

## PBIODERM: PLÁSTICO BIODEGRADÁVEL BIOATIVO FEITO À BASE DE EXTRATOS GLICÓLICOS E AMIDO DE MILHO (ZEA MAYS) COMO ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA CURATIVOS SINTÉTICOS

**FERNANDA NOSCHANG DA ROCHA COLCETE** 

*Instituição Evangélica de Novo Hamburgo, Novo Hamburgo, RS, Brasil, 93336-140, fernandanrcolcete@gmail.com*

**VICTÓRIA DA SILVA PANOZZO** 

*Instituição Evangélica de Novo Hamburgo, Novo Hamburgo, RS, Brasil, 93346-380, victoriapanozzo@ienh.com.br*

**ANELISE RADDATZ** 

*Instituição Evangélica de Novo Hamburgo, Novo Hamburgo, RS, Brasil, 93525-360, anelise.r@ienh.com.br*

**MATHEUS VICENZO LEHNEN** 

*Instituição Evangélica de Novo Hamburgo, Sapiranga, RS, Brasil, CEP 93800-058, matheusvicenzo@gmail.com*

**FERNANDA KOHLRAUSCH** 

*Instituição Evangélica de Novo Hamburgo, Novo Hamburgo, RS, Brasil, CEP 93525-360, fernanda.k@ienh.com.br*

### RESUMO

Na fase I da pesquisa foi desenvolvido um bioplástico a partir do método casting (MALI et al., 2010) para servir como alternativa sustentável para curativos sintéticos adesivos, ataduras, gases e filmes plásticos utilizados em pele pós-tatuada, sendo um curativo natural para cortes superficiais de pele, queimaduras leves e solares. Na Fase I obteve-se os resultados de degradação em terra orgânica (24 horas); degradação em água destilada (12 dias); precificação provisória (1 cm<sup>2</sup> - R\$0,026; 1m<sup>2</sup> - R\$2,60); em dólares (1 cm<sup>2</sup> - \$ 0.0051; 1m<sup>2</sup> - \$ 0.51). Na fase II verificou-se: presença de pH ácido (3,69 - 3,82), conferindo potencialidade de ação hidratante e cicatrizante; espessura de 0,54mm (inferior a 1 mm - concordando com o estabelecido na norma **D882-02** da American Society for Testing and Materials (ASTM); estabilidade térmica (análise termogravimétrica TGA); precificação - Mark-Up divisor



(88% mais econômico que os curativos sintéticos existentes).

**Palavras-chave:** Bioplástico. Proteção. Cicatrizante. Hidratante. Sustentável.

## **PBIODERM: BIODEGRADABLE BIOACTIVE PLASTIC MADE FROM GLYCOLIC EXTRACTS AND CORN STARCH (ZEA MAYS) AS AN ECOLOGICAL ALTERNATIVE TO SYNTHETIC DRESSINGS**

### **ABSTRACT**

In phase I of the research, a bioplastic was developed using the casting method (MALI et al., 2010), to serve as a sustainable alternative to synthetic adhesive dressing, bandages, gases and plastic films used on post-tattooed skin – being a natural dressing for superficial skin cuts, light and sunburn. In phase I, the results of degradation in organic soil were obtained (24 hours); degradation in distilled water (12 days); provisional pricing (1 cm<sup>2</sup> - R\$0,026; 1m<sup>2</sup> - R\$2,60); in dollars (1 cm<sup>2</sup> - \$ 0.0051; 1m<sup>2</sup> - \$ 0.51). In phase II it was verified: presence of acidic pH (3.69 – 3.82), conferring hydrating and cicatrizing potencial; 0.54mm thickness (less than 1mm – in accordance with the established in the American Society for Testing and Materials (ASTM) standard **D882-02**; thermal stability (TGA thermogravimetric analysis); pricing using Mark-Up divisor method (88% more economical than existing syntheti dressings).

