últimos anos, o termo "eco-inovação" tem sido cada vez mais utilizado na gestão e na política ambiental. A sobrevivência em longo prazo do sistema econômico depende da sua capacidade de criar e manter processos que não envolvem a criação de valor em curto prazo na despesa de riqueza a longo prazo.³ Em relação ao papel, a sua reciclagem entra como eco-inovação, já que a poluição gerada pela reciclagem é bem menor do que a gerada pela produção normal do papel, além disso, deve-se considerar que a reciclagem impede que os papéis usados acabem em aterros sanitários, lixões ou incinerados. Visto isso, a reciclagem de papel minimiza os problemas relacionados com a produção de matéria prima e com a deposição do papel velho no meio ambiente.⁴

A reciclagem de papel permite a reutilização de antigas fibras celulósicas a fim para formar um novo papel. A qualidade do papel está diretamente relacionada com o comprimento das fibras de celulose, sendo assim, quanto mais o papel for reciclado, mais curtas ficarão suas fibras. Estima-se que o papel pode ser reciclado até seis vezes, logo, para que o processo possa se perpetuar é necessário que se retirem as fibras mais gastas e as substituam por fibras novas ou pouco utilizadas.⁵ A utilização de um polímero em pequenas quantidades pode contribuir para que a eficiência da reciclagem de papel seja maior.

Polímeros acrílicos são conhecidos por sua sensibilidade a mudanças no pH, variando o

seu formato. Eles vêm sendo utilizados como cápsulas de medicamentos, inibidores de incrustações salinas na produção de petróleo, superabsorventes e floculantes.⁶ De modo específico, um composto de PAA/alumina – poli ácido acrílico com alumina – possui capacidade removedora de íons metálicos pesados.⁷

O polimetilmetacrilato de metila (PMAM) é um polímero termoplástico formado pela polimerização de monômeros de metacrilato de metila. Possui como principais características transparência e brilho, rigidez e estabilidade dimensional, dureza e resistência a raios solares (UV), além de poder ser formulado para adquirir características tais como ser inerte a raios UV e aumentar sua resistência química. Suas propriedades permitem aplicações na indústria automobilística, iluminação, construção civil, cosméticos e na medicina.⁸

O desenvolvimento de novos polímeros leva em consideração a adição de aditivos que lhes conferem melhores propriedades físicas e químicas em relação ao polímero base.

Talinum triangulare (Talinaceae, Figura 1) conhecida como beldroega-graúda, major-gomes, João-gomes, lustrosa-grande, maria-gorda, erva-gorda, é uma planta perene, bem difundida na região Norte do Brasil, principalmente em pratos regionais, e na região Sudeste somente no Estado de Minas Gerais, onde a produção agrícola visa uma data específica do ano, a qual corresponde a Semana Santa. Em trabalho recente Amorim e colaboradores fizeram o estudo fitoquímico da *T. triangulare*, a partir deste trabalho foi possível determinar diversos metabólitos desse vegetal, como por exemplo, as feofitinas (metabólitos derivados da classe das clorofilas pela perda de magnésio).⁹



Figura 1: *T. triangulare* obtida no Campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
Foto do arquivo pessoal dos autores

Em trabalho recente, Chave e colaboradores mostraram que a feoftina (17*R*,18*R*)-purpurine-18-fetil éster, isolada de *Talinum triangulare*, pode ajudar no tratamento de certos tipos de cânceres através de terapia fotodinâmica, já que feoftinas são classificadas como fotossensibilizadores de segunda geração. Neste estudo também foi possível observar que a feoftinas absorvem radiação no infravermelho a 400, 550 e 700nm, tal fato mostra que extratos ricos em feoftinas podem apresentar atividade fotocatalítica¹⁰. A atividade fotocatalítica das feoftinas citada em trabalhos anteriores indica que extrato de *T. triangulare* rico nesta classe de composto, pode ser uma boa alternativa para a redução dos processos de fotodegradação em papeis termossensíveis.

Portanto, a fim de contribuir para a indústria de reciclagem de papel, este trabalho visa utilizar uma matriz polimérica como insumo no processo de reciclagem de papel e, posteriormente, enriquecer essa resina com feoftinas provenientes da *Talinum triangulare* a fim de avaliar a estabilidade química e resistência à degradação de luz solar.

2. Experimental

2.1. Obtenção dos extratos de *Talinum triangulare*

Para a obtenção dos extratos foram selecionadas apenas as folhas de *Talinum triangulare*, pois estudos prévios mostraram que o rendimento do extrato rico em feoftinas é maior se provenientes desta parte da planta. Após coleta no Campus Embrapa, localizado no Bairro Ecologia em Seropédica-RJ, as folhas foram lavadas, secas e cortadas podendo, então, serem utilizadas para o processo de extração. As folhas de *T. triangulare* foram submetidas à extração por decoção, por duas horas a 60 °C, tendo como solvente extrator uma solução etanol-água (80:20).

