



## Estudo de liberação do Rincoforol adsorvido em carvão ativado do endocarpo do coco de dendê

### Release study Rincoforol adsorbed on activated carbon of the palm oil endocarp

Alex Tenório de Meneses<sup>(1)</sup>; Milena Alves dos Santos<sup>(2)</sup>;  
Larissa Lima de Arruda Melo<sup>(3)</sup>; Rodolfo Junqueira Brandão<sup>(4)</sup>;  
João Inácio Soletti<sup>(5)</sup>, Henrique Fonseca Goulart<sup>(6)</sup>

<sup>(1)</sup> ORCID n° <https://orcid.org/0000-0002-8541-6907>, Estudante; Universidade Federal de Alagoas - UFAL; Maceió, Alagoas; Brasil. alex.tenorio.eng@hotmail.com;

<sup>(2)</sup> ORCID n° <https://orcid.org/0000-0003-2466-5413>, Estudante; Universidade Federal de Alagoas - UFAL; Maceió, Alagoas; Brasil. milenaalves\_ma@hotmail.com;

<sup>(3)</sup> ORCID n° <https://orcid.org/0000-0002-6978-2739>, Estudante; Universidade Federal de Alagoas - UFAL; Maceió, Alagoas; Brasil. arruda.melo2601@gmail.com;

<sup>(4)</sup> ORCID n° <https://orcid.org/0000-0002-9949-093X>, Professor; Universidade Federal de Alagoas - UFAL; Maceió, Alagoas; Brasil. rodolfo.brandao@ctec.ufal.br;

<sup>(5)</sup> ORCID n° <https://orcid.org/0000-0002-7758-9939>, Professor, Universidade Federal de Alagoas - UFAL; Maceió, Alagoas; Brasil. jsoletti@ctec.ufal.br;

<sup>(6)</sup> ORCID n° <https://orcid.org/0000-0003-0532-6133>, Professor, Universidade Federal de Alagoas - UFAL; Maceió, Alagoas; Brasil. fonsecagoulart@gmail.com.

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

Recebido em: 14 de dezembro de 2020; Aceito em: 24 de março de 2021; publicado em 31/05/2021. Copyright© Autor, 2020.

**RESUMO:** Dentre os métodos de controle da propagação da doença do anel-vermelho, o uso de feromônios associado às armadilhas com alimentos tem se mostrado eficiente na captura do inseto-praga. O feromônio utilizado é denominado como Rincoforol e é disponibilizado em microtubos. Estudos estão em desenvolvimento para aplicar o agente de captura em matrizes sólidas. Nesse contexto, o presente trabalho foi realizado a fim de avaliar a capacidade adsorptiva do carvão ativado do endocarpo do coco de dendê na incorporação do Rincoforol para liberação controlada do feromônio em campo. Para isso, foi realizado um planejamento experimental completo (2<sup>3</sup>) a fim de avaliar a influência do uso de estabilizante junto ao feromônio, da granulometria do carvão ativado e do número de furos do sachê no processo de liberação, obtendo como resposta a perda de massa. Verificou-se que a condição que favorece a liberação controlada do feromônio, ao comparar com a liberação realizada em eppendorf, foi o uso do Rincoforol formulado (com estabilizante) adsorvido em carvão com menor granulometria (35 <  $\phi$  < 28 mesh) e sachê com 5 furos, condição encontrada no experimento de número 3, o qual apresentou uma menor perda de massa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Feromônio; Adsorção; Planejamento Experimental.

**ABSTRACT:** Among the methods of controlling the spread of red ring disease, the use of pheromones associated with food traps has been shown to be very efficient in capturing the pest insect. The pheromone used is called Rincoforol and is available in microtubes. Studies are under development to apply the capture agent to solid matrices. In this context, the present work was carried out in order to evaluate the adsorptive capacity of the activated carbon of the palm oil endocarp in the incorporation of Rincoforol for controlled release of pheromone in the field. For this, a complete experimental planning (2<sup>3</sup>) was carried out in order to evaluate the influence of the use of stabilizer with the pheromone, the granulometry of activated carbon and the number of holes in the sachet in the release process, obtaining in response to mass loss. It was found that the condition that favors the controlled release of the pheromone, when compared to the release made in eppendorf, was the use of formulated Rincoforol (with stabilizer) adsorbed on charcoal with smaller particle size (35 <  $\phi$  < 28 mesh) and sachet with 5 holes, a condition found in experiment number 3, which showed less loss of mass.

**KEYWORDS:** Pheromone; Adsorption; Design of Experiments.

## INTRODUÇÃO

A cultura do coco (*Cocos nucifera* L.) é bastante desenvolvida em diversos países do mundo, como Índia, Filipinas, México, Sri Lanka, Brasil, dentro outros que apresentam um clima tropical e favoreçam o seu desenvolvimento. Atualmente, o Brasil se destaca como o quinto maior produtor de coco do mundo, contribuindo com 4,5 % da produção mundial em 2020 (BRAINER, XIMENES, 2020).