**Keywords:** Bioplastic. Protection. Healing. Moisturizing. Sustainable.

### **INTRODUÇÃO**

Alguns problemas socioambientais foram observados: I. de acordo com Ferreira, J. (1995), existe um abundante descarte inadequado de lixo hospitalar originário do grupo D (resíduos comuns), desses principalmente gases e ataduras, considerando que não podem ser reciclados; II. segundo Aduan et al. (2014), há uma utilização demasiada de curativos adesivos sintéticos, cujos compostos artificiais (filme plástico, adesivo termoplástico, fibra sintética, polímeros de acrílico e polietileno) apresentam malefícios ao ecossistema. Outrossim, a indústria do plástico traz diversos malefícios ao meio ambiente pela sua lenta decomposição natural, em torno de 200 anos, sendo um intenso poluente (COUTINHO et al., 2004), além de ocasionar múltiplas mortes de animais marinhos por ano (WEYLER, 2017). Nesse viés, sabendo que uma forma eficaz de alternativa ecológica para esse tipo de material são os plásticos biodegradáveis, questionou-se, durante a primeira fase do projeto, se haveria alguma outra forma de aplicabilidade para os bioplásticos além do uso para embalagens e canudos. Logo, pensou-se, que poderia ter aplicabilidade



dermatológica, como um curativo biodegradável.

Em princípio foi desenvolvido, na fase I da pesquisa, um biofilme (produto final = sexto protótipo) a partir do método *casting* (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010), que consiste na plastificação do amido, destruindo sua estrutura organizada do grânulo. Ao todo, buscou-se: 1. A solubilização do amido (composto hidrofílico, que age como espessante) em um solvente; 2. Incorporação de um plastificante e agente organizador, pois, segundo BRITO et al. (2011), como a temperatura de decomposição é menor que as temperaturas de fusão e transição vítrea (temperatura de transição de fase que ocorre em materiais amorfos), faz-se necessário adicionar um agente plastificante para que o seu ponto de fusão e o de transição vítrea diminuam, além de aumentar a flexibilidade do polímero e melhorar sua processabilidade. O plastificante utilizado deve ser polar, hidrofílico, compatível com a base de formação do filme polimérico, com ponto de ebulição suficientemente elevado para evitar sua evaporação durante o processo (MENDES, 2009); 3. Incorporação de extratos glicólicos, que o tornam bioativo por meio de suas propriedades; 4. Processamento dos grãos de amido por aquecimento de 75°C em meio aquoso (solvente), o que resulta em sua gelatinização (BRITO et al., 2011); 5. Aplicação sobre um suporte para evaporação do solvente e conseqüente formação de uma matriz contínua que dá origem aos filmes (RÓZ, 2004).



figura 1. SOLUÇÃO FIRMOGÊNICA PARA FORMAÇÃO DO BIOFILME A UMA TEMPERATURA DE 75°C.



figura 2. BIOFILME  
EM ESTADO  
SÓLIDO.



figura 3. APLICAÇÃO  
DO PBIODERM EM  
MODELO HUMANO:  
Localização  
ANTEBRAÇO.



figura 4.  
APLICAÇÃO DO  
PBIODERM EM  
MODELO HUMANO:  
Localização BRAÇO.

Assim, a partir dos extratos utilizados, o biofilme pode ter ação cicatrizante e hidratante como um curativo adesivo natural em cortes superficiais de pele, escoriações, queimaduras leves e solares, pele pós-tatuada e pós-operatório de pequenas cirurgias cutâneas, sendo uma alternativa ecológica para curativos sintéticos, ataduras, gases e filmes plásticos utilizados em pós-tatuagens. Os extratos glicólicos foram manipulados por uma farmácia de manipulação, cujo protocolo de manipulação é nº 001-0064065.

Na etapa I, ainda foi desenvolvido: uma formulação em porcentagem para produção em escala do Pbioderm; testagens de biodegradabilidade (tempo de degradação em terra orgânica é de 24 horas e em água



destilada é de 12 dias); cálculos provisórios de venda do produto (1 cm<sup>2</sup> do Pbioderm - R\$0,026, 1m<sup>2</sup> - R\$2,60, podendo ser até 70,78% mais econômico do que os curativos adesivos sintéticos). Já, em dólares, seria 1 cm<sup>2</sup> - \$ 0.0051; 1m<sup>2</sup> - \$ 0.51. No entanto, para certificar-se do resultado, foi realizado na etapa II (esta fase da pesquisa) uma testagem mais precisa, com o método *Mark-up divisor*.

Com base nos resultados da fase I, a fase II da pesquisa teve foco em ensaios físico-mecânicos da estrutura do bioplástico, além da realização de análises que possibilitem uma futura testagem clínica do real potencial de cicatrização e hidratação do plástico biodegradável em tecido cutâneo.

