

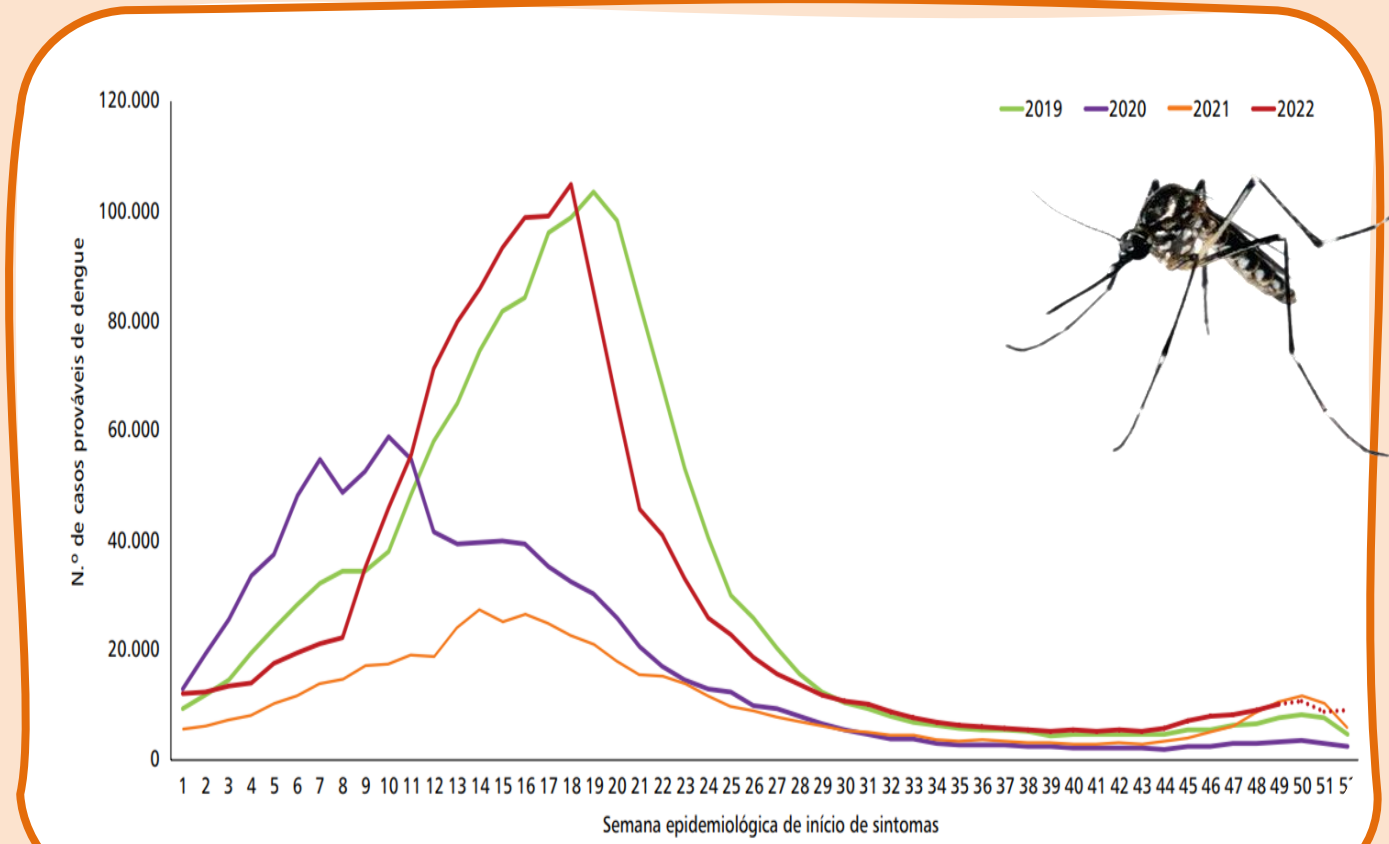
ArBiotec : BIOCELULOSE ADITIVADA COM PINHÃO-ROXO (*Jatropha gossypifolia*) ANTI-PROLIFERAÇÃO DO VETOR DE ARBOVIROSES *Aedes aegypti*

Maria Nycole Viana Mariano,, Francisco Augusto Oliveira Santos², Heloína Lopes Capistrano³
 (1)- Estudante, (2) – Orientador, (3) - Coorientadora - EEMTI Marconi Coelho Reis/Universidade Federal do Ceará- mcprojeto@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os óbitos por dengue em 2022 cresceram 301% em relação ao ano anterior e os casos de febre Chikungunya e Zika aumentaram 78,9% e 42%, respectivamente (BRASIL, 2023). Porém, os inseticidas utilizados no combate ao mosquito vetor (*Aedes aegypti*) são limitados do ponto de vista ambiental e sanitário. Assim, o uso de extratos naturais como inseticidas é uma possibilidade relevante para combate ao vetor das arboviroses supracitadas.

