

MORFOLOGIA E BIODEGRADAÇÃO DE MATERIAIS A BASE DE POLÍMEROS NATURAIS PARA FERTILIZANTES DE EFICIÊNCIA APRIMORADA

**RAYAN NASCIMENTO TEIXEIRA¹, ALESSANDRA PETRUZ², ROSELENA FAEZ³,
CLAUDINEI FONSECA SOUZA⁴.**

¹ Graduando em Engenharia Agrônômica, Depto. de Recursos Naturais e Proteção Ambiental, CCA/UFSCar, Araras-SP.

² Química, Mestranda em Agricultura e Ambiente, Programa de Pós Graduação em Agricultura e Ambiente, CCA/UFSCar, Araras-SP.

³ Química, Prof.^a Assist. Doutora, Depto. de Ciências da Natureza, Matemática e Educação, CCA/UFSCar, Araras-SP.

⁴ Eng. Agrônomo, Prof. Assist. Doutor, Depto. de Recursos Naturais e Proteção Ambiental, CCA/UFSCar, Araras-SP, cfsouza@ufscar.br.

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: A gestão inapropriada dos resíduos plásticos usados na agricultura associado à alta necessidade de fertilização do solo tem acarretado diversos impactos negativos ao ambiente. Alternativas para reduzir estes problemas vem sendo realizadas com materiais que utilizem eficientemente o fertilizante e sem geração de resíduos. Neste sentido, propõe-se neste trabalho a obtenção e otimização de um filme contendo os polímeros naturais alginato (Alg), carragena (Kc) e celulose nanofibrilada (CNF) aditado com macro e micronutrientes com características físicas e de biodegradabilidade satisfatórias para a confecção de envoltos para recipientes de propagação vegetal de antúrios. Os filmes envoltos foram obtidos por “casting” e as propriedades de liberação do nutriente e biodegradação foram avaliadas e inter-relacionadas com a estrutura química. A biodegradação foi determinada pelo método respirométrico de Bartha e Pramer em laboratório, onde, a presença da água e à liberação dos fertilizantes no substrato, permitiram o crescimento dos microrganismos pela disponibilidade de nutrientes e condições favoráveis para seu desenvolvimento. Associando a morfologia do envolto disponibilizada pela análise de microscopia eletrônica de varredura verifica-se que o envolto com a maior concentração do fertilizante apresentou maior presença de fungos e maior degradação de suas estruturas. Conclui-se que o material desenvolvido apresentou características físicas, com resistência e biodegradabilidade, para armazenar e disponibilizar fertilizantes.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura sustentável, materiais biodegradáveis, propagação vegetal.

MORPHOLOGY AND BIODEGRADATION OF MATERIALS BASED ON NATURAL POLYMERS FOR IMPROVED EFFICIENCY FERTILIZERS

ABSTRACT: The inappropriate management of plastic waste used in agriculture, associated with the high need for soil fertilization, has led to several negative impacts on the environment. Alternatives to reduce these problems have been carried out with materials that use fertilizer efficiently and without generating waste. In this sense, it is proposed in this work to obtain and optimize a film containing the natural polymers Alginate (Alg), Carrageenan (Kc) and nanofibrillated cellulose (CNF) added with macro and micronutrients with satisfactory physical and biodegradability characteristics for the manufacture of envelopes for containers for plant propagation of anthuriums. The wrapped films were obtained by "casting" and the nutrient release and biodegradation properties were evaluated and interrelated with the chemical structure. Biodegradation was determined by the respirometric method of Bartha and Pramer in the laboratory, where the presence of water and the release of fertilizers in the substrate allowed

the growth of microorganisms due to the availability of nutrients and favorable conditions for their development. Associating the morphology of the envelope made available by scanning electron microscopy analysis, it is possible to notice that the envelope with the highest concentration of fertilizer showed a greater presence of fungi and greater degradation of its structures. It is concluded that the developed material presented physical characteristics, with resistance and biodegradability, to store and make available fertilizers.

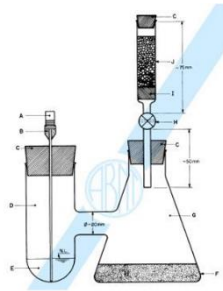
KEYWORDS: sustainable agriculture, biodegradable materials, plant propagation.