Posteriormente, a solução passou por filtração simples e foi concentrada por processos de destilação à vácuo a 60 °C e rotação a 40 RPM em rota evaporador da marca Fisaton. O extrato hidroetanólico concentrado foi levado a um banho maria à 50 °C para completa secagem.

A fração do extrato rica em feoftinas foi obtida do extrato hidroetanólico por extração líquido-líquido tendo EtOH:H₂O (20 %) como fase aquosa, como fase orgânica hexano (para

retirada de carotenoides) e posteriormente diclorometano. A fração orgânica em diclorometano foi tratada com sulfato de sódio e levada a destilação à pressão reduzida em rota evaporador para obtenção do extrato rico em feofitinas.

2.2. Síntese da matriz polimérica

A solução aquosa do surfactante lauril éter sulfato de sódio (20 %) e quantidades previamente mensuradas de ácido acrílico (2,50 mL), metacrilato de metila (86,10 mL) e água destilada (140 mL) foram vertidas em um bécher e mantida a agitação magnética. Após a adição dos monômeros e tensoativo, 0,5 mL das soluções aquosas dos catalisadores sulfato ferroso (1 % P/P), hidrossulfito de sódio (10 % P/P) e persulfato de amônia (10 % P/P) foram adicionados simultaneamente. Após 5 minutos de reação, houve um aumento de temperatura do sistema reacional, chegando a 65 °C (reação exotérmica), mantendo-se assim por 15 minutos até que a reação de polimerização fosse finalizada, obtendo assim o polimetacrilato de metila (PMAM).

Para a síntese do PMAM com adição do extrato rico em feofitinas, obtidos das folhas de *T. triangulare*, foi adicionada no início do processo da polimerização, uma pré-emulsão formada entre o extrato vegetal (100,00 mg), 10,0 mL de surfactante e as soluções (0,2 mL) dos catalisadores da polimerização de PMAM – sulfato ferroso, hidrossulfito de sódio e persulfato de amônio. A reação exotérmica se deu a 65 °C, mantendo-se assim por 15 minutos até que a reação de polimerização fosse finalizada.

2.3. Análise das matrizes polimérica por espectroscopia e espectrofotometria.

Os dados espectrométricos no infravermelho foram obtidos em aparelho Perkin-Elmer FT-IR1600/1605 e as frequências de absorção foram medidas em cm^{-1} , na faixa

de análise de 3500 cm^{-1} a 600 cm^{-1} . As análises de RMN em estado sólido foram realizadas em espectrômetro Jeol JNM-GX400, operando a frequência de 100 MHz para o núcleo de C-13.

As curvas de transmitância e refletância difusa foram obtidas em aparelho UV-vis, modelo 2700 Shimadzu, equipado com o acessório de esfera de integração. As curvas de transmitância foram obtidas da emulsão polimérica colocada em cubeta de vidro na faixa entre 400 a 1200 nm. As curvas de refletância difusa foram obtidas na faixa entre 200 a 400 nm, a partir dos polímeros em estado sólido. O material sólido foi moído em um gral de ágata e colocado no suporte de amostra do espectrofotômetro para ser analisado.

2.4. Reciclagem de papel termossensível e afinidade com solventes orgânicos

O papel termossensível foi cortado e colocado em liquidificador caseiro com a proporção entre a massa do papel e a massa da fase líquida de 1:39 (P/P), respectivamente. Os líquidos utilizados foram a água destilada (para obtenção do papel reciclado que foi usado como padrão) e soluções entre água destilada e a emulsão polimérica (10 % P/P). Cada mistura foi processada por dois minutos e a pasta resultante despejada uniformemente sobre uma tela suportada em uma bacia para recebimento da fase líquida usada no processo de reciclagem, este líquido pode ser reaproveitado na próxima de reciclagem de papel. A secagem do papel reciclado, a temperatura ambiente, se deu em sete dias. Após este tempo, o papel foi retirado da tela e guardado fora do alcance da luz.

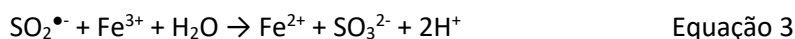
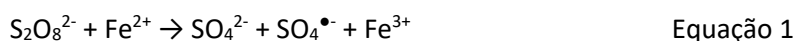
A afinidade do papel reciclado aos solventes orgânicos foi realizada em triplicada, com os papeis em tamanho 2,0 x 2,0 cm. Os papeis foram mergulhados por três minutos em 5,00 mL dos seguintes solventes: água destilada, álcool etílico comercial e querosene. O excesso de solvente foi retirado

deixando os papéis suspensos por um barbante fixado em argola, para posterior pesagem em balança analítica. As pesagens foram realizadas de 3 a 7 dias, quando foi atingida a massa constante.