Figura 01: Curva epidêmica dos casos prováveis de Dengue (2019-2022)



Fonte: Adaptada de Sinan NET, 2023

RESULTADOS

O extrato B1 (100% folha) apresentou perfil diferenciado em relação aos demais, sendo que a luteolina diferenciou o extrato composto de 100% folha dos demais. O composto supracitado possui atividade inibitória da angiogênese (JOUNG et al 2016). Identificaram-se diversos flavonoides com potencial inseticida. A Figura 07 apresenta as curvas de contorno para mortalidade larval em função do tempo de contato (min) e concentração de extrato (mg/mL), evidenciando diferença significativa ($p < 0,05$) indicando que alterações nesses parâmetros influenciam a mortalidade das larvas.

Figura 06: Cromatogramas dos extratos de pinhão-roxo

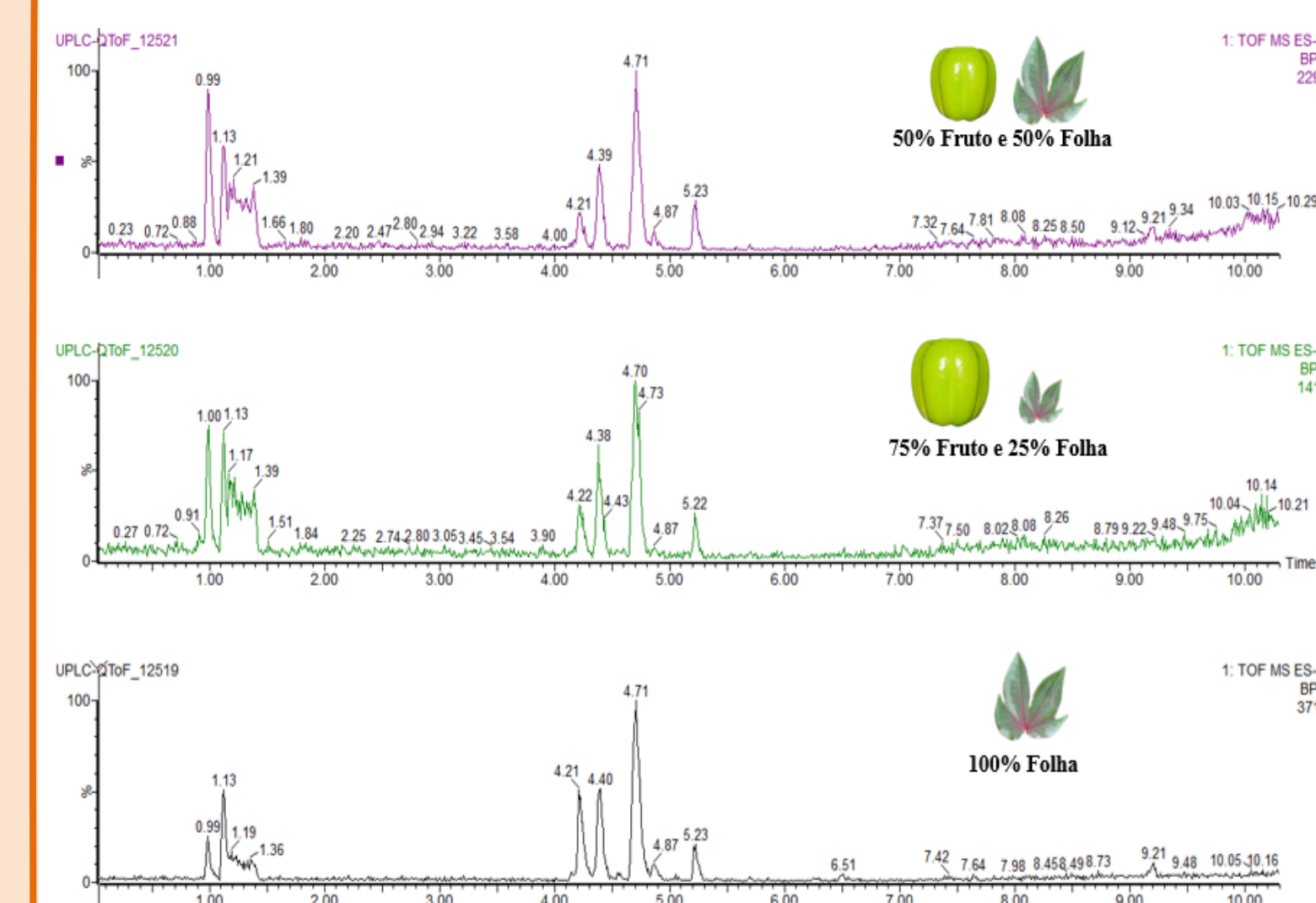
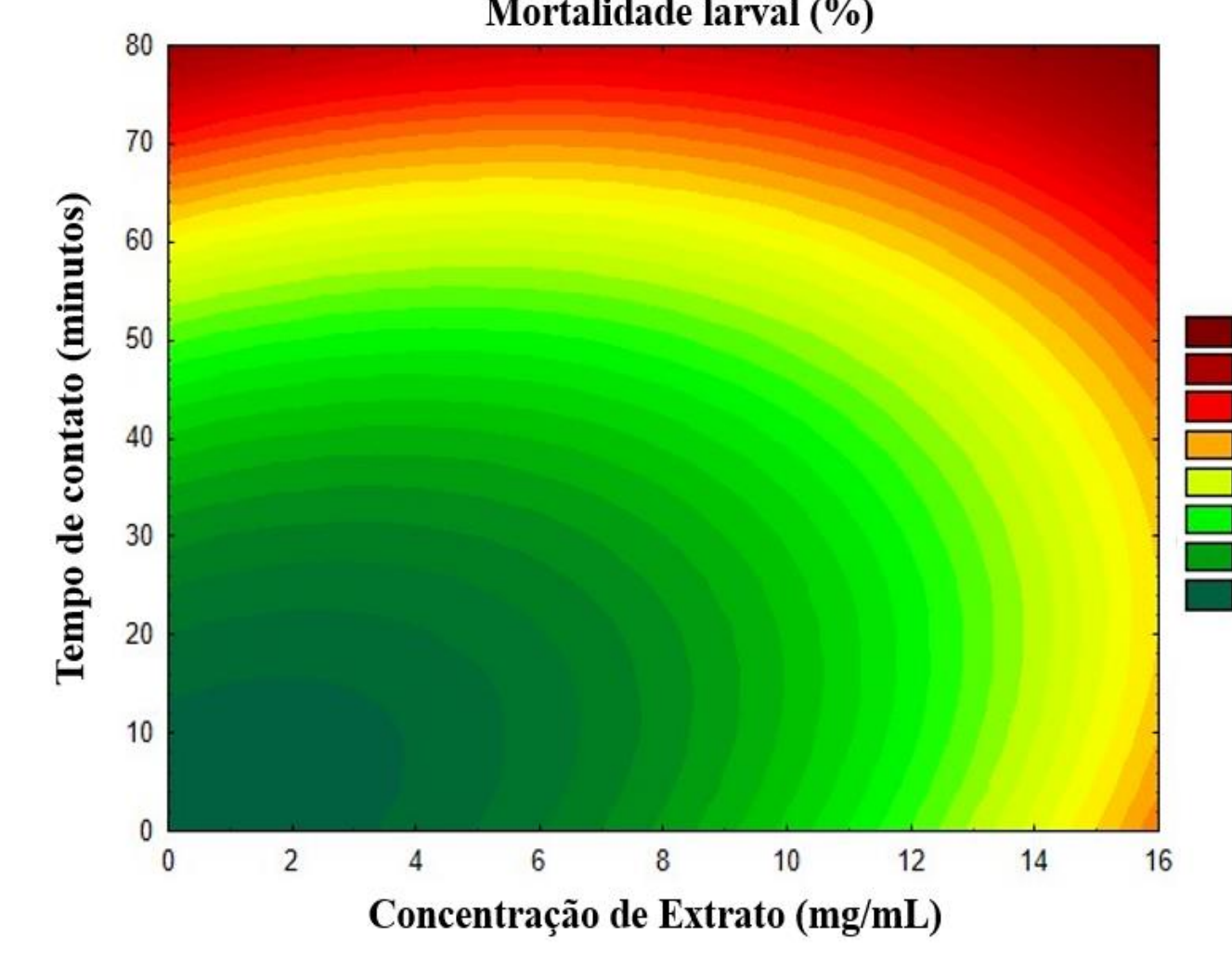