## OBJETIVO E QUESTÃO PROBLEMA

O presente plástico biodegradável, desenvolvido durante a primeira etapa do projeto, em contato com o tecido cutâneo promoverá uma ação cicatrizante e hidratante, agindo como um curativo adesivo natural? A partir de tal questão problema, acredita-se que através de ensaios clínicos em seres humanos com grupo placebo, utilizando um dermatoscópio digital, além do aparelho Skin-up – Digital Analyzer (para calcular o grau hidratação do tecido), será possível determinar seu real potencial cicatrizante e hidratante. Dessa forma, torna-se objetivo dessa Fase II realizar ensaios físico-mecânicos da estrutura do biofilme para avaliar maior qualidade de produto, seguindo as diretrizes da – *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, bem como efetuar testagens de citotoxicidade do bioplástico com o intuito de verificar existência de nocividade do produto em relação às células epiteliais, visando apresentar ao comitê de ética em pesquisa em seres humanos de uma instituição de ensino superior.

## DESCRIÇÃO DE MATERIAIS E MÉTODOS

### ANÁLISE DE ESPESSURA

Com finalidade de alcançar padrões de qualidade de produto os bioplásticos produzidos foram analisados quanto à espessura de acordo com o estabelecido na norma **D882-02** da *American Society for Testing and Materials (ASTM)* (AMERICAN SOCIETY STANDARD TESTING AND MATERIALS, 2002) para plásticos biodegradáveis (espessura inferior a 1mm). Foi utilizado um micrômetro e dois papéis de 0,12mm em cada lado do bioplástico, após mensurar foi descontado o valor dos papéis.

### PROPRIEDADES MECÂNICAS



Utilizando um texturômetro (TA.XT2i) e seguindo a metodologia descrita por **ASTM D882** de 2002 (separação inicial das garras de 50 mm e a velocidade de separação de 0,8 milímetros s<sup>-1</sup>) será verificado sua resistência à tração (em MPa) e módulo de Young (módulo de elasticidade – em Mpa).

Ademais, será realizado a testagem de envelhecimento acelerado por radiação UV, sendo possível saber o tempo médio de degradação natural por ação solar. Em apenas poucos dias ou semanas, a câmara de intemperismo acelerado reproduzirá a simulação do dano que ocorreria ao longo de meses ou anos do produto ao ar livre. Será utilizado a câmara QUV - Accelerated Weathering Tester de intemperismo acelerado, e seguir-se-á o método descrito por ASTM G154 - 16: serão expostas as amostras a 42 ciclos de 8 horas de luz ultravioleta UVA-340 a 60 °C, seguidas de 4 horas de condensação (imitando orvalho) a 50 °C, envolvendo 21 dias de exposição.

#### ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA)

Sob um analisador termo gravimétrico TGA 4000 (EUA) foi verificado o comportamento do bioplástico a diferentes temperaturas (26 °C a 600 °C), ao mesmo tempo que foi monitorado o tempo e a temperatura por uma programação controlada, assim, visando obter resultados de estabilidade térmica. Foi realizado em atmosfera inerte de nitrogênio gasoso ultra-seco, com vazão constante de 100 cm<sup>3</sup> /min (SEBIO, 2003). Uma alíquota de 18,255 mg da amostra foi submetida a aquecimento com taxa constante de 10°C/min, de 26 °C a 600 °C.

#### AValiação DE PH

Além disso, foi mensurado o pH de duas amostras (AM1: PBioderm 27/06; AM2: PBioderm Set/2018). As amostras analisadas tinham 9 meses de diferença. A análise foi realizada utilizando um pHmetro e o Método Potenciométrico (STANDARD METHODS, 1995), em que o potencial entre dois eléctrodos é medido (eléctrodo de referência e indicador) como função do volume do reagente adicionado. Para isso, as amostras foram solubilizadas em água com previsão de total dissolução para após 12 dias.

#### ANÁLISE DE GENOTOXICOLOGIA

Em seqüência, será efetuado, em conjunto de mestres professores, o teste de genotoxicidade (SILVA, et al., 2007) através do ensaio cometa nos laboratórios de genotoxicologia. Para a análise, o plástico biodegradável será transformado em pó através de um dessecador objetivando verificar o nível de estabilidade térmica do material a uma temperatura de 37°C.