INTRODUÇÃO: Atualmente têm-se procurado reverter as ações antrópicas que são responsáveis por alterações preocupantes no ambiente, sendo uma das maiores preocupações a gestão inadequada de resíduos plásticos (IPEA, 2018). Segundo o WWF (2019), o Brasil é o 4º país com maior geração de resíduos plásticos do mundo, 11,3 milhões de toneladas são gerados e apenas 145 mil toneladas são recicladas. Além do descarte incorreto dos resíduos plásticos no campo, outro ponto preocupante é o uso exacerbado de fertilizantes, estes podem causar danos ambientais devido à alta concentração no solo que através da lixiviação podem contaminar corpos d'água (REETZ, 2017). Diante da alta necessidade nutricional ou de fertilização do solo atrelado a busca pelo desenvolvimento de um recipiente para a propagação vegetal do antúrio que minimize custos e ao mesmo tempo não agrida o ambiente, uma hipótese de solução para a essa problemática é a utilização de recipientes compostos por materiais biodegradáveis e fertilizantes de eficiência aprimorada (EEF). O antúrio possui importância econômica, sendo muito utilizado para a decoração de ambientes como planta ornamental. Neste sentido, propõe-se neste trabalho a obtenção e otimização de um filme contendo os polímeros naturais alginato (Alg), Carragena (Kc) e celulose nanofibrilada (CNF) aditado com macro e micronutrientes com características físicas e de biodegradabilidade satisfatórias para a confecção de envoltos para recipientes de propagação vegetal de antúrios.

MATERIAL E MÉTODOS: Preparo e Otimização dos filmes/compósitos: Os materiais são denominados Ferti 0,4 (concentração de fertilizantes referente a 0,4 dS m⁻¹), Ferti 0,8 (concentração de fertilizantes referente a 0,8 dS m⁻¹), Ferti 1,2 (concentração de fertilizantes referente a 1,2 dS m⁻¹) e Ferti 1,6 (concentração de fertilizantes referente a 0,4 dS m⁻¹). Para a realização dos filmes/compósitos previamente estudados foi otimizado a proporção de fertilizantes antes de aplicá-lo em campo. Primeiramente, os concentrados de Kc e Alg foram dispersos separadamente em água destilada a 3% em massa sob agitação magnética a 80 °C e 70 °C por 24 h, respectivamente. Em seguida, as misturas de Kc /Alg na proporção percentual de massa 40/60 foram agitadas mecanicamente (1000 rpm) por 30 min a 70 °C com base nos trabalhos de ULRICH & FAEZ (2022), PAŞCALĂU et al. (2012) e YE et al. (2017). Após, adicionou-se a concentração de fertilizantes à solução de Kc/Alg com 30 min de homogeneização seguindo da adição da suspensão de CNF (2,8% em massa de teor de sólido) em concentrações de 4% (m/m) deixando mais 30 min de agitação. A seguir, foi adicionado o glicerol (30% em massa) e cloreto de cálcio (0,5% em massa), sob agitação mecânica por 1 h, em sequência foram vertidas em suportes com ranhuras para desenvolvimento das raízes, e secas em estufa a 37 °C por 16 h. Foram realizadas três repetições deste procedimento para cada unidade amostral representada acima.

Biodegradabilidade dos compósitos: A análise de biodegradação foi baseada na metodologia da ABNT (1999), NBR 14283 – Determinação da biodegradação pelo método respirométrico de Bartha. O teste foi realizado utilizando o recipiente de Bartha (vidraria específica para este ensaio, observada na Figura 1. O estudo foi realizado visando a determinação do índice de biodegradação da matéria orgânica através da quantidade de gás carbônico (CO₂) produzida pelos microrganismos, em condições padronizadas, sendo desenvolvido em substrato (turfa de sphagnum). Os recipientes contendo substrato (10 g), aditados com o envolto (0,2 g) e água

(capacidade de campo 0,5 ml), foram colocados em incubadora refrigerada (BOD - Tecnal TE-371) a 28 °C. O teste desenvolveu-se em triplicata por um período de 80 dias. O CO₂ produzido por biodegradação fora calculado por titulação volumétrica ácido-base padrão. A medição de CO₂ inicialmente era diária, diminuindo a sua frequência conforme a redução do processo de produção.



*A - Tempo da câmara; B - Câmara (Ø entre 1 mm e 2 mm), com canhão Luer; C - Rolha de borracha; D - Braço lateral (Ø - 40 mm; H - 100 mm); E - Solução de KOH; F - Solo; G - Frasco de Erlenmeyer (250 mL); H - Válvula; I - Suporte (B de vidro ou algodão); J - Filtro de ascárita (Ø - 15 mm; H - 40 mm)

FIGURA 1. Vista em corte de um respirômetro. ABNT, 1999.

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV): A análise foi realizada na Universidade Federal de São Carlos - UFSCar campus Araras, utilizando o Microscópio Eletrônico de Varredura (SEM) Thermo Scientific Prisma E, em tensão de 10 Kv para superfície e na magnificação de 500 vezes. As amostras do envolto foram metalizadas com ouro e padronizadas com comprimento e largura de 1 x 1 cm, sendo coladas ao stub com fita dupla face de carbono, em busca da identificação de estruturas e microrganismos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Figura 2 são apresentados a liberação de CO₂ em função do tempo e imagens de microscopia referentes biodegradação do material proposto para a confecção dos envoltos enriquecidos com fertilizantes para liberação controlada de nutrientes no solo.