No entanto, essa cultura sofre constante ameaça ao ataque de inúmeras pragas, dentre elas a que causa danos irreparáveis é a broca-do-olho-do-coqueiro, representada pela espécie *Rhynchophorus palmarum*, responsável pela transmissão da doença do anel vermelho (ARAUJO JUNIOR, 2018). Essa doença é causada pelo nematoide *Bursaphelenchus cocophilus* por causar danos irreparáveis à planta, podendo levá-la a morte (MENDONÇA, 2007). Além de atacar os coqueirais, outros tipos de plantas são ameaçadas, como os dendezeiros (*Elaeis guineensis*) (TIGLIA et al., 1998; CYSNE et al., 2013; BOARI et al., 2016), plantações de cana-de-açúcar, mamoeiro, abacaxizeiro (NAVARRO et al., 2002), entre outras espécies.

Diversos métodos de controle são utilizados no combate à praga, como o método químico (inseticidas), biológico (fungos), cultural (eliminação de plantas contaminadas) e com feromônios, apresentando esse último uma boa resposta ao controle da praga, quando associado com iscas alimentares em armadilhas artesanais distribuídas na área plantada (FONTES; FERREIRA; SIQUEIRA, 2002; FERREIRA et al., 2014).

Atualmente, é utilizado o feromônio do tipo agregação, mais conhecido como Rincoforol, cuja síntese e comercialização são realizadas pela empresa Interacta Química Ltda. Para ser aplicado no campo, o feromônio sintetizado é distribuído em microtubos tipo eppendorf, apresentando um tempo de eficiência de até 90 dias. Contudo, busca-se alternativas para a liberação controlada do Rincoforol.

Matrizes sólidas inorgânicas, como zeólitas, já foram estudadas e obteve-se resultados satisfatórios, com alto potencial de atuarem como dispositivo liberador de Rincoforol (RAMOS, 2012; VIANA, 2018). No entanto, busca-se trabalhar com resíduos agroindustriais, transformando-os em carvão ativado, apresentando assim uma vasta gama de aplicabilidade. Diferentes materiais podem ser utilizados, no entanto, o carvão ativado (CA) do endocarpo do coco de dendê tem despertado interesse por ser um subproduto do fruto de dendezeiros, espécie atacada pelo *R. palmarum*.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo empregar o carvão ativado do endocarpo do coco de dendê como matriz sólida para liberação controlada do feromônio Rincoforol, cuja dispersão será feita em sachês. Para seu desenvolvimento, foi estabelecido um planejamento experimental completo <sup>2</sup> acompanhando o decaimento de massa durante um mês, comparando o resultado com a liberação obtida através do eppendorf.

## REFERENCIAL TEÓRICO

O trabalho desenvolvido teve como objetivo avaliar o potencial adsorptivo do carvão ativado do endocarpo do coco de dendê, atuando como matriz sólida para incorporação do feromônio de agregação Rincoforol, usado no controle da praga *R. palmarum*.

Na literatura foi possível encontrar alguns trabalhos que estudaram a liberação de feromônios em diversas matrizes sólidas. Viana et al. (2018) utilizaram duas matrizes inorgânicas (zeólitas L e Na-magadiita) para liberação controlada de Rincoforol, apresentando resultados satisfatórios quanto à estabilidade do feromônio e durabilidade de atuação no campo, visto que não houve degradação por 180 dias e apresentaram uma cinética de liberação lenta durante o período analisado.

Ramos et al. (2017) utilizaram diversos tipos de zeólitas (ZSM-5 e silicalita-1 na razão molar  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  de 24, 41 e 52) para retardar a liberação de Rincoforol, mas apenas a silicalita-1 (SAR =  $\infty$ ) permitiu recuperar 90 % do feromônio adsorvido, enquanto a ZSM-5 degradou-o completamente.

A fim de avaliar a influência de diversos tipos de dispensadores, Nielsen et al. (2019) testaram sachê comercial, sachê comercial alterado, sacos de polietileno e rolos de algodão na liberação controlada de semioquímicos para captura da praga flores do oeste *Frankliniella occidentalis* (Pergande). O experimento foi realizado em condições controladas (quantidade de semioquímicos, temperatura e fluxo de ar), sendo realizado em laboratório. Para todos os materiais avaliados, identificou-se uma cinética de liberação de ordem zero, calculando-se a taxa de liberação a partir da perda de peso média diária para cada conteúdo, em um intervalo de 24 horas por 21 dias. Os resultados

obtidos desse estudo mostraram que a taxa de liberação é influenciada por diversos fatores, como o material dispersante, a temperatura e o fluxo de ar.

O planejamento fatorial de experimentos pode ser aplicado em diversos tipos de estudos que objetiva investigar as variáveis que exercem maior influência no desempenho de um dado processo (COSTA, 2017; MELO, 2015). Por ser uma técnica estatística robusta e ser amplamente usada em estudos de adsorção, foi montado um planejamento fatorial completo ( $2^3$ ) definindo como variáveis a formulação do produto, a granulometria (área superficial) e a disponibilidade de aberturas disponíveis no envelope de armazenamento (número de furos) para propagação do material no meio ambiente.

## PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

### Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

A análise de espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) permitiu identificar a presença de grupos funcionais presentes na estrutura do carvão ativado do endocarpo do coco de dendê. A amostra foi preparada, triturando o conteúdo e misturando com KBr na proporção de 3% em massa da amostra. A leitura foi realizada em um espectrofotômetro Shimadzu modelo IRPrestige-21, cujo espectro de leitura variou na faixa de 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$  com transmitância de 50 scans.