Figura 07: Curva de contorno para mortalidade larval em função do tempo de contato (min) e concentração do extrato (mg/mL)



Obtiveram-se bioceluloses (Figura 08) de fina espessura de acordo com as normas da ASTM. Os valores expressos na Tabela 04 indicam que a 95% de confiança, a Farinha da Casca da Abóbora – FCA (g/L) e Sacarose (g/L) tiveram influência significativa ($p < 0,05$) em todas as variáveis testadas, indicando que as propriedades desse material estão diretamente relacionadas às concentrações de FCA e Sacarose. A Tabela 04 apresenta os resultados de caracterização da biocelulose, utilizada para aprisionamento dos extratos da folha de pinhão-roxo.

Tabela 04: Caracterização das bioceluloses

Ensaio	Espessura (mm)	Solubilidade (%)	Absorção de extrato (%)	Biodegradação (mm)	Porosidade (%)	Resistência à tração (MPa)
11	0,05 ± 0,0 ^a	2,24 ± 0,05 ^a	85,51 ± 0,47 ^a	98,08 ± 0,60 ^a	62,60 ± 0,39 ^a	4,48 ± 0,05 ^a
12	0,22 ± 0,01 ^b	2,78 ± 0,21 ^b	97,56 ± 0,38 ^{bc}	91,07 ± 0,65 ^{cd}	77,62 ± 0,48 ^b	21,64 ± 0,38 ^b
13	0,08 ± 0,01 ^a	5,84 ± 0,16 ^c	88,91 ± 0,18 ^d	92,37 ± 0,32 ^{bc}	65,16 ± 0,22 ^{cd}	4,77 ± 0,03 ^a
14	0,20 ± 0,01 ^b	5,67 ± 0,09 ^c	97,75 ± 0,14 ^{bc}	89,01 ± 0,66 ^d	78,53 ± 0,31 ^d	23,14 ± 0,64 ^c
15	0,19 ± 0,01 ^c	3,25 ± 0,03 ^d	91,54 ± 0,26 ^{de}	97,36 ± 0,60 ^a	65,65 ± 0,37 ^d	9,38 ± 0,02 ^d
16	0,06 ± 0,01 ^a	6,22 ± 0,07 ^e	97,05 ± 2,09 ^{bc}	81,12 ± 1,00 ^e	63,39 ± 0,08 ^a	10,25 ± 0,05 ^{de}
17	0,06 ± 0,0 ^a	2,45 ± 0,08 ^{ab}	91,61 ± 0,38 ^e	97,04 ± 0,54 ^a	57,53 ± 0,12 ^e	4,35 ± 0,03 ^a
18	0,32 ± 0,01 ^e	2,57 ± 0,04 ^{ab}	99,16 ± 0,16 ^c	92,06 ± 0,76 ^{cd}	78,58 ± 0,43 ^b	26,23 ± 1,33 ^f
19	0,17 ± 0,0 ^c	2,58 ± 0,15 ^{ab}	94,52 ± 0,50 ^{be}	92,67 ± 1,08 ^{bc}	62,94 ± 0,22 ^a	12,21 ± 1,51 ^e
20	0,20 ± 0,02 ^{bc}	2,63 ± 0,03 ^b	93,24 ± 2,06 ^e	93,87 ± 0,24 ^c	63,81 ± 0,46 ^{bc}	12,45 ± 3,12 ^e
21	0,19 ± 0,01 ^{bc}	2,52 ± 0,11 ^{ab}	94,74 ± 0,30 ^{be}	92,48 ± 0,36 ^{bc}	63,77 ± 0,66 ^a	10,94 ± 0,97 ^e

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferiram significativamente pelo teste de Tukey à 95% de confiança.