3. Resultados e Discussão

3.1. Polimerização

A reação química de polimerização foi realizada via formação de radical nos monômeros, proporcionada pelos catalisadores usados normalmente em escala



O ácido acrílico é o monômero que entra em menor concentração na reação, possuindo como funções iniciar a polimerização e manter o pH do meio em torno de 3, de modo que a catálise do processo é maximizada. Como o metacrilato de metila é adicionado ao meio em quantidade significativamente maior, considera-se que as propriedades do polímero sejam em função deste monômero. Portanto,

industrial para obtenção do PMAM; sulfato ferroso, hidrossulfito de sódio e persulfato de amônia.

Primeiramente, o íon ferroso reage com o persulfato por oxirredução formando o íon férrico, o íon sulfato e o radical livre sulfato, que são os iniciadores da reação (Equação 1). O íon hidrossulfito é instável, estando em equilíbrio com radical livre sulfito (Equação 2). Este em presença do íon férrico, produzido na reação anterior, retorna o íon ferroso para meio reacional, também via processo oxirredutivo, além da formação de íons sulfito e de prótons (Equação 3), que acabam por encerrar a polimerização por transferência de cadeia.¹¹

para propor o mecanismo do processo (Figura 2), o ácido acrílico entrará na etapa de indução enquanto o metacrilato de metila na de propagação. O término da reação se dá pelo encontro com outra cadeia polimérica terminal ou pela reação com hidrogênio ácido presente no meio proveniente da reação de retorno do íon ferroso.¹²

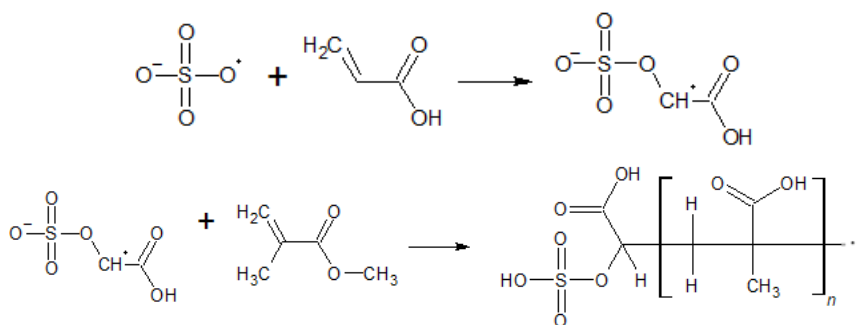


Figura 2. Etapas de iniciação e propagação da polimerização do PMAM

As emulsões de PMAM e PMAM – feofitinas obtidas apresentaram coloração branca com composição de 31,0 % ($\pm 0,5$) em

sólidos totais, pH ácido entre 3,0 e 3,5, densidade de 1,035 g/mL e índice de refração de 1,378 a 29 °C. Observa-se nestes

resultados, que não houve alteração nas propriedades físicas avaliadas para o PMAM e PMAM – feofitinas, sendo assim, análises espectroscópicas e espectrofotométricas foram realizadas para determinar a obtenção do PMAM – feofitinas.

3.2. Análise espectroscópica e espectrofotométrica

Os PMAM em estado sólido foram submetidos a análise espectroscópicas de infravermelho (IV) e ressonância magnética nuclear (RMN).

O espectro de FTIR do PMAM (Figura 3) mostra as bandas de deformação axial das ligações em $-CH_2$ e $-CH_3$ em $2948,78\text{ cm}^{-1}$ e $2994,14\text{ cm}^{-1}$. A banda de absorção em $1723,2\text{ cm}^{-1}$ se refere as vibrações de deformação axial de carbonila de ésteres, presente no metacrilato de metila, enquanto a banda em $1434,87\text{ cm}^{-1}$ refere-se às vibrações das ligações $-CH_3$ presentes no grupo $O-CH_3$. A banda localizada em $1143,65\text{ cm}^{-1}$ referente à deformação axial da ligação $O-C$ que também é característica do grupo funcional referente aos ésteres. Observa-se que o espectro de FTIR apresenta bandas esperadas para o PMAM.¹³