Será necessário: 1. Ferver a agarose 1,5 % em frasco onde caiba a lâmina e mergulhar as lâminas, deixando a extremidade fosca de fora, além de deixar escorrer e secar à temperatura ambiente. As amostras serão preparadas antes e armazenadas na geladeira, umas sobre as outras – mantendo secas; 2. Ferver a agarose “low melting” e colocar em banho 37°C; 3. Misturar 5 µl do pó do bioplástico com 75 µl de agarose low melting; 4. Colocar imediatamente sobre a lâmina com pré cobertura e sobre esta camada uma lamínula (grande), fazendo com que está se espalhe. Deixar na geladeira até solidificar; 5. Retirar a lamínula e dispor as lâminas em cubeta de vidro vertical, já com a solução de lise gelada e protegida da luz (pelo menos 1 h em sol. de lise); 6. Colocar as lâminas em cuba horizontal de eletroforese, vertendo o tampão de eletroforese sobre estas, deixar descansando por 20 min; 7. Iniciar a eletroforese: 25V e 300 mA por 15 min (corrente controlada com o volume do tampão); 8. Retirar as lâminas e neutralizar com o tampão TRIS, cobrir as lâminas com este tampão, esperar 5 min (repetir 3 X); 9. Lavar 2 vezes com água destilada; 10. Secar as lâminas, durante 1h30 a 2h00, a 37°C (ou Over Night); 11.10 min em solução fixadora; 12.Lavar 3 vezes com água destilada; 13.Secar as lâminas, durante 1h30 a 2h00, a 37°C (ou Over Night); 14.Hidratar as lâminas, por 5 min, com água destilada; 15.Corar por, aproximadamente, 15 min na solução de coloração (A+B) a 37°C (até a solução começar a escurecer); 16.Lavar 3 vezes com água destilada; 17.Deixar por 5 min em solução “stop”; 18.Lavar 3 vezes com água destilada; 19.Secar à temperatura ambiente; 20.Observar ao microscópio - classificando conforme forma e tamanho da cauda.

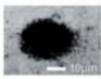
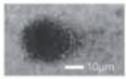
Imagem Observada	Cauda/Cabeça	Classes de Danos
	sem cauda	0
	≤1	1
	1 – 2	2
	≥2	3
	sem cabeça	4

figura 5.  
TABELA PARA  
CLASSIFICAÇÃO  
DAS IMAGENS  
DAS “CÉLULAS  
COMETA”.

Fonte: Villela et al. (2006).

#### MÉTODO DE PRECIFICAÇÃO MARK-UP DIVISOR

Foi utilizado o método *Mark-Up divisor* para calcular uma provável



precificação do produto, desta forma, foi possível comparar com o resultado de precificação obtido na Fase I. Esse primeiro resultado foi  $1 \text{ cm}^2 - \text{R}\$0,026$ ;  $1 \text{ m}^2 - \text{R}\$2,60$ , podendo ser até  $\cong 70\%$  mais econômico que certos curativos adesivos existentes no mercado. Os custos envolvidos na obtenção dos biofilmes foram calculados utilizando a metodologia de miniempresa, com o método de custeio por absorção, cálculo de despesas fixas e despesas variáveis, em seguida foi usado a fórmula Mark-Up divisor, com o acréscimo de impostos e margem de comercialização de 20.

figura 6. FÓRMULA  
Mark-Up divisor.

Fonte: Ferreira, P. (2001).

$$100 / [100 - (DV + DF + LP)]$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ANÁLISE DE ESPESSURA

Utilizando um micrômetro e dois papéis de 0,12mm em cada lado do bioplástico, o número total da mensura foi 0,78mm. Após descontar o valor dos papéis (0,24mm), obteve-se a espessura do bioplástico que corresponde a 0,54mm. Assim, verificou-se que o valor obtido foi inferior a 1 mm, estando de acordo com o estabelecido na norma **D882-02** (AMERICAN SOCIETY STANDARD TESTING AND MATERIALS INTERNATIONAL, 2002) para plásticos biodegradáveis.



figura 7. ANÁLISE  
ESPESSURA  
MICRÔMETRO  
- 0,54 mm.

### PROPRIEDADES MECÂNICAS

Será feita a análise com o texturômetro para resistência a tração e módulo de elasticidade. Até o presente momento, não foi possível a efetuação de tais duas análises pois o laboratório utilizado não possui ambiente com umidade controlada de 50%. O controle de umidade para materiais que contenham compostos hidrofílicos, como amido, afetam significante a textura dos materiais, e por isso a padronização da umidade relativa é muito importante para esta análise. Ademais, em breve, será realizado as testagens de envelhecimento acelerado.



## ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA)

Foi realizada a análise de estabilidade térmica em um analisador termo gravimétrico TGA 4000 (EUA) em atmosfera inerte de nitrogênio gasoso ultra-seco, com vazão constante de 100 cm<sup>3</sup> /min. Uma alíquota de 18,255 mg da amostra foi submetida a aquecimento com taxa constante de 10°C/min, de 26 °C a 600 °C. A variação da massa das amostras foi acompanhada durante todo o aquecimento.