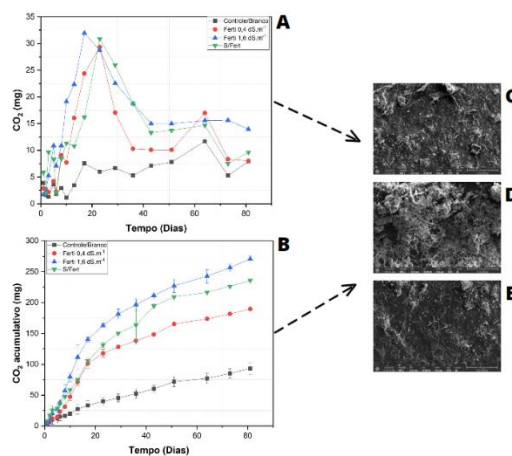


FIGURA 2. Biodegradação diária (A) em CO₂ (mg), Biodegradação acumulativa (B), MEV (C, D e E) das amostras Ferti 0,4, Ferti 1,6 e S/Ferti, respectivamente.

A análise diária de biodegradação permitiu avaliar que a amostra Ferti 1,6 dS m⁻¹ apresentou um pico de liberação de 32 mg de CO₂ após 17 dias do início da biodegradação, enquanto a liberação da amostra Ferti 0,4 dS m⁻¹, com menor concentração de fertilizantes, apresentou um pico de 29 mg de CO₂, após 23 dias. Segundo Angelo et al. (2021), a taxa de liberação de CO₂ está diretamente ligada à interação dos microrganismos com o meio, onde a maior taxa de liberação CO₂ significa maior biodegradabilidade do material, portanto a presença da água e à liberação dos fertilizantes no substrato, permitem o crescimento dos microrganismos pela disponibilidade de nutrientes e condições favoráveis para seu desenvolvimento. Arelado às análises de biodegradação é possível relacionar a morfologia do envolto pelas imagens

disponibilizadas pelo Microscópio Eletrônico de Varredura (SEM), onde a maior concentração do fertilizante apresentou maior presença de fungos e maior degradação das estruturas do envolto. Como resultados obtidos é possível caracterizar os compósitos como biodegradáveis, pela capacidade de sofrer degradação pela ação de microrganismos, sendo assim a quantidade de nutrientes entregue será absorvida pela planta e a matriz irá se degradar sem deixar resíduos no substrato.

CONCLUSÕES: Conclui-se que o material desenvolvido apresentou características físicas, com resistência e sustentabilidade favoráveis. Sendo passível de ser biodegradado e utilizado como envolto para mudas de antúrio, busca-se finalizar as análises do material e dar prosseguimento com o experimento para melhor avaliação da liberação de fertilizantes e sua influência.

AGRADECIMENTOS: À UFSCar, ao CNPq e FAPESP (Processo: 2022/11028-2).

REFERÊNCIAS:

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14283: Resíduos em solos - Determinação da biodegradação pelo método respirométrico. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ANGELO, L.M.; FRANÇA, D; FAEZ, R. Biodegradation and viability of chitosan-based microencapsulated fertilizers. *Carbohydrate Polymers*. v. 257, 117635, 2021.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. ODS – Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Brasília: Ipea, 2018.

PAȘCALĂU, V.; POPESCU, V.; POPESCU, G.L.; DUDESCU, M.C.; BORODI, G.; DINESCU, A.; PERHAIÑA, I.; PAUL, M. The alginate/k-carrageenan ratio's influence on the properties of the cross-linked composite films. *Journal of Alloys and Compounds*, v. 536, p. 418-423, 2012.

REETZ, H.F. Fertilizantes e o seu uso eficiente. São Paulo: Anda, 2017. 178p.

ULRICH, G.D.; FAEZ, R. Thermal, Mechanical and Physical Properties of Composite Films Developed from Seaweed Polysaccharides/Cellulose Nanofibers. *Journal of Polymers and the Environment*, v. 30, p. 3688–3700, 2022.

WWF - World Wide Fund for Nature. Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico. 2019. WWF. Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>>. Acesso em: 8 jun. 2022.

YE, Z.; MA, P.; TANG, M.; LI, X.; ZHANG, W.; HONG, X.; CHEN, X.; CHEN, D. Interactions between calcium alginate and carrageenan enhanced mechanical property of a natural composite film for general packaging application. *Polymer Bulletin*, v. 74, n. 8, p. 3421-3429, 2017.