### Análise Termogravimétrica (TGA)

A fim de avaliar a estabilidade térmica do adsorvente, foi realizada a análise termogravimétrica, utilizando-se uma termobalança Shimadzu modelo DTG-60H. Aferiu-se, aproximadamente, 7 mg do carvão ativado do endocarpo do coco de dendê, submetendo-a a taxa de aquecimento de 10  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , iniciando em 37  $^{\circ}\text{C}$  até 900  $^{\circ}\text{C}$ . Manteve-se a atmosfera inerte (gás nitrogênio) no equipamento, com vazão de 50 mL/min.

## Planejamento Experimental

A fim de avaliar a eficiência do adsorvente como matriz sólida destinada à liberação controlada do Rincoforol, foi realizada a adsorção do feromônio no material adsorvente seguindo um planejamento experimental completo  $2^3$ , realizado em duplicata. Para essa análise, aferiu-se um grama do carvão em sachês plásticos, perfurados com agulhas de mesma espessura, adicionando 700  $\mu\text{L}$  de feromônio, fechando a embalagem em seguida. Os fatores avaliados foram o uso de estabilizante químico, a granulometria do CA e o número de furos efetuados nos sachês, como mostrado na Tabela 1.

**Tabela 1. Planejamento Experimental  $2^3$  para liberação controlada de Rincoforol.**

Níveis	Variáveis		
	Estabilizante	Granulometria do CA	Número de furos do sachê
-1	Sem	35 mesh < $\varnothing$ < 28 mesh	5
+1	Com	$\varnothing > 28$ mesh	15

Fonte: AUTORES, 2020.

Foi construído um suporte para suspensão dos sachês, distando 3 centímetros uns dos outros. Foi registrada a massa inicial de cada amostra, acompanhando o decaimento de massa a cada 24 horas. O experimento foi realizado durante um período de 30 dias e o suporte foi mantido em uma casa de vegetação, simulando a liberação do feromônio em campo e na sombra. Como a casa era gradeada, o material ficou protegido e a circulação de ar manteve-se constante. Ao final do experimento, obteve-se como resposta a porcentagem da perda de massa no período analisado. Na Figura 1a e 1b é possível observar a disposição dos sachês no suporte e o sachê contendo o carvão impregnado com o feromônio.

O número de furos dispostos na tabela 1, foram escolhidos baseados na área do sachê, visando avaliar a influência da área de transferência de massa; Já na granulometria, foi escolhida a fim de avaliar a fração mássica. Tratando-se do intervalo de confiança, foi adotado o valor de 90%, visto que outros estudos voltados a área

ambiental utilizaram do mesmo intervalo de confiança, como o estudo Influência do Período de Centrifugação na Curva de Retenção de Água em solos de Cerrado, realizado por Euzébio Medrado da Silva e Juscelino Antônio de Azevedo (2002).

Os resultados obtidos a partir do planejamento foram analisados através do *software* Statistica 13.0®, permitindo avaliar os fatores significativos do processo.

**Figura 1. a) Suporte para os sachês e b) Sachê com CA + Rincoforol.**



Fonte: AUTORES, 2020.

### Comparação entre os métodos de liberação

Buscando avaliar a eficiência de liberação do Rincoforol impregnado em carvão ativado com a do rincoforol dispensado em microtubo de plástico tipo eppendorf, método atual de comercialização do produto pela empresa Interacta Química Ltda., avaliou-se o decaimento de massa em ambas as amostras durante o tempo do experimento. Para isso, tanto os sachês quanto o eppendorf tiveram suas massas aferidas diariamente, sendo o tratamento dos dados e resultados obtidos realizados no *software* Microsoft Office®, o Microsoft Excel®.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante da revisão efetuada, foi possível definir um estudo de liberação do feromônio Rincoforol, empregando sachês plásticos de polietileno para armazenar o conteúdo dispersante. Pretendendo avaliar a influência de alguns fatores, um planejamento experimental completo (2<sup>3</sup>) foi proposto, aferindo a massa do conteúdo em

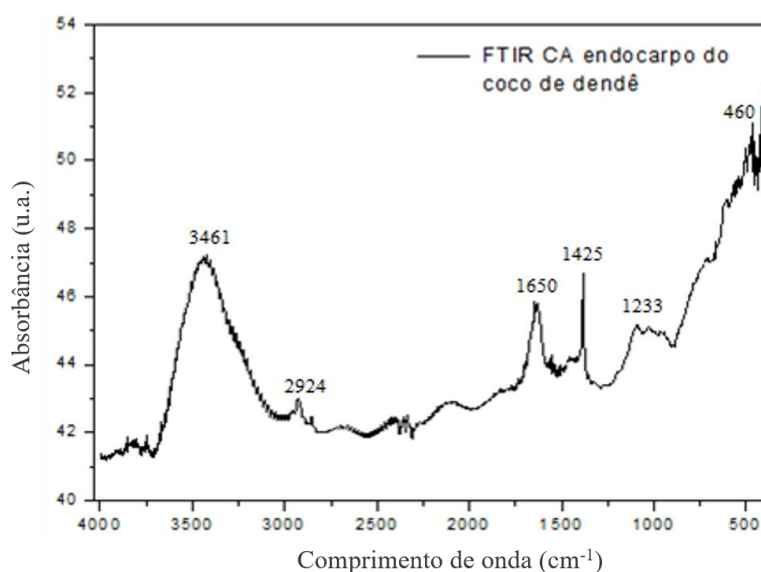
um intervalo de 24 horas por 30 dias, obtendo-se como resposta a perda de massa. Além disso, fez-se uma comparação da liberação observada nos sachês com a do Rincoforol formulado líquido disperso em microtubos plásticos.

### Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

A partir da análise de FTIR é possível identificar grupos funcionais presentes na estrutura do carvão, conforme a Figura 2.

A acentuada banda em torno de  $3461\text{ cm}^{-1}$  corresponde ao estiramento de ligações O-H, indicando a presença de álcoois. A banda menos expressiva entre os comprimentos de onda  $2924$  a  $2850\text{ cm}^{-1}$  e a região entre  $1425$  e  $1370\text{ cm}^{-1}$  estão relacionada às ligações do tipo C-H, característico dos grupos metilas ( $\text{CH}_3$ ) e metileno ( $\text{CH}_2$ ), existentes em grande parte dos espectros de compostos orgânicos. O sinal verificado entre  $1650$  a  $1500\text{ cm}^{-1}$  está associado tanto à presença de grupos  $\text{CH}_2$  e  $\text{CH}_3$  quanto à deformação da ligação O-H originados de grupos fenólicos, os quais também são identificados na região de  $1233\text{ cm}^{-1}$ , banda associada a vibrações de ligações do tipo C-C-O ou C-O (HOFFMANN, 2016). Em torno de  $460\text{ cm}^{-1}$  identifica-se ainda um pico correspondente ao estiramento de ligações C-C (ANDRADE, 2018).

Figura 2. Infravermelho do carvão ativado do endocarpo do coco de dendê.



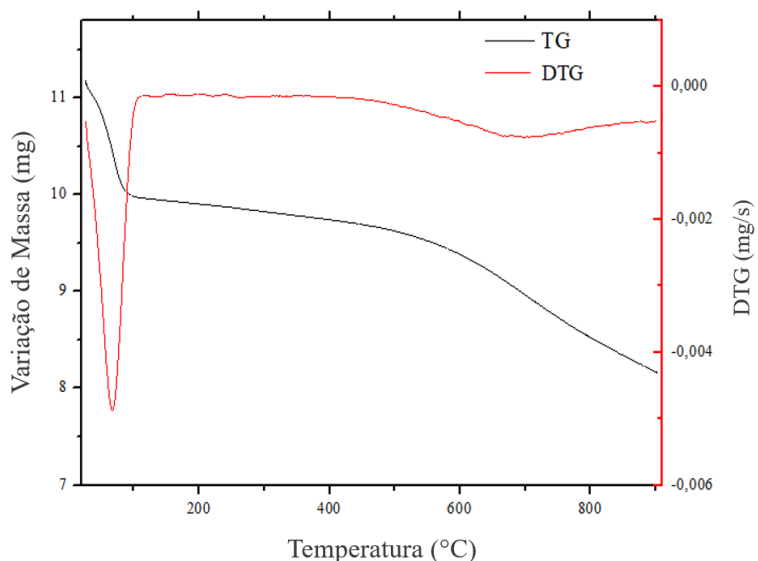
Fonte: AUTORES, 2020.

Diante disso, verifica-se que a estrutura do carvão apresenta grupos orgânicos que permitem uma maior interação entre o adsorvente e o adsorvato, de acordo com o critério de solubilidade. Assim, o Rincoforol pode permanecer por mais tempo adsorvido ao CA, prolongando sua liberação.

### Análise Termogravimétrica (TGA)

A análise termogravimétrica (TGA) permitiu avaliar a estabilidade térmica e o perfil de decomposição do CA do endocarpo do coco de dendê. Como o material é submetido a um aquecimento gradual, verifica-se que em determinadas faixas de temperatura ocorre um decaimento de massa acentuado, conforme apresentado na Figura 3.

**Figura 3. Curvas de TG e DTG do carvão ativado do endocarpo do coco de dendê.**



Fonte: AUTORES, 2020.

A partir do termograma, constata-se um decaimento de massa significativo abaixo de 100 °C. Este comportamento até a temperatura de 100 °C correspondente à eliminação de água, hidrocarbonetos voláteis e resíduos ácidos ativantes. A partir de 400 °C, verifica-se mais uma perda de massa devido à decomposição de compostos orgânicos presentes no material (CAMBUIM, 2009).



## Planejamento Experimental

A partir do planejamento experimental completo realizado para o estudo foi possível avaliar a influência das variáveis investigadas no processo de liberação de Rincoforol adsorvido em carvão ativado do endocarpo do coco de dendê.

Página | 2429

A fim de evitar a obtenção de dados tendenciosos, os testes foram realizados de forma aleatória, como apresentado na Tabela 2, na qual consta os fatores analisados e a distribuição dos níveis ao longo do planejamento, assim como a porcentagem de perda de massa para cada experimento ao final do teste de campo.