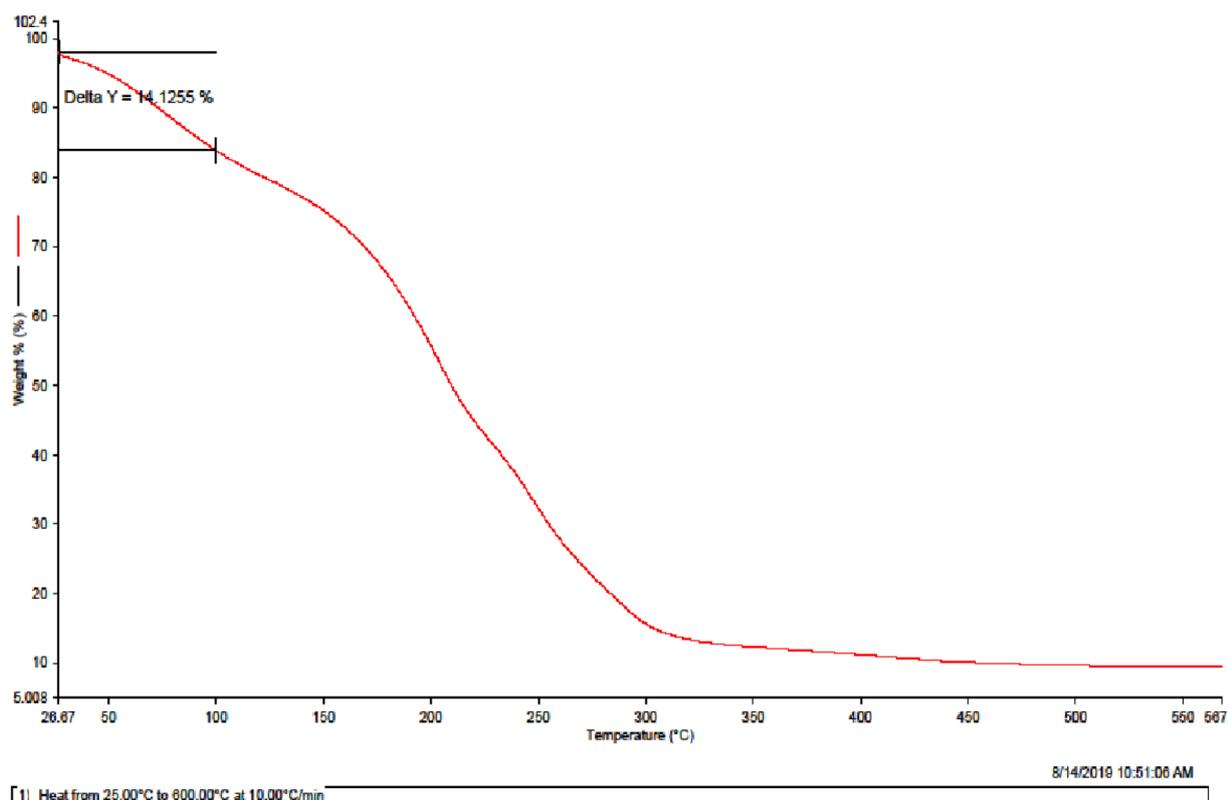


figura 8.  
TERMOGRAMA:  
CURVA TGA DO  
BIOPLÁSTICO –  
ESTABILIDADE  
TÉRMICA.

O termograma, representado pela figura 8, expressa as curvas de TGA do bioplástico e, conseqüentemente, sua estabilidade térmica. Nesse viés, foi percebido o percentual de perda de massa do material nas faixas de perda identificadas pela derivada da curva: 27-130 °C; 130-220 °C; 220-279 °C; 279-567 °C. Observa-se a ocorrência de três estágios de perda de peso: a primeira etapa foi verificada a uma variação de 27-130 °C, com perda de 14,1255% de sua massa, devido à perda de água livre; o segundo estágio foi observado a uma temperatura de 130-250 °C e a perda de peso foi principalmente associada à degradação do glicerol, com 51,6218% de perda de massa; o terceiro estágio da perda de peso foi a 250-600 °C, com perda de 22,8295%. Ao final de 600 °C foi perdido 88,5768% da massa total do plástico biodegradável.