As bioceluloses apresentaram baixa solubilidade em água, valores de absorção de extrato superiores a 85% e os maiores valores de resistência à tração foram identificados nas amostras 13, 15 e 19, que, consequentemente empregam maiores teores de FCA na formulação. Os espectros de FTIR da Figura 09 indicam a presença de celulose nas amostras, sendo um polímero atóxico mesmo quando associado ao extrato da folha de pinhão-roxo (13mg/mL) conforme resultados de fitotoxicidade frente à *Lactuca sativa* (Tabela 06).

Figura 08: Farinha da casca da abóbora e bioceluloses obtidas

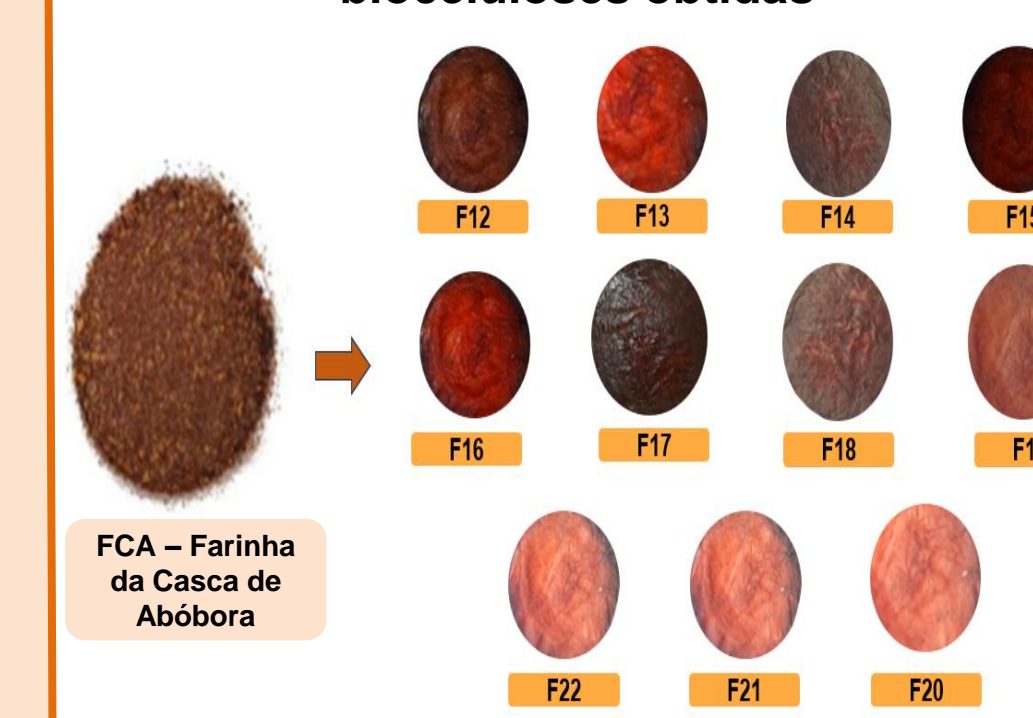


Figura 09: Espectros de FTIR-ATR das melhores formulações das bioceluloses

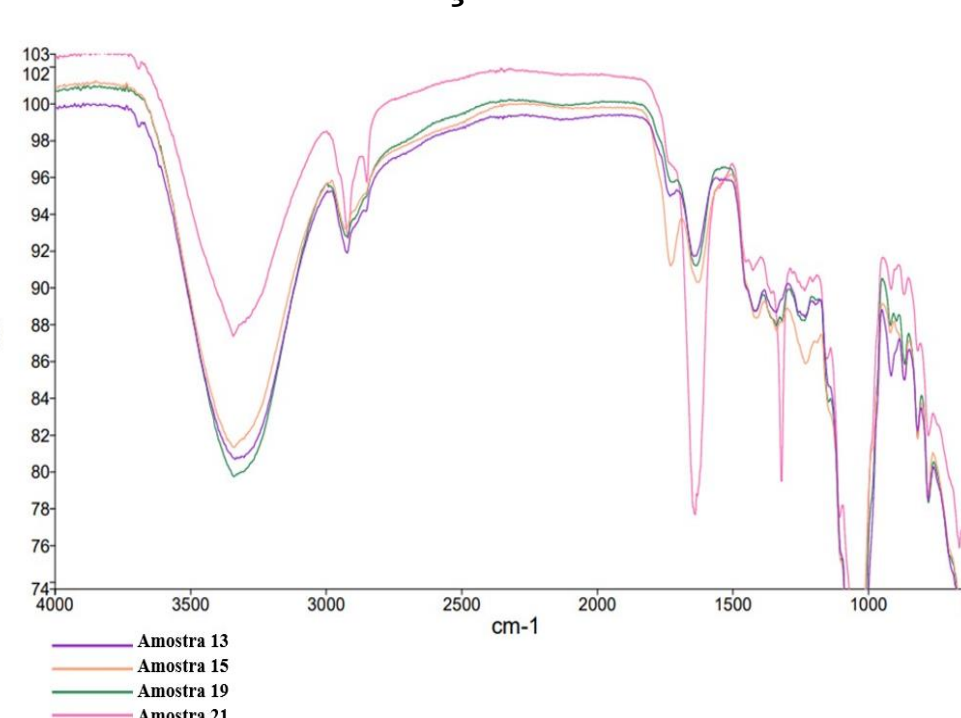
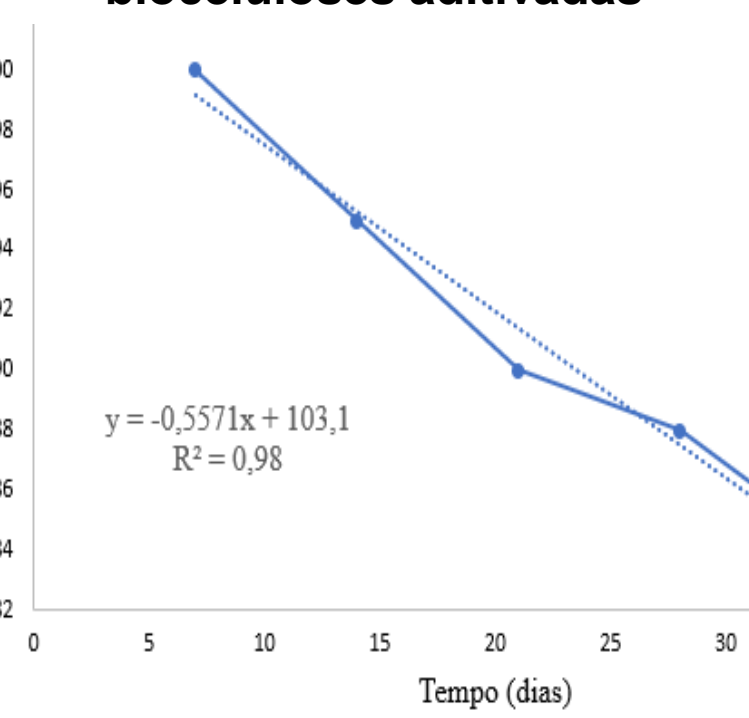


Figura 10: Efeito residual das bioceluloses aditivadas



O protótipo elaborado a partir do Ensaio 19 (FCA (36,8g/L) apresenta custo de R\$0,23 e efeito residual de 35 dias (Figura 10), configurando uma alternativa de baixo custo para combate às arboviroses veiculadas pelo *A. aegypti*. Os resultados dos testes da biocelulose aditivada (Arbiotec), indicam que a 5% de significância, o produto desenvolvido neste projeto mostrou maior efeito inseticida em relação ao produto convencional e ao grupo testemunha (Tabela 05). Ademais, o produto é 99,28% mais econômico que o inseticida convencional testado.

Tabela 05: Efeito inseticida de Arbiotec e amostras controle

Ensaio	Mortalidade larval (%)	Mortalidade das pupas (%)	Ovos não eclodidos (%)
Arbiotec	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	96,66 ± 1,57 ^a
C1	86,66 ± 2,35 ^b	76,66 ± 4,71 ^b	55 ± 4,08 ^b
C2	0,0 ± 0,0 ^c	0,0 ± 0,0 ^c	0,0 ± 0,0 ^c

Arbiotec – Biocelulose aditivada com extrato da folha do pinhão-roxo (13mg/mL); C1 – Controle 1 – Piriproxiifem (10 mg/mL); C2 – Controle 2 – Testemunha/água.

Médias acompanhadas da mesma letra na coluna não diferiram significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte de imagens e tabelas: A própria autora, 2023.

