*Unisanta Science and Technology*, **2024, 1, September**
Published Online 2024 Vol.13 Nº2 http://periodicos.unisanta.br/index.php/sat)

UNISANTA
*Science and Technology*
**ISSN 2317-1316**

# Fabricação de embalagens com biopolímeros de Polihidroxialcanoato

**Marcia Féldreman Nunes Gonzaga [1], Fabio Marcio Squina [1], Rodrigo Boscariol [2]**

**UNISO [1]** – Universidade de Sorocaba – Programa de Pós-graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais
Rod. Raposo Tavares, km 92,5 - Vila Artura, Sorocaba - SP, 18023-000

**USCS [2] –** Universidade de São Caetano do Sul – Escola de Saúde – Medicina
Rua Santo Antonio, 50 - Centro, São Caetano do Sul - SP, 09521-160

**E-mail***:* marcia.feldreman@gmail.com
*Received July*, 2024

**Resumo:** Os requisitos técnicos relacionados as propriedades das embalagens dependem do tipo de produto a ser embalado, associado às necessidades adequadas para este fim. O polihidroxialcanoato (PHA) é um material muito semelhante à de polímeros convencionais, o polihidroxibutirato (PHB) corresponde ao PHA comum que apresentam melhor caracterização para desenvolver o biopolímero, estas embalagens podem ser utilizadas em micro-ondas, freezer, entre outros fins. Além disso, tais materiais podem ser moldados por injetora, sopros, rotomoldagem, termoprensagem e extrusão para fabricação de peças termoformadas. O ciclo de vida final da embalagem produzida de PHA, é a degradação por meios de microrganismos vivos, transformando a matéria-prima em água, gás carbônico e ricos nutrientes para o solo. Método: trata-se de uma pesquisa experimental, com caráter qualitativo, exploratória e longitudinal, definindo assim as formas, controle e de observação dos efeitos que a variável produziu no objeto, com o Objetivo: de avaliar a capacidade de resina de PHA no modelamento de um protótipo, em máquinas operacionais tipos sopradoras, em colaboração com a empresa parceira: ND Plásticos Indústria e Comércio que atua no mercado com desenvolvimento de plásticos convencionais. Resultados: A análise por Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) possibilitou verificar as transições térmicas da amostra, determinando a temperatura de fusão alcançada, e variações calorífica da amostra em estudo, propriedades termodinâmicas e o grau de cristalização da matéria-prima. Através da oportunidade de participação das atividades do cotidianas da indústria de plástico ND, possibilitou adquirir o conhecimento nos processos de desenvolvimento de embalagens plásticas, ampliando a visão da capacidade, destas mesmas injetoras produzirem o bioplástico sem necessidade de investimento em outros tipos de equipamentos. Discussão: As resinas de PHA no estudo confirmaram a capacidade de produzir embalagens a partir da resina de PHA, sem necessidade de investimento em equipamentos operacionais específicos.

**Palavras-chave:** biopolímeros, injetoras, embalagens, calorimetria, bioplástico-PHA.

# *Manufacture of packaging with* Polyhydroxyalkanoate *biopolymers*

**Abstract:** The technical requirements related to packaging properties depend on the type of product to be packaged, coupled with the appropriate requirements for this purpose. It is a material very similar to that of conventional polymers, polyhydroxybutyrate (PHB) corresponds to the common PHA which presents better characterization to develop the biopolymer, these packages can be used in microwaves, freezers, among other purposes. In addition, such materials can be molded by injector, blows, rotomoldage, thermoprensing and extrusion for the manufacture of thermoformed parts. The final life cycle of the PHA produced packaging is degradation by means of living microorganisms, transforming the raw material into water, carbon gas and rich nutrients for the soil. Methody: This study is experimental research, with qualitative, exploratory and


Copyright © 2024 ISESC. 

longitudinal character, thus defining the forms, control and observation of the effects that the variable produced on the object, with Objective the aim of evaluating the resin capacity of PHA in the modeling of a prototype, in operating machines blowing types, in collaboration with the company ND Plastics Industry and Commerce operating in the market with development of conventional plastics. Results: The test (CSD) made it possible to verify the thermal transitions of the sample, determining the melting temperature achieved, and calorific variations of the sample under study, thermodynamic properties and the degree of crystallization of the raw material. Through the opportunity to participate in the daily activities of ND Ltda, it has made it possible to acquire the knowledge in the processes of development of plastic packaging, expanding the vision of the capacity, these same injectors produce the bioplastic without need of investment in other types of equipment. Discussion: The PHA resins in the study confirmed the ability to produce packaging from PHA resin, without the need to invest in specific operating equipment.