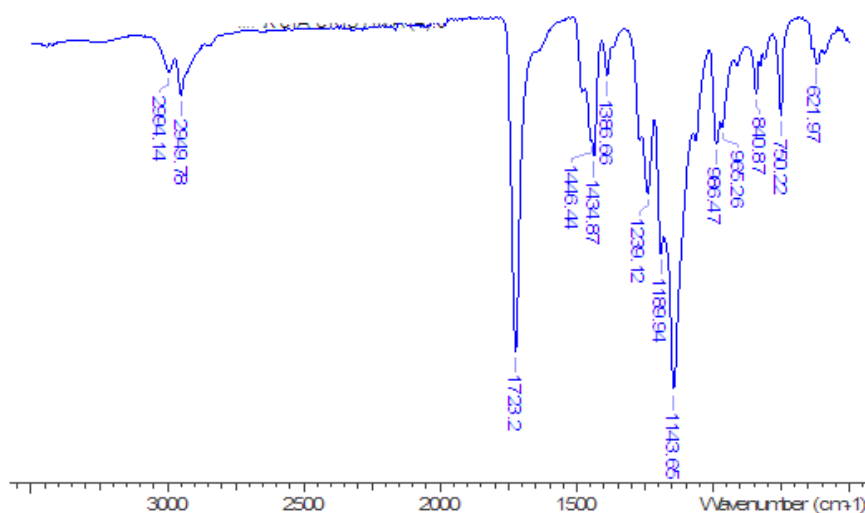


Figura 3. Espectro de Infravermelho do PMMA

No espectro de RMN ^{13}C (Figura 4) percebe-se que, como a análise foi feita para substância sólida, tem-se bandas largas e não sinais finos no espectro. A banda em $\delta 173,4$ ppm indica a presença de carbonila de éster, assim como o sinal em $\delta 11,9$ ppm demonstra

que há grupos $-CH_3$ ligado a $C\alpha$ a carbonila de éster. O sinal em $\delta 47,36$ ppm refere-se aos grupos $O-CH_3$ e o sinal em $\delta 40,20$ ppm refere-se a $-CH_2$ em posição alfa a carbonila de éster. Deste modo, a resina é caracterizada como sendo polimetacrilato de metila¹⁴.

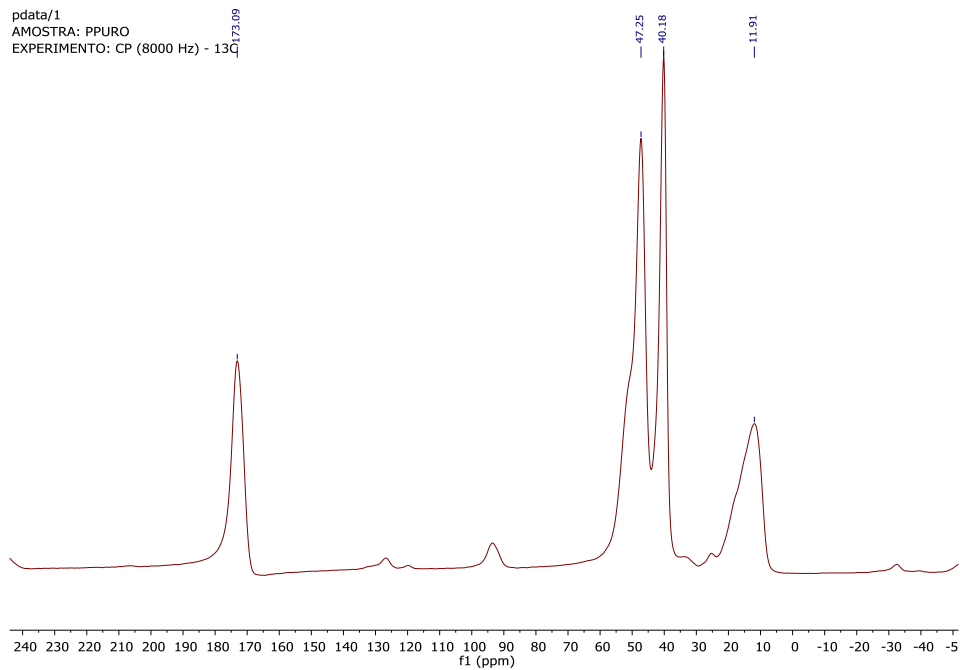


Figura 4. Espectro de RMN ^{13}C do PMMA em fase sólida

Ao comparar os espectros de FTIR e RMN ^{13}C obtidos de cada polímero, observa-se que há semelhança entre eles mantendo-se as bandas e sinais característicos do PMMA puro (Figuras 5 e 6).