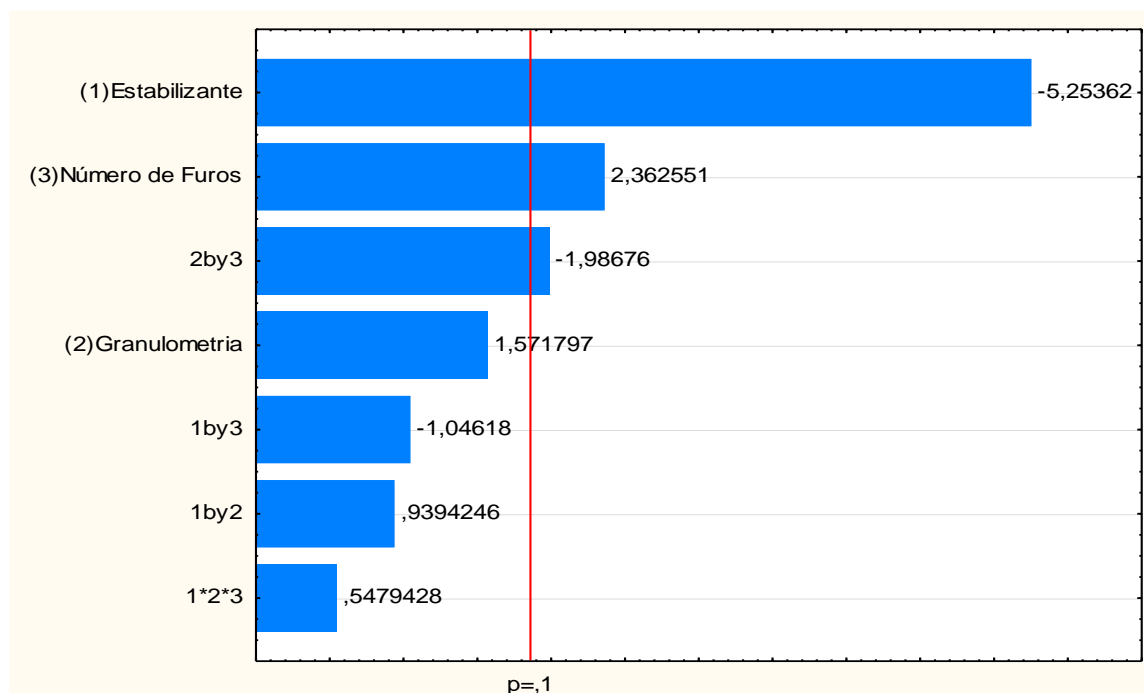
**Tabela 2. Resultados obtidos do planejamento experimental completo 2<sup>3</sup>.**

Ordem dos experimentos	Estabilizante	Granulometria	Nº de furos	% Perda de massa	
1	(-) Sem	(-) 35 < $\phi$ < 28	(-) 5	20,5885	19,1660
3	(+) Com	(-) 35 < $\phi$ < 28	(-) 5	17,5261	18,0369
5	(-) Sem	(+) $\phi$ > 28	(-) 5	22,3170	20,3240
7	(+) Com	(+) $\phi$ > 28	(-) 5	19,2746	19,8885
8	(-) Sem	(-) 35 < $\phi$ < 28	(+) 15	23,8251	21,3463
6	(+) Com	(-) 35 < $\phi$ < 28	(+) 15	18,8103	19,2638
4	(-) Sem	(+) $\phi$ > 28	(+) 15	21,9406	21,4970
2	(+) Com	(+) $\phi$ > 28	(+) 15	19,6919	19,3596

Fonte: AUTORES, 2020.

Utilizando-se o *software* Statistica 13.0, foi possível calcular os efeitos das variáveis e suas interações, cujo resultado pode ser observado no Diagrama de Pareto apresentando na Figura 4.

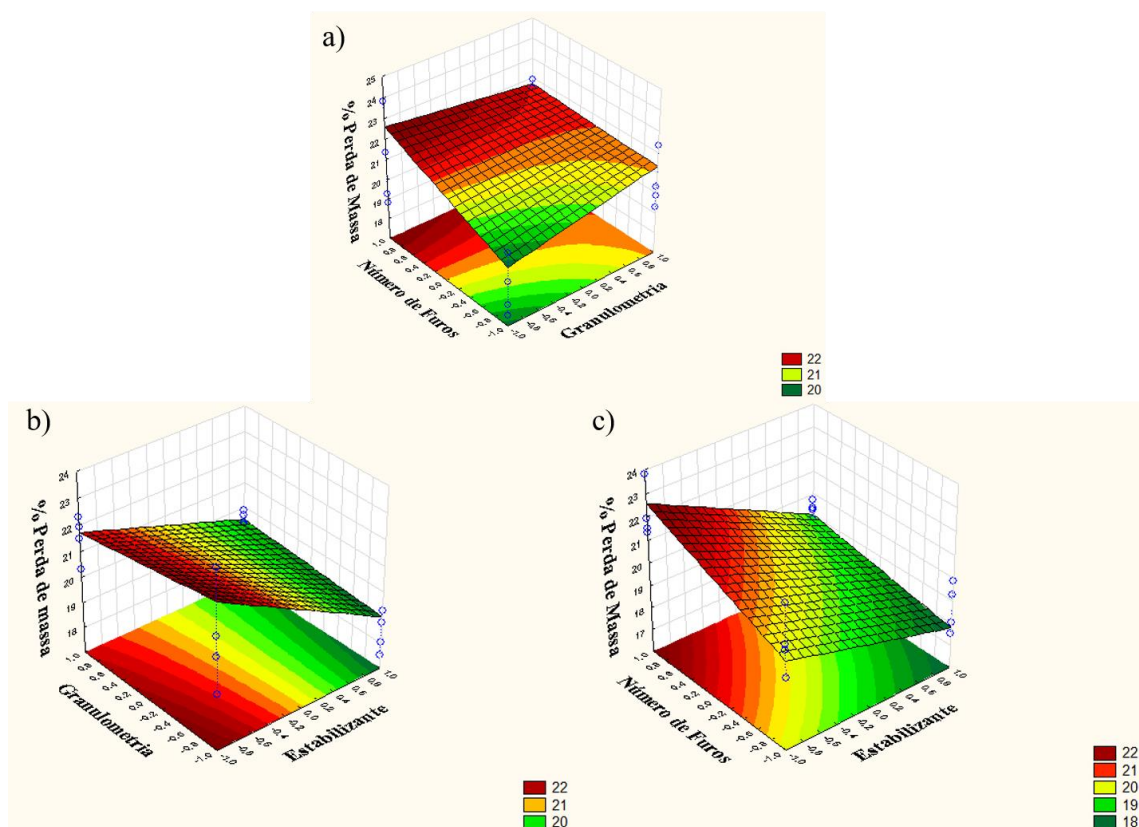
Figura 4. Diagrama de Pareto dos efeitos.