**Keywords:** biopolymers, injectors, packaging, calorimetry, bioplastic-PHA.

## 1. Introdução

Embalagem é um recipiente destinado a contenção, armazenamento, conservação e transporte de um produto. Os requisitos técnicos relacionados as propriedades das embalagens dependem do tipo de produto a ser embalado, associado às necessidades adequadas para este fim. A matéria-prima selecionada para o desenvolvimento de embalagens para fins alimentícios ou farmacêuticos deverá seguir os critérios de protocolos da Anvisa, constando a garantia e controle de qualidade devidamente assinada (BRASIL, 2010; FONSECA, 2014).

Com o aumento do consumismo na sociedade contemporânea, também cresceu a preocupação com o descarte de materiais e resíduos no meio ambiente. Uma das soluções para esse problema é o uso de embalagens biodegradáveis. O ramo das embalagens de alimentos tem contribuído para o descarte irresponsável. Embora os plásticos tenham se tornado essenciais para a sociedade, seu descarte inadequado tem impacto negativo no meio ambiente. Por conta desse cenário, surgiram alternativas que empregam materiais "novos" na produção de embalagens ecologicamente corretas, como os polímeros verdes e os polímeros biodegradáveis (LANDIM, 2016). Os polímeros verdes são fabricados a partir de matérias-primas renováveis, embora nem sempre sejam biodegradáveis. Por outro lado, os polímeros biodegradáveis são aqueles que se degradam por meio da ação de microorganismos, os quais convertem o material em biomassa, dióxido de carbono e água (BRITO, 2011).

O polihidroxibutirato (PHB) se trata de uma variação de PHA comum que apresenta boa característica, sendo sintetizado por amplas variedades de bactérias gram-positiva e gram-negativa caracterizado (ARIAS, 2022). Seu material possui características físicas de rigidez, instabilidade térmica a alto ponto de fusão (Tf = 180 °C) e temperatura de transição vítrea (Tg) de cerca de 5 °C, possui alta cristalinidade e apresentam resistências a impactos e tração (COSTA, 2013). Sendo estas características muito semelhantes à de polímeros convencionais, estas embalagens podem ser utilizadas em micro-ondas e freezer (FONSECA, 2014). Além disso, tais materiais podem ser moldados por injetora, sopros, rotomoldagem, termoprensagem e extrusão para fabricação de peças termoformadas, como tampas de frascos, brinquedos, canetas, frascos de alimentos ou para produtos cosméticos. Para a indústria automobilística pode ser aplicado por métodos em extrusora (PLÁSTICO, 2012; COSTA, 2013).

Normalmente a produção de plásticos convencionais utiliza matérias-primas não renováveis como o petróleo, este, passa refinamento e extração de nafta. Esse processo, causa impactos ambientais, liberando gases de efeito estufa (GEE) ocasionando o aquecimento global (KOKUBUN, 2023).

Kloss (2007) em sua tese, apresenta uma relação de produtores industriais de polímeros biodegradáveis, aplicações e materiais envolvidos na produção. (1) Bayer produzidas de Poliéster de amida com aplicações em filmes e chapas; (2) Biotec. Desenvolvido a partir de amido bioplástico, também citada nas mesmas aplicações da Bayer, (3) Novamont, utilizando Amido /policaprolactona (PCL), sendo aplicado na função de manta protetora em vasos/plantações; (4) PHA Industrial que utilizam os processos de produção de Polihidroxibutirato (PHA) a partir de bactérias, sendo os produtos resultantes, utilizados em embalagens, tubetes de reflorestamento, dentre outras aplicações produzidas por método operacional através de injeção, não deixando de ressaltar a empresa (5) Basf que utiliza como material a combinação da Ecoflex com combinado de um polímero vegetal a base de milho, injetando a matéria-prima resultante em sacolas plásticas em frascos para cosméticos.