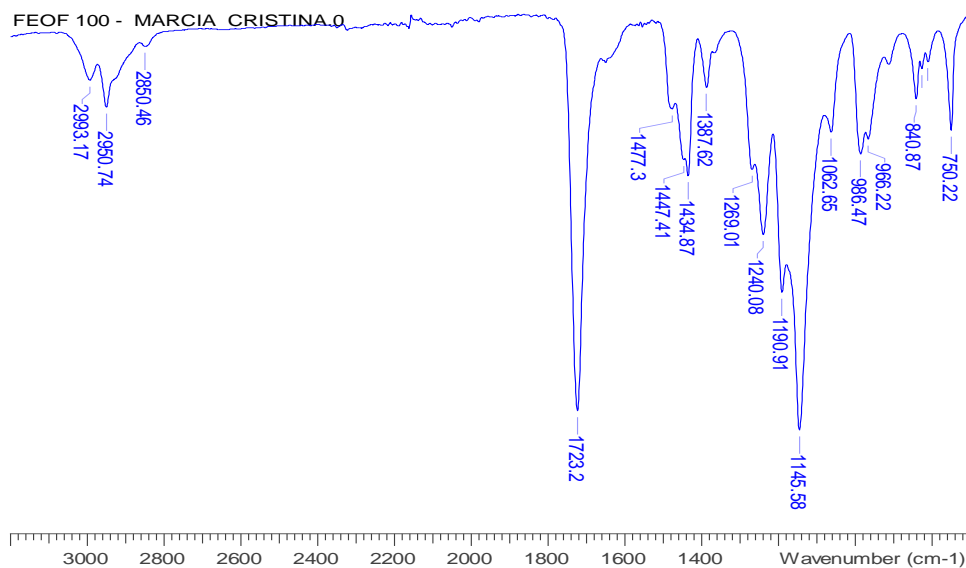


Figura 5. Espectro de Infravermelho do PMAM - feofitinas

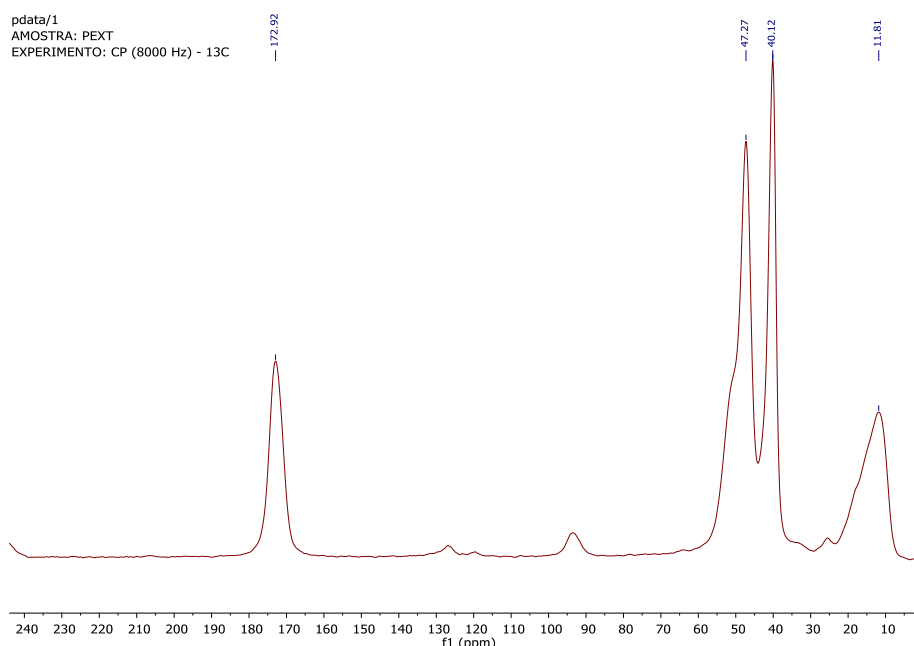


Figura 6. Espectro de RMN ^{13}C do PMAM - feofitinas em fase sólida

Como os espectros por IV e RMN não apresentaram diferenças significativas entre os polímeros obtidos, foi então utilizada a técnica de espectrofotometria de ultravioleta (UV-vis) com o objetivo de se obter informações que confirmem a presença do extrato bruto e da fração rica em feofitinas nestes polímeros.

A transmitância é a fração de luz incidente que para um determinado comprimento de onda passa através de uma amostra. A transmitância de um polimetacrilato pode diminuir com a adição de moléculas que contêm elétrons em órbitas externas, já que estes elétrons podem absorver energia eletromagnética de luz incidente.¹⁵

As transmitâncias foram medidas a partir das emulsões dos polímeros, por ser uma emulsão, foram obtidos valores baixos de transmitância nos comprimentos de onda observados. Verifica-se também que o polímero obtido com adição da fração rica em

feofitinas obteve menores valores de transmitância em comparação com o PMAM (Figura 7). A diferença entre os valores de transmitância entre o PMAM e PMAM - feofitinas pode ser explicada pela propriedade física que as feofitinas apresentam em absorver luz na região do visível. O anel porfirínico presente nas feofitinas, possui elétrons π que passam para nível mais alto de energia pela absorção da energia eletromagnética da luz incidente, não ocorrendo o processo de emissão.