A perda mais relevante é a exposta entre (27-130 °C), com perda de 14,1255%, uma vez que é uma perda semelhante a outras pesquisas feitas com plásticos biodegradáveis a partir de glicerol, ou seja, está dentro dos parâmetros da normalidade (SEBIO, 2003). Além disso, pela perda mínima de massa até 50 °C, notamos que não haverá perda significativa de água livre em dias quentes e, principalmente, a estabilidade térmica servirá como dado para a transformação do bioplástico em pó e servirá para as análises de genotoxicidade.

#### AVALIAÇÃO DE PH

O resultado da testagem do pH das duas amostras (AM1: PBioderm 27/06; AM2: PBioderm Set/2018). Foi, respectivamente, 3,69 e 3,82. As amostras possuem 9 meses de diferença, mas não demonstraram mudança significativa no pH. As amostras foram solubilizadas em água e, como previsto ocorreu a dissolução em 12 dias, no entanto utilizamos um agitador magnético por 72 horas para total dissolução.

figura 9. ANÁLISE PH: 2 AMOSTRAS (AM1: PBIODERM 27/06; AM2: PBIODERM SET/2018).

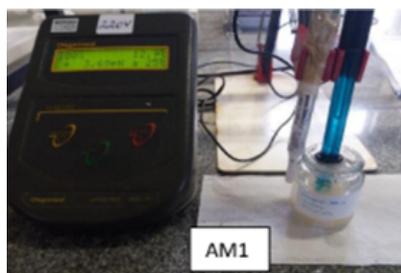


figura 10. ANÁLISE pH: pHMETRO.

Com base em Leonardi, Gaspar e Campos (2002), o almejado para a análise de pH era uma numeração ácida, entre 2,8 – 4,7, para que o bioplástico proporcionasse tratamento, sem danificar o manto ácido cutâneo. Logo, assim como mencionado, as duas amostras mostram um resultado positivo, pois estão dentro dos padrões, para viabilizar a cicatrização, de agentes cutâneos cicatrizantes, sem danificar o manto ácido epitelial humano.

#### ANÁLISE DE GENOTOXICOLOGIA

A análise de genotoxicologia (ensaio do cometa), em breve, estará em desenvolvimento e as células para o teste estarão em preparo. Existe a necessidade da transformação do biofilme em um pó para a testagem: algumas amostras já foram incorporadas em dessecadores (sem resultados significativos – não houve efetiva conversão em tempo curto), outras, em seguida, serão aquecidas de acordo com a estabilidade térmica (verificada pela análise TGA) e demais serão incorporadas em um tampão fisiológico (Fosfato de sódio, 20 mM, pH 7,5), pois, nesse tampão, o ensaio do cometa poderá ser realizado sem a necessidade de outras etapas.



## MÉTODO DE PRECIFICAÇÃO MARK-UP DIVISOR

Por fim, foi desenvolvido o método de custeio por absorção; foi calculado as despesas fixas e variáveis, incluindo os cálculos de despesa por precificação e validade de aparelhagem, precificação de insumos, tempo de produção de biofilme e por indivíduo trabalhador, formando o custo direto de horas máquina, insumos e horas trabalhadas. Foi levado em consideração as despesas fixas de miniempresa, como: aluguel (50 metros cúbicos); energia elétrica; combustível para locomoção; condomínio (taxas); propaganda e outros. Além disso, foi pensado as despesas variáveis como as máquinas e suas validades. Dessa forma, foi obtido o custo total unitário, sendo que 30% difere em 20% a margem de comercialização (lucro e comissão) e 10% os acréscimos de impostos (simples). Logo, foi aplicado em 70% o cálculo Mark-Up divisor e obtido o preço de venda final para 117,6cm de Pbioderm. Com base nessa precificação, foi possível comparar com curativos adesivos sintéticos presentes no mercado, sendo 1 caixa de seu produto (R\$ 10,00) valeria R\$ 1,20 de Pbioderm, podendo ser até 88% mais econômico que tais curativos sintéticos. Todo o cálculo foi feito utilizando a plataforma Excel.