Copyright © 2024 ISESC 

A usina de açúcar e álcool (Coopersucar), que é destaque no Brasil, desenvolveu o biopolímero de PHA, denominado comercialmente como Biocycle. A constituição deste biopolímero procede por duas etapas, sendo a primeira por processo fermentativo, a partir da metabolização do açúcar para acumular o polímero e subsequente, a segunda etapa pelo processo de extração e purificação com adição de álcool, para o processo de secagem onde se obtém o produto sólido para o posteriormente realizar o processamento para embalagens (VELHO, 2006; FONSECA, 2014).

A Figura 1 mostra as resinas de produção de PHB industrial da empresa Coopersucar nomeada comercialmente por Biocycle.



Fonte:https://agencia.fapesp.br/plastico-biodegradavel-de-acucar-esta-pronto-para-escala-industrial (2012).

**Figura 1**. Resinas de PHAs/ PHB industrial da Biocycle.

Em um estudo de caso exploratório aplicado sobre embalagens convencionais e embalagens biodegradável na região de Marília/ São Paulo, foi enfatizado que a entrada no mercado industrial de polímeros biodegradáveis será inevitável, pois há uma forte pressão social, relacionado ao meio ambiente e sustentabilidade. A indústria aponta a necessidade de estudos de adaptação de aditivos e pigmentos para a produção operacional dos polímeros biodegradáveis. Este mesmo estudo, apresenta uma análise realizada através do site da empresa, de PHB citada acima, “a Biocycle”. A Usina apresenta vantagens significantes, quanto ao comparativo com outras indústrias, devido a utilização de cultivos fermentativos da sacarose, que é proveniente da cana-de-açúcar, sendo esta matéria-prima, o recurso utilizado pela indústria. No entanto, a usina aponta que as questões relacionadas a objeção na produção deste tipo de biopolímeros, são os custos elevados no processo envolvido (COSTA, 2013).

Bugnicourt et al (2014) em seu estudo descreve as características diferenciadas de PHA se tratando de um material de qualidade em suas propriedades de barreira e resistência mecânica, quando comparadas a outros tipos de bioplásticos como o poliácido láctico (PLA). O processamento e adição de aditivos sob medida do PHA, apresentam a processabilidade por extrusão ou moldagem mais aprimorados, destacando-os no adentramento comercial, como de embalagens alimentícias.

No entanto, na área da saúde o biopolímero de PHA tem maior indicação, devido seu monômero ser compatível com o sangue e tecidos, tendo a capacidade de metabolização normal no sangue humano, sua estrutura é mais flexível e transparente, sendo interessante em aplicações de suturas cirúrgicas em tecidos, vasos sanguíneos e implantes, sendo reabsorvidos pelos órgãos e tecidos (BUGNICOURT et al.,2014).

Outro fator relevante de impacto ambiental vantajoso na produção de polímeros biodegradáveis, estar relacionado com a degradação desta matéria-prima.

O ciclo de vida final da embalagem produzida de PHA, é a degradação por meios de microrganismos, transformando a matéria-prima em água, gás carbônico e ricos nutrientes para o solo. Caso a embalagem seja descartada fora do ambiente apropriado para o descarte, a degradação ocorrerá em período médio de alguns meses ou poucos anos para degradação completa, ou seja, período relativamente importante em comparativo com as embalagens provenientes do petróleo, cuja degradação acontecerá em centenas de anos (COSTA, 2013; FONSECA, 2014).

## 2. Materiais e métodos

Trata-se de uma pesquisa experimental, com caráter qualitativo, exploratória e longitudinal, definindo assim as formas, controle e de observação dos efeitos que a variável produziu no objeto, apresentando uma conclusão indutiva dos fatos analisados (DA SILVA; MENEZES, 2005., GIL, 1991; PRODANOV, FREITAS, 2013).

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos foi traçado um modelo operativo, possibilitando assim, analisar os resultados obtidos permitindo assim, maior compreensão sobre o assunto (GIL, 1991).