A análise das curvas de absorção dos polímeros no estado sólido mostra o efeito hipercrômico da curva do PMAM - feofitina quando comparada a curva do PMAM. O PMMA possui menor absorção devido à ausência de cromóforos,¹⁵ já no PMAM - feofitina o anel porfirínico é o cromóforo responsável pelo aumento da absorção (Figura 8).

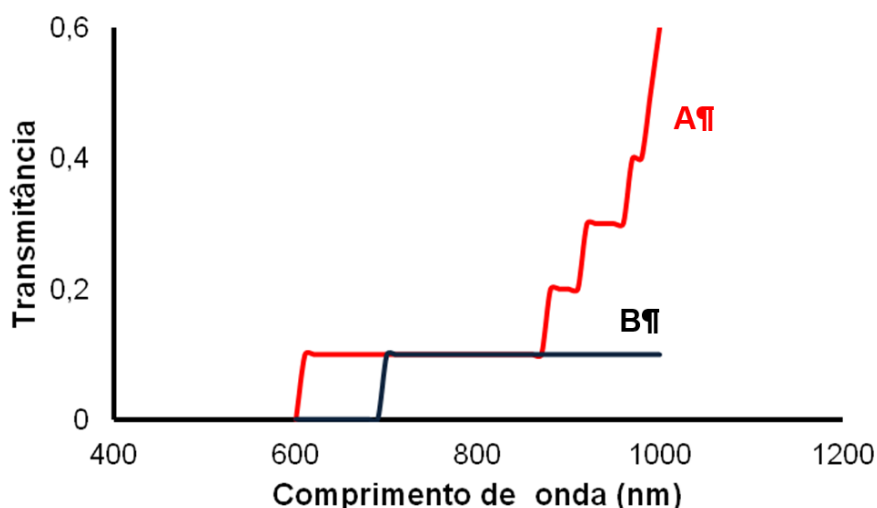


Figura 7. Curva de transmitância para o PMAM (A) e PMAM – feofitinas (B)

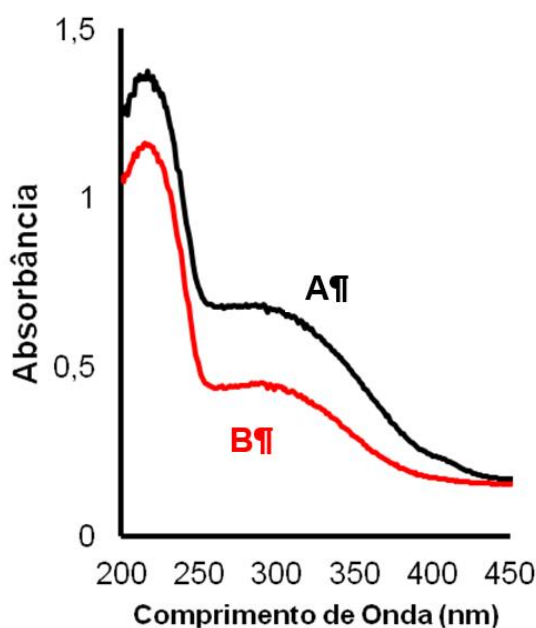


Figura 8. Curvas de reflectância difusa: PMAM (B) e PMAM – feofitinas (A)

3.3. Papel reciclado e suas características físicas

O papel termossensível consiste em um papel com características especiais, no qual a impressão ocorre através da aplicação de calor e mudança de cor nas áreas submetidas ao calor. Tem sido usado principalmente em notas fiscais e recibos de transações bancárias, gerando resíduo alto ao meio

ambiente. O processo de reciclagem do papel termossensível foi realizado utilizando água destilada e polímeros em solução recém-formados de modo a corresponderem a 10 % em massa em relação à água e a massa do papel. A reciclagem usando somente água destilada serviu como amostra de controle do processo.

A adição de polímeros ao processo de reciclagem aumentou a dureza do papel em

comparação com o papel reciclado somente com água destilada (padrão). Também foi observado um aumento na densidade do papel, o que pode implicar na criação de uma camada de polímero entre as fibras do papel. A ação da luz sobre os papeis recicláveis,

através da exposição a lâmpadas incandescente, mostra que o papel reciclado com PMAM-feofitinas é mais resistente à fotodegradação, enquanto o papel reciclado somente com o PMAM apresentou amarelamento (Figuras 9 e 10).