## CONCLUSÕES

Até o momento, as análises concretizadas (espessura; TGA; pH e precificação por método Mark-Up divisor) tiveram resultados positivos, mostrando que o bioplástico: 1. Está dentro dos parâmetros de espessura para biofilmes definidos pela diretriz **ASTM D882-02** (AMERICAN SOCIETY STANDARD TESTING AND MATERIALS INTERNATIONAL, 2002); 2. Teve perda de água livre dentro dos critérios da normalidade (14% - 27-130 °C), além de fornecer dados para transformação em pó e análise de genotoxicologia; 3. Apresenta caráter ácido adequado a agentes cutâneos cicatrizantes, sendo potencialmente um promovedor de ação hidratante e cicatrizante, sem danificar o manto ácido epitelial humano (LEONARDI, 2002); 4. Tem baixo custo de produção e é até 88% mais econômico do que curativos sintéticos existentes no mercado.

Nesse viés, na fase III, visa-se concluir as análises de genotoxicologia e de propriedades mecânicas. Ademais, será utilizado métodos *in vitro* e alternativos ao uso de animais em pesquisa, reconhecidos pelo Brasil e disponibilizados através do Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA) – cuja organização foi originada pela Lei nº 11.794/08 (BRASIL, 2008), ou Lei Arouca, em 2008 – e seguindo as normas do órgão econômico intergovernamental OECD – **Organization for Economic Co-operation and Development**, para ser possível prosseguir para as etapas de ensaio clínico sem a necessidade de utilizar animais *in vivo*. Serão incorporadas e adaptadas à metodologia da Fase III as



normas: OECD DT 439 (OECD, 2015), de irritação cutânea *in vitro* e a OECD DT 428 (OECD, 2004) de absorção *in vitro*.

Nesse sentido, após a finalização dos ensaios da Fase III, o estudo será apresentado ao Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos de uma instituição de ensino superior para aprovação de testagem clínica em seu hospital universitário, com auxílio de mestres professores.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADUAN, S. A. et al. Avaliação dos resíduos de serviços de saúde do Grupo A em hospitais de Vitória (ES), Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [Rio de Janeiro], v. 19, n. 2, p. 133-141, 2014.
- AMERICAN SOCIETY STANDARD TESTING AND MATERIALS INTERNATIONAL. **ASTM D882-02**: Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting. Philadelphia: ASTM International, 2002
- AMERICAN SOCIETY STANDARD TESTING AND MATERIALS INTERNATIONAL. **ASTM G154-16**: Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials. Philadelphia: ASTM International. 2002.
- BRASIL. Lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008. Regulamenta o inciso VII do § 1o do art. 225 da Constituição Federal, estabelecendo procedimentos para o uso científico de animais; revoga a Lei no 6.638, de 8 de maio de 1979; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Legislativo, Brasília, DF, ano 145, n. 196, 9 out. 2008. Seção 1, p. 1-2.
- BRITO, G. F. et al. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011.
- COUTINHO, B. C. et al. A importância e as vantagens do polihidroxibutirato (plástico biodegradável). **Holos**, [s. l.], ano 20, v. 3, p. 76-81, 2004.
- FERREIRA, J. A. Resíduos sólidos e lixo hospitalar: uma discussão ética. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 314-320, 1995.
- FERREIRA, P. C. et al. **O impacto da abertura comercial sobre Mark-Up e produtividade industrial brasileira**. Rio de Janeiro: FGV, 2001. (Ensaio Econômico, n. 432).
- LEONARDI, G. R.; GASPAR, L. R.; CAMPOS, P. M. B. G. M. Estudo da variação do pH



da pele humana exposta à formulação cosmética acrescida ou não das vitaminas A, E ou de ceramida, por metodologia não invasiva. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, Rio de Janeiro, v. 77, n. 5, p. 563-569, 2002.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 137-155, 2010.

MENDES, F. M. **Produção e caracterização de bioplásticos a partir de amido de batata**. 2009. Dissertação (Mestrado em Química (Físico - Química)) — Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

OECD. Test N. 439: In vitro skin irritation: reconstructed human epidermis test method. In: OECD. **OECD Guidelines for the Testing of Chemicals.**, 2015. Disponível em: <<http://www.oecd.org/env/ehs/testing/tg439-revised-in-vitro-skin-irritation-reconstructed-human-epidermis-test-method.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2021.

OECD. Test N. 428: Skin absorption: in vitro method. In: OECD. **OECD Guidelines for The Testing of Chemicals.** [Paris], 2004. Disponível em: <<https://ntp.niehs.nih.gov/iccvam/suppdocs/fedddocs/oecd/oecd428-508.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2021.