Fonte: AUTORES, 2020.

Este diagrama apresenta o resultado dos efeitos dos fatores e da interação entre eles no processo de liberação do feromônio. De acordo com os cálculos, pode-se afirmar, com 90 % de confiança, que o fator de maior influência é o uso do estabilizante, seguido do número de furos, tendo uma menor contribuição para o processo a interação das variáveis granulometria e número de furos. Como o experimento realizado foi aplicado em uma casa de vegetação destinada a experimentos ambientais, o nível de confiança aplicado é comumente aplicado em estudos afins, que dependem diretamente de fatores climáticos (SILVA; AZEVEDO, 2002).

Figura 5. Gráficos de Superfícies de resposta: a) Número de furos x Granulometria, b) Granulometria x Estabilizante e c) Número de furos x Estabilizante.



Fonte: AUTORES, 2020.

O sinal associado aos valores indicados em cada bloco do diagrama de Pareto indica como os fatores influenciam o processo de liberação do feromônio ao passar do nível inferior ((-1) para o nível superior ((+1). No caso do estabilizante, o sinal negativo indica que ao utilizar rincoforol combinado com o estabilizante a perda de massa sofre uma redução. Esse resultado é comprovado a partir dos valores obtidos para a porcentagem de perda de massa nos experimentos (2, 3, 6 e 7) em que se aplicou o composto (rincoforol + estabilizante), sendo inferiores a 20 %, como pode ser observado na Tabela 2. Como os compostos da formulação contêm substâncias orgânicas que concentram o rincoforol mais na fase líquida do que na fase gasosa, seu uso é positivo para que o produto permaneça por mais tempo no carvão.

Em relação ao número de furos do sachê, observa-se que o aumento dessa variável favorece a liberação do feromônio, como se constata nos experimentos 4 e 8, com uma

média de 22,59 % e 21,72 % de perda de massa, respectivamente, também observado na superfície de resposta da Figura 5c, aliado à ausência de estabilizante. Esse resultado já era previsto, uma vez que triplicando o número de furos aumenta-se a área de transferência de massa entre o carvão e o meio. Então, para se ter uma liberação controlada, deve-se trabalhar com apenas 5 furos para aumentar a permanência dos sachês no campo.

Embora a granulometria sozinha não tenha contribuído significativamente, sua associação com o número de furos influencia significativamente o processo. Quando esses dois fatores passam do nível inferior para o superior, ou seja, quando se trabalha com uma granulometria acima 28 mesh e um sachê que apresenta 15 furos, isso aumenta a perda de massa, como é observado na superfície de resposta da Figura 5a. Resultado semelhante é encontrado comparando o teste 3 com o teste 6 (Tabela 2). Isso indica que uma maior granulometria apresenta uma menor área superficial para a incorporação do feromônio, de modo que boa parte do líquido permaneça na superfície do carvão e disperso no sachê, havendo uma transferência de massa ainda maior.

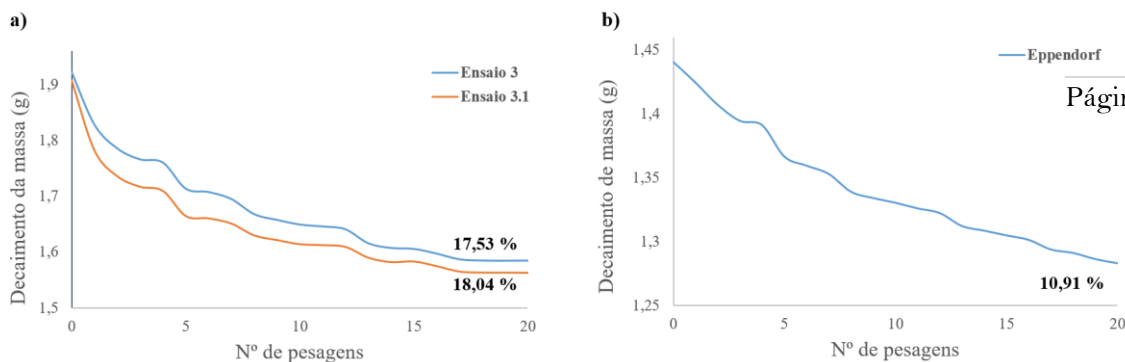
Como já indicado no diagrama de Pareto, a superfície de resposta da Figura 5b evidencia que a interação entre a granulometria e o estabilizante não interfere no processo de liberação.