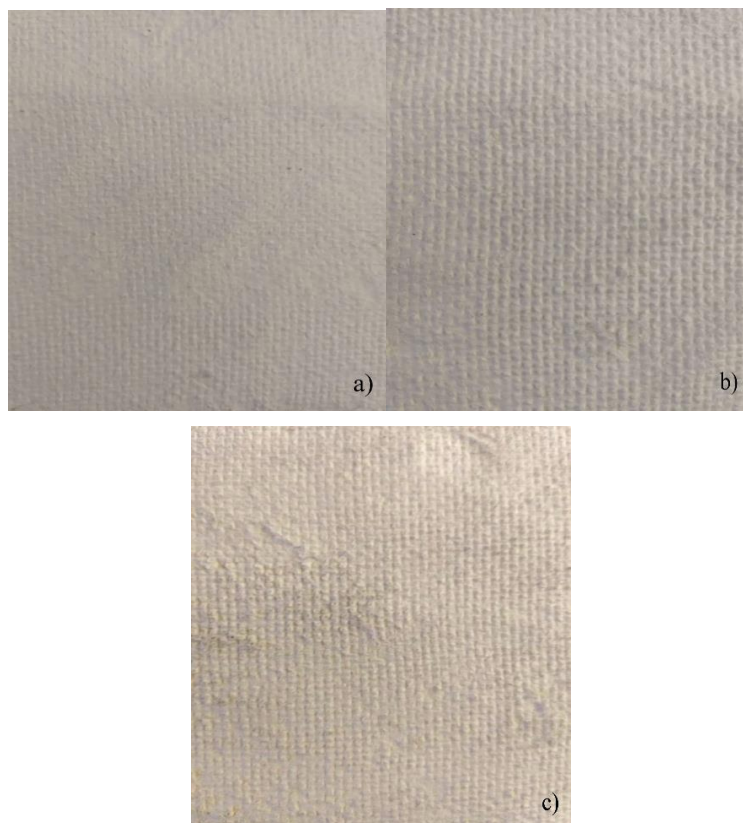


Figura 9. Foto dos papeis reciclados nas dimensões de 5,0 x 5,0 cm: a) Padrão com água; b) PMMA puro; c) PMMA – feofitinas



Figura 10. Foto nas dimensões de 3,0 x 3,0 cm dos papeis reciclados expostos à luz artificial: a) padrão em água; b) PMAM– feofitinas; c) PMAM

Foi testada a capacidade de absorção e resistência dos papeis reciclados nos solventes comuns ao dia a dia sendo estes:

água, álcool etílico e querosene. Os papeis foram pesados antes a adição aos solventes e após a secagem, onde não se observou

variação de massa. Isso indica que o papel não se dissolveu na exposição a quaisquer dos solventes, demonstrando alta resistência. A capacidade de absorção do solvente foi

verificada simplesmente pela diferença do volume do solvente em recipiente graduado, antes e após a submersão dos papéis no recipiente (Tabela 1).

Tabela 1. Absorção de Solventes e massas dos papéis reciclados antes e após contato com os solventes orgânicos

Papéis reciclados	Massa (g) / Volume absorvido (mL)		
	Água	Etanol	Querosene
Papel reciclado em H ₂ O	0.180/0.5	0.180/0.5	0.180/0.5
PMAM	0.186/1.4	0.182/1.4	0.193/0.8
PMAM - Feofitina	0.175/1.6	0.180/1.6	0.192/1.2

Foi observado que as absorções de água destilada e etanol foram proporcionais em ambos os papéis, ao passo que a absorção de querosene foi menor para o PMAM. Isso pode ser explicado pelo fato que os PMAM são menos resistentes as solventes polares, tais como etanol e água, já com a adição do extrato rico em feofitinas ao PMAM, diminui a polaridade do material, aumentando assim a afinidade com o querosene.

como exemplo a água utilizada na produção a partir da celulose. Sendo assim, o papel termossensível, oriundo principalmente dos descartes de extratos bancários e recibos emitidos pelas máquinas de cartão de crédito e notas do comércio, pode ser reciclado com PMAM – feofitinas, gerando um material com características adequadas para papéis absorventes, usados principalmente para limpeza de ambientes e como embalagens para produtos que sejam sensíveis a fotodegradação.

4. Conclusões

O polímero com a fração rica em feofitinas apresenta a propriedade de maior absorção de luz, implicando em uma menor transmitância e maior refletância. Os polímeros com extratos ricos em feofitinas podem ser melhores bloqueadores de luz. Este fato foi confirmado com a aparência dos papéis após a exposição à luz incandescente.