RÓZ, A, L. da. **Preparação e caracterização de amidos termoplásticos**. 2004. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) — Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SEBIO, L. **Desenvolvimento de plástico biodegradável a base de amido de milho e gelatina pelo processo de extrusão: avaliação das propriedades mecânicas, térmicas e de barreira**. 2003. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) — Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SILVA, J. da et al. O ensaio cometa na avaliação da genotoxicidade induzida por poluentes atmosféricos utilizando como biomonitor o molusco *Cantareus aspersus*. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 45-51, 2007.

STANDARD METHODS. **Standard methods for the examination of water and wastewater: 4500 - H+ pH value**. 19. ed. [S. l.], 1995.

VILLELA, I. V. et al. DNA damage and repair in hae - molymp cells of golden mussel (*Limnoperna fortunei*) exposed to environmental contaminants. **Mutation Research**, [Amsterdam], v. 605, n. 1-2, p. 78-86, 2006.



WEYLER, R. The ocean plastic crisis. **Greenpeace**, [s. l.], 17 out. 2017. USA.  
Disponível em: <<https://www.greenpeace.org/usa/the-ocean-plastic-crisis/>>. Acesso em: 28 out. 2021.

#### **FERNANDA NOSCHANG DA ROCHA COLCETE**

Realizou seu ensino na Instituição Evangélica de Novo Hamburgo (IENH) – Rio Grande do Sul. Atualmente, pretende cursar bacharelado em Medicina. Em 2019/2020, foi bolsista de Iniciação Científica Junior do Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPQ), conquistou 1º lugar na categoria Medicina e Saúde na Mostra Internacional de Ciência e Tecnologia, recebeu a premiação Executive “Jovens do futuro”, foi convocada para apresentação em mostra científica de Taiwan, obteve 2º lugar na categoria de química da BUCA – Internacional Music and Engineering Science Fair, na Turquia e conquistou o prêmio ABRIC de excelência em pesquisa.

#### **VICTÓRIA DA SILVA PANOZZO**

Realizou seu ensino no Colegio de Todos Los Santos em Buenos Aires - Argentina e na Instituição Educacional de Novo Hamburgo (IENH). Atualmente está cursando bacharelado em Nutrição e trabalhando como auxiliar administrativa. Em 2019, juntamente com sua colega Fernanda Colcete, conquistaram com seu Projeto Científico “Pbioderm: plástico biodegradável bioativo como alternativa ecológica para curativos sintéticos”, o 1º lugar na categoria Medicina e Saúde da Mostra Internacional de Ciência e Tecnologia (Mostratec) e com o destaque no Prêmio ABRIC de Excelência em Pesquisa, conseguiram publicar sua pesquisa na revista Scientia Prima.

#### **ANELISE RADDATZ**

Graduada em Química Industrial pela UFSM: Universidade Federal de Santa Maria – RS, em Química Licenciatura pela ULBRA: Universidade Luterana do Brasil – RS, professora de Química do Ensino Médio da Fundação Evangélica de Novo Hamburgo – RS.

#### **MATHEUS VICENZO LEHNEN**

Mestre em Engenharia Mecânica, com ênfase em Engenharia de Energia pela UNISINOS (2012). Graduado em Licenciatura em Física pela UNISINOS (2009). Atualmente é professor de Física no Ensino Médio da Instituição Evangélica de Novo Hamburgo.

#### **FERNANDA KOHLRAUSCH**

Mestra em Desenvolvimento Regional pela FACCAT, graduada em



Ciências Biológicas - Bacharelado e Licenciatura pela UNISINOS e especialista em Educação Ambiental pela UFSM. Atualmente é bióloga - L.L.Link Serviços de Dedetização Ltda e professora de Biologia no Ensino Médio e de Gestão Ambiental na Faculdade IENH - Instituição Evangélica de Novo Hamburgo.

submetido  
16.07.2020

reapresentado  
08.05.2021

aprovado  
08.06.2021

**Contribuição de autoria.** Fernanda Noschang da Rocha Colcete e Victória da Silva Panozzo participaram da elaboração do estudo, da investigação de dados, do levantamento bibliográfico e da redação do artigo. Anelise Raddatz, Matheus Vicenzo Lehnen e Fernanda Kohlrausch orientaram todas as etapas e participaram da revisão final e da edição do artigo.

**Apoio.** Instituição Evangélica de Novo Hamburgo (IENH); CNPQ – Bolsas de Iniciação Científica; Ulbratech – Acesso a laboratórios da Ulbra – Canoas, RS.

**Licença de uso.** Este artigo está licenciado sob a Licença Creative Commons CC-BY. Com essa licença você pode compartilhar, adaptar, criar para qualquer fim, desde que atribua a autoria da obra.