Como o objetivo desse trabalho é encontrar a condição ótima que favoreça a permanência do rincoforol na matriz sólida por um longo período, analisando os resultados obtidos conclui-se que adsorver o rincoforol formulado no carvão ativado de dendê, na granulometria de entre 35 e 28 mesh, utilizando um sachê com apenas 5 furos, a perda de massa é menos acentuada, como apresentado no experimento 3, alcançando somente 17,78 % em um mês de aplicação.

### **Comparação entre os métodos de liberação**

A fim de avaliar o perfil de liberação de rincoforol contido em eppendorf com o método de liberação utilizando a matriz sólida, foram construídos os gráficos para cada ensaio, mas como apenas o experimento 3 apresentou uma menor perda de massa no período avaliado, comparou-se o seu perfil de decaimento de massa com o da ampola, conforme apresentado na Figura 6.

**Figura 6. Gráfico do a) Decaimento de massa de Rincoforol observado no experimento 3 e b) Decaimento de massa de Rincoforol observado no eppendorf.**



Fonte: AUTORES, 2020.

A partir dos resultados obtidos, verifica-se que a liberação do feromônio armazenado em eppendorf é mais lenta do que na matriz sólida contida em sachês. Isso deve-se ao fato de o eppendorf apresentar apenas um furo em sua tampa, por meio do qual o feromônio se propaga. Já nos sachês pode haver 5 ou 15 furos para ambas as laterais, totalizando 10 ou 30 orifícios pelos quais o rincoforol se dissemina.

No caso do experimento 3, os sachês das duplicatas contém apenas 5 furos, fator que contribuiu para um decaimento de massa menor que nos demais ensaios. O perfil de decaimento das duplicatas deste ensaio apresentaram comportamentos semelhantes e alcançaram perda de massa próxima para as amostras 3 e 3.1, de 17,53 % e 18,04 %, respectivamente. Embora esses valores sejam um pouco mais altos que o obtido para a ampola (10,91 %), os valores não apresentam uma discrepância grande, levando em conta suas condições experimentais. Observa-se que o perfil de decaimento de massa para o eppendorf apresenta uma tendência linear, diferente do experimento feito em sachês, com uma tendência constante após o 17º dia de pesagem. Então, para fazer uma avaliação mais completa é imprescindível que o tempo de coleta de dados seja estendido por mais tempo, acompanhando além desses parâmetros, outros fatores que podem interferir no processo de liberação.

Analisando os resultados obtidos, verifica-se que o tipo de dispensador influencia diretamente a taxa de liberação do feromônio, associado a outros fatores, como a temperatura do ambiente em que se realiza o experimento e as características físico-químicas do composto a ser disperso (Nielsen et al., 2019).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do estudo realizado, pode-se afirmar que o carvão ativado do endocarpo do coco de dendê apresenta alto potencial como matriz sólida para liberação controlada do feromônio de agregação rincoforol. Esse fato pode ser afirmado a partir do estudo de perda de massa dos 9 experimentos, ressaltando o sachê 3 com 17,78 % de perda em relação ao sachê 8 com 22,58 %. Essa diferença dar-se-á variação do número de furos e ao uso de estabilizante.

A partir do planejamento experimental realizado, verificou-se que o uso de estabilizante favorece uma liberação mais controlada do feromônio, aliado ao menor número de furos no sachê e com a menor granulometria do carvão. Tais variáveis significativas são determinantes para os resultados obtidos, visando um modelo de maior custo-benefício na dispersão do rincoforol.

Comparando a liberação do sachê com a do eppendorf, verifica-se que em um mês, o rincoforol do eppendorf apresenta uma menor taxa de evaporação. Para avaliar a durabilidade dos sistemas no campo, o experimento revelou a tendência linear da liberação de rincoforol no eppendorf com 10,91 % de perda de massa, comparado ao experimento 3 que obteve 17,78 %, com evaporação constante apenas a partir do 17º dia.

## REFERÊNCIAS

1. ÁLVAREZ, S.; RIBEIRO, R. S.; GOMES, H. T.; SOTELO, J. L.; GARCÍA, J. (2015). *Synthesis of carbon xerogels and their application in adsorption studies of caffeine and diclofenac as emerging contaminants*. Chemical Engineering Research and Design, n. 95, p. 229-238, 205. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2014.11.001>.
2. ANDRADE, R. G. S. A. *Estudo da adsorção do fenol em colunas de leito fixo utilizando carvão ativado do endocarpo do coco de dendê*. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Gradação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.
3. ARAUJO JUNIOR, J. V.; ARAUJO, R. G. V.; SABINO, A. R.; SILVA JUNIOR, V. A.; DANTAS, P. C.; DUARTE, A. G. *Associação de Bursaphelenchus cocophilus ao Rhynchophorus palmarum e Metamasius hemipterus em plantios de coqueiro no estado de Alagoas*. Revista da Universidade Estadual de Alagoas, a. 10, v. 2, 2018. <https://doi.org/10.17648/ambientale.v2i2.176>.
4. BOARI, A. J.; GOMES JUNIOR, R. A.; TINOCO, R. A.; PINA, A. J. A. *Anel-vermelho da palma de óleo*. Embrapa Amazônia Oriental, p. 59, 2016.