O PMAM – feofitina apresentou maior afinidade ao solvente lipofílico, com a propriedade de não perder massa quando em contato com este solvente.

A reciclagem de papel é muito importante na procura pela sustentabilidade. Uma tonelada de aparas pode evitar o corte de 10 a 12 árvores oriundas de reflorestamentos fazendo com que se economizem os insumos,

Agradecimentos

Este trabalho recebeu financiamento do CNPq via fomento de bolsa de Iniciação Científica (PIBIC–UFRRJ) ao discente do curso de engenharia química Luan Dutra.

Referências Bibliográficas

¹ Indústria Brasileira de Árvores – IBA. Relatório IBA 2015. Brasília, 2015. Disponível em: <https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf> Acesso em: 13 agosto 2019.

- ² Associação Nacional de Aparistas de Papel – ANAP, Relatório Estatístico Anual 2015-2016. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.anap.org.br/anap/wp-content/uploads/2017/09/Relat%C3%B3rio-Estat%C3%ADstico-2016.pdf>> Acesso em: 13 agosto 2019.
- ³ Hermosilla, J. C.; Del Rio, D.; Konolla, D. Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies, *Journal of Cleaner Production*. **2010**, *18*, 1073. [CrossRef]
- ⁴ Inácio, J.; Costa, M. N.; Veigas, B.; Jacob, J. M.; Santos, D. S.; Gomes, J.; Baptista, P. V.; Martins, R.; Fortunato, E. A low cost, safe, disposable, rapid and self-sustainable paper-based platform for diagnostic testing: lab-on-paper. *Nanotechnology* **2014**, *25*, 1. [CrossRef]
- ⁵ Machado, G. B. Reciclagem de papel, 2013. Disponível em: <<http://www.portalresiduossolidos.com/reciclagem-de-papel-2/>> Acesso em: 13 agosto 2019.
- ⁶ Ali, U.; Karim, K. J. B. A.; Buang, N. A. A Review of the Properties and Applications of Poly (Methyl Methacrylate) (PMMA), *Polymer Reviews* **2015**, *55*, 678. [CrossRef]
- ⁷ Wang, B.; Wang, Y.-P.; Zhou, P.; Luo, S.-Z.; Chu, W.; Guo, Z. Formation of poly (acrylic acid)/alumina composite via in situ polymerization of acrylic acid adsorbed within oxide pores. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, [S.L.]. **2016**, *514*, 168. [CrossRef]
- ⁸ Resinex. PMMA – Polimetilmetacrilato. Disponível em: <<http://www.resinex.pt/tipos-de-polimeros/pmma.html>> Acesso em: 13 agosto 2019.
- ⁹ Amorim, A. P. O.; Carvalho-JR, A. R.; Lopes, N. P.; Castro, R. N. Oliveira, M. C. C.; Carvalho, M. G. Chemical compounds isolated from *Talinum triangulare* (Portulacaceae). *Food Chemistry* **2014**, *160*, 204. [CrossRef]
- ¹⁰ Chaves, O. A.; Amorim, A. P.; Castro, L. H. E.; Sant'anna, C. M. R.; Oliveira, M. C. C.; Cesarin-Sobrinho, D.; Netto-Ferreira, J. C.; Ferreira, A. B. B. Fluorescence and Docking Studies of the Interaction between Human Serum Albumin and Pheophytin. *Molecules* **2015**, *20*, 19526. [CrossRef]
- ¹¹ Guertin, J.; Jacobs, J. A.; Avakian, C. P.; *Chromium (VI) Handbook*. CRC Press Inc: Boca Raton, 2004.
- ¹² Deus, J. F.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Paraná, Brasil, 2003. [Link]
- ¹³ Singhal, A.; Dubey, K. A.; Bhardwaj, Y. K.; Jain, D.; Choudhury S.; Tyagia, A. K. UV-shielding transparent PMMA/In₂O₃ nanocomposite films based on In₂O₃ nanoparticles. *RSC Advances* **2013**, *3*, 20913. [CrossRef]
- ¹⁴ Santos, F. C.; Harb, S. V.; Menu, M.-J.; Turq, V.; Pulcinelli, S. H.; Santillia, C. V.; Hamme P. On the structure of high performance anticorrosive PMMA-siloxane-silica hybrid coatings. *RSC Advances* **2015**, *5*, 106754. [CrossRef]
- ¹⁵ Najeeb, H. N.; Balakit, A. A.; Wahab, G. A.; Kodeary, A. K. Study of the optical properties of poly (methyl methacrylate) (PMMA) doped with a new diarylethen compound. *Academic Research International* **2014**, *5*, 48. [Link]