Figura 11: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável contemplados pelo projeto



Fonte: Adaptado de ONU, 2023.

O projeto apresenta elevada relevância social, sanitária e ambiental, colaborando com 6 dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU (Figura 11).

CONCLUSÃO

O objetivo do projeto foi alcançado com êxito. Produziram-se bioceluloses aditivadas com pinhão-roxo como potencial alternativa para combate ao *Aedes aegypti*, sendo uma alternativa sustentável e de baixo custo.

REFERÊNCIAS

[1] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides. 2005.
 [2] CANDIDO, L.P. Biotecnologia de extratos vegetais sobre os diferentes estágios do ciclo de vida de *Aedes (Stegomyia) aegypti*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental). Universidade Estadual do Paraná, Campus Grande Foz de Iguaçu, 2019.
 [3] NETO, B.S.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. Campinas, Unicamp, 2001. 401p.
 [4] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the AOAC. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists, 2005.
 [5] MARTUCCI, J.F. Biodegradable three-layer film derived from bovine gelatin. *Journal of Food Engineering*, vol. 99, n. 9, p. 377 - 383, ago. 2010.
 [6] ASTM. 2012. Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting (D882-12). In: Annual Book of ASTM Standards. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.
 [7] LIN, C. W. et al. Sorption and transport properties of 2-acrylamido-2-methyl-1-propanesulfonic acid-grafted bacterial cellulose membranes for fuel cell application. *Journal of Power Sources*, p. 297 - 305, 2013.
 [8] SILVA JUNIOR, J.G. da. Use of a bacterial cellulose filter for the removal of oil from wastewater. *Process Biochemistry*, 91. (2020) 288-296.
 [9] HUNTERLAB. Color Measurement of Translucent Materials. Hunter Associates Laboratory, Incorporated 9529. Lee Highway, Fairfax Va. 22030, USA. 1978.
 [10] PINHEIRO, V.C.; TADEI, W.P. Evaluation of the residual effect of temephos on *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae) larvae in artificial containers. *Brazilian Journal of Health Research*, v. 18, p. 1529-1532, 2002.
 [11] BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. Regras para análise de sementes. 2009.
 [12] MENDES, J. T. G. Economia: Fundamentos e Aplicações. 1ª Ed. São Paulo: Biblioteca Universitária Pearson, Marca Prentice Hall, 2012. 184 p.
 [13] Boletim epidemiológico das arboviroses. Ministério da Saúde, Brasil, 2023.
 [14] GUIMARÃES, D.T. Produção de celulose bacteriana de alta absorção utilizando resíduo de processamento de caju. 113f. Tese (Doutorado em Biotecnologia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

PROBLEMA

Seria possível desenvolver uma matriz polimérica de biocelulose impregnada com extrato hidroalcolólico de pinhão-roxo (*Jatropha gossypifolia*) para combater a proliferação de ovos, larvas e pupas do mosquito *Aedes aegypti*, veiculador de arboviroses?

HIPÓTESE

É possível biocelulose impregnada com extrato hidroalcolólico da folha do pinhão-roxo para combater a proliferação do *Aedes aegypti*.

METODOLOGIA

Figura 02: Fluxograma metodológico

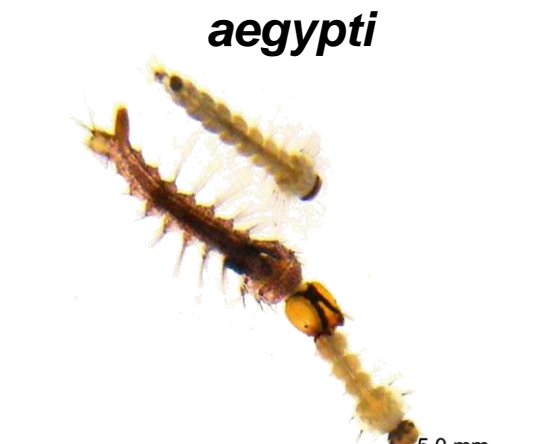


Fonte: A própria autora, 2023.