5. BRAINER, M. S. C. P.; XIMENES, L. F. *Produção de coco – soerguimento das áreas tradicionais do Nordeste*. Caderno Setorial Etene, a. 5, n. 127, 2020.
6. CAMBUIM, K. B. *Carvão de endocarpo de coco da baía ativado quimicamente com  $H_3PO_4$  e fisicamente com vapor d'água: produção, caracterização e aplicações*. 2009. Tese (Doutorado em Química analítica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.
7. COSTA, F. M. A. S. *Utilização de resíduo de grãos de cervejaria na adsorção do corante reativo azul 5g em soluções aquosas: sistemas batelada e leito fixo*. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.
8. CYSNE, A. Q.; CRUZ, B. A.; CUNHA, R. N. V.; ROCHA, R. N. C. *Flutuação populacional de *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) em palmeiras oleíferas no Amazonas*. Acta Amazonica, v. 43, n. 2, p. 197-202, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000200010>.
9. FERREIRA, J. M. S.; TEODORO, A. V.; NEGRISOLI JUNIOR, A. S.; GUZZO, E. C. *Manejo integrado da broca-do-olho-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae)*. Aracaju: Embrapa, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1014401/manejo-integrado-da-broca-do-olho-do-coqueiro-rhynchophorus-palmarum-l-coleoptera-curculionidae>. Acesso em: 29 nov. 2020.
10. FONTES, H. R.; FERREIRA, J. M. S.; SIQUEIRA, L. A. *Sistema de Produção para a Cultura do Coqueiro*. Sistemas de Produção, 63 p., 2002.
11. HOFFMANN, S. *Caracterização físico-química do caroço do dendê visando futuras aplicações*. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2016.
12. MELO, D. Q. *Uso de resíduos lignocelulósicos ativados como adsorventes na remoção de íons metálicos tóxicos: estudos de batelada e coluna utilizando planejamento experimental*. 2015. Tese (Doutorado em Química), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.
13. NAVARRO, D. M. A. F.; MURTA, M. M.; DUARTE, A. G.; LIMA, I. S.; NASCIMENTO, R. R.; SANT'ANA, A. E. G. *Aspectos práticos relacionados ao uso do Rincoforol, o feromônio de agregação da broca-do-olho-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* L. (Cuineenses: curculionidae) no controle de pragas do coqueiro. Análise de sua eficiência em campo*. Química Nova, v. 25, n. 1, p. 32-36, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000100007>.
14. NIELSEN, M.; SANSOM, C. E.; LARSEN, L.; WORNER, S. P.; ROSTÁS, M.; CHAPMAN, R. B.; BUTLER, R. C.; KOGEL, W. J.; DAVIDSON, M. M.; PERRY, N. B.; TEULON, D. A. J. *Volatile compounds as insect lures: factors affecting release from passive dispenser systems*. New Zealand
15. RAMOS, I. G. *Zeólitas como dispositivo de liberação prolongada de rincoforol*. 2012. Tese (Doutorado em Química Analítica), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.
16. RAMOS, I. G.; VIANA, A. C.; SANTOS, E. L.; MASCARENHAS, A. J. S.; SANT'ANA, A. E. G.; GOULART, H. F.; DRUZIAN, J. I.; ANDRADE, H. M. C. *Synthesis, characterization and evaluation of MFI zeolites as matrixes for rhynchophorol prolonged release*. Microporous and Mesoporous Materials, n. 242, p. 99-108, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2016.12.034>.
17. SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A. *Influência do período de centrifugação na curva de*

- retenção de água em solos de Cerrado*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol. 37, no 10, outubro de 2002, p. 1487–94. SciELO. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002001000017>
18. TIGLIA, E. A.; VILELA, E. F.; MOURA, J. I. L.; ANJOS, N. *Eficiência de armadilhas com feromônio de agregação e cana-de-açúcar na captura de Rhynchophorus palmarum (L.)*. Na. Soc. Entomol. Brasil, v. 27, n. 2, p. 177–183, 1998. <https://doi.org/10.1590/S0301-80591998000200002>.
19. VIANA, A. C. 2018. Matrizes para liberação controlada do feromônio de agregação rincoforol. Tese (Doutorado em Biotecnologia), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.
20. VIANA, A. C.; RAMOS, I. G.; SANTOS, E. L.; MASCARENHAS, A. J. S.; LIMA, M. S.; SANT'ANA, A. E. G.; DRUZIAN, J. I. *Validation of analytical method for rhynchophorol quantification and stability in inorganic matrix for the controlled release of this pheromone*. Chemistry Central Journal, v. 12, n. 54, p. 1–9, 2018. <https://doi.org/10.1186/s13065-018-0426-1>.