RESULTADOS

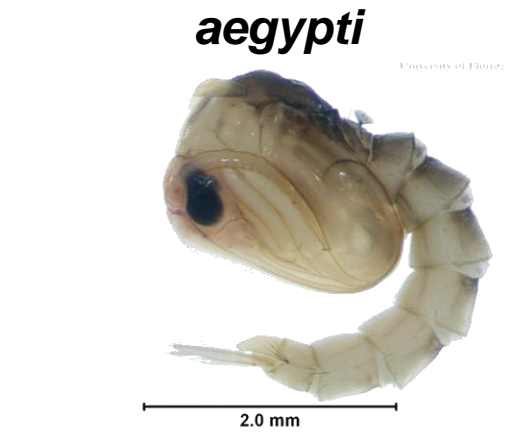
Os resultados dos bioensaios estão dispostos na Tabela 01, 02 e 03, sendo possível identificar que a amostra B1 (100% folha) apresentou os maiores resultados para atividade larvicida, pupicida e ovicida ($p < 0,05$). As amostras B2 (50% folha e 50% fruto) e B3 (75% fruto e 25% folha) também apresentaram resultados relevantes, quanto ao potencial inseticida. Assim, as amostras B1, B2 e B3 foram as mais promissoras, sendo submetidas aos ensaios cromatográficos (Figura 06).

Figura 03: Larvas do *A. aegypti*



Fonte: Tancredo, 2011.

Figura 04: Pupa do *A. aegypti*



Fonte: Zettel, 2010.

Figura 05: Ovos do *A. aegypti*



Fonte: FioCruz, 2023.

Tabela 01: Efeito larvicida dos extratos de *Jatropha gossypifolia* frente ao *A. aegypti*

Amostra	2 mg/mL	5 mg/mL	7 mg/mL	10 mg/mL	13 mg/mL
B1	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a
B2	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a
B3	91,6 ± 0,47 ^a	93,3 ± 0,94 ^b	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a
B4	80 ± 2,94 ^b	81,6 ± 1,24 ^c	95 ± 0,81 ^b	98,3 ± 0,47 ^b	100 ± 0,0 ^a
B5	41,6 ± 0,94 ^c	45 ± 1,63 ^d	63,3 ± 0,94 ^c	81 ± 1,24 ^c	96,6 ± 0,94 ^b
B6	3,33 ± 0,47 ^d	5 ± 0,00 ^e	8,33 ± 0,94 ^d	8,33 ± 0,47 ^d	20 ± 1,63 ^c

Tabela 02: Efeito pupicida dos extratos de *Jatropha gossypifolia* frente ao *A. aegypti*

Amostra	2 mg/mL	5 mg/mL	7 mg/mL	10 mg/mL	13 mg/mL
B1	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a
B2	76,6 ± 0,47 ^b	93,3 ± 1,88 ^b	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a
B3	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a
B4	71,6 ± 0,47 ^c	68,3 ± 0,4 ^c	61,6 ± 1,69 ^b	81,6 ± 1,24 ^b	93,3 ± 0,94 ^b
B5	83,3 ± 0,94 ^d	90 ± 0,0 ^d	90 ± 1,42 ^c	95 ± 0,81 ^c	98,3 ± 0,47 ^c
B6	25 ± 1,42 ^e	33,3 ± 0,94 ^e	45 ± 1,41 ^d	53,3 ± 0,94 ^d	71,6 ± 0,47 ^d

Tabela 03: Efeito ovicida dos extratos de *Jatropha gossypifolia* frente ao *A. aegypti*

Amostra	2 mg/mL	5 mg/mL	7 mg/mL	10 mg/mL	13 mg/mL
B1	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a
B2	73,3 ± 1,24 ^b	90,0 ± 0,81 ^b	98,3 ± 0,47 ^b	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a
B3	75,0 ± 1,63 ^c	80 ± 0,81 ^c	95 ± 0,81 ^c	96,6 ± 0,9 ^b	93,3 ± 0,94 ^b
B4	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a
B5	78,3 ± 0,47 ^d	90 ± 0,0 ^b	80 ± 0,81 ^d	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a
B6	38,3 ± 0,94 ^e	65 ± 0,8 ^d	65 ± 0,0 ^e	73,3 ± 1,24 ^c	80 ± 1,41 ^c

Legenda: B1 – 100% folha; B2 – 50% folha e 50% fruto; B3 – 75% fruto e 25% folha; B4 – 75% folha e 25% fruto; B5 – 75% fruto e 25% caule; B6 – 100% caule
 Médias acompanhadas da mesma letra na linha não diferiram significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: A própria autora, 2023.