Nesta etapa metodológica, onde foram importados amostras de resinas de PHA da empresa fabricante profissional e exportador de matérias-primas denominada: Hebei BaoXiangHang Plastication products Co.,Ltd China, cujo predecessor da indústria, é a planta de plástico Hebei Shenghe, com o objetivo de desenvolver como protótipos, frascos pilotos, injetando as amostras


Copyright © 2024 ISESC

**Quadro 1.** Descrição das propriedades da resina de PHA**.**

| Resina de PHA- exportada da China | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Propriedades** | **Métodos de teste** | **Condições do teste** | **Unidade** | **Valor do teste** |
| Gravidade específica | ASTM D-792 | 23°C | g/cm$^3$ | 1.27 |
| Coeficiente de fluxo | ASTM D-1238 | 190°C/2,16 K | g/10min | 10-30 |
| Resistência à tração | ASTM D-638 | 23°C,50 mm/min | Kgf/cm$^2$ | 680 |
| Alongamento | ASTM D-638 | 23°C,50 mm/min | % | 12.5 |
| Força de impacto | ASTM D-256 | 23°C, Notched 1/8” | Kg-cm/cm | 8.5 |
| Força de flexibilidade | ASTM D-790 | 23°C,15 mm/min | Kgf/cm$^2$ | 620-650 |
| Distorção de temperatura | ASTM D-648 | 1820 kpa | °C | 70 |

**Fonte:** Dados fornecidos pela empresa.

exportadas que se encontravam em formatos de esferas, em máquinas operacionais tipos sopradoras. Isso feito em colaboração com a empresa parceira: ND Plásticos Indústria e Comércio que atua no mercado com desenvolvimento de plásticos convencionais.

O objetivo deste teste foi avaliar a capacidade de resina de PHA no modelamento de um protótipo, afim de avaliar as características físicas do bioplástico.

A amostra da matéria-prima (PHA) para teste primário foi importada da China; e desenvolvida em uma Máquina Sopradora (Rogeflex 1lt) Himaco da Marca Oriente, em parceria com a Indústria e Comércio de plástico Ltda. A ND Plásticos fica localizada na cidade de São Carlos – São Paulo. O modelamento do protótipo foi feito a partir do molde disponível de uso cotidiano, ou seja, pré-forma já definida da ND Plásticos, através do processo de fabricação por uma máquina que recebe pré-formas para Injeção e Sopro, com capacidade para 2L, rosca de 60 mm.

Para o processo do material biodegradável, foi realizado o ajuste do cabeçote de temperatura no cabeçote da máquina para 170 ºC (SPINOLA; 2018). A peça escolhida para molde foi de um frasco pequeno e um frasco maior, semelhante a uma embalagem de xampu, com a pretensão de realizar o teste do biopolímero importado, em vias de verificar a aplicabilidade dos potes em amostras de fórmulas de cremes de manipulação para uso fácil e/ou corporal, avaliando a durabilidade e/ou fragilidade, estabilidade térmica, possível degradação e resistência do frasco para uso final pelo consumidor.

O quadro 1 expõe a descrição das propriedades da resina de PHA, conforme fornecido pela empresa.

### 2.1. Calorimetria de Varredura Diferencial (DSC)

Foi utilizado o equipamento de calorimetria diferencial de varrimento DSC-60/SHIMADZU para avaliar as variações das propriedades térmicas do “biopolímero exportado, revelando suas propriedades termodinâmicas, medindo as taxas de calor com a emissão dos sinais analógicos que correspondem às funções lineares. Este método de ensaio apresenta a consistência em aquecer uma amostra, afim de determinação da Temperatura de Fusão (Tm) foi realizada a partir da análise de taxa de temperatura partindo de 10 ºC até 400 ºC, seguindo as etapas de aquecimento/ resfriamento/ aquecimento, o intervalo de tempo no equipamento, se seguindo em valores constantes, de 10 ºC/ min, em atmosfera de nitrogênio, (vazão de 50,0 mL/min) calculando-se as médias, procedido de varreduras para comparação (FRANSSON; BÄCKSTRÖM, 1985; MACHADO *et al.,* 2010).

As medidas são: a absorção, estabilidade térmica, entropia e ainda o grau de cristalinidade de um polímero através da quantificação do calor associado à fusão do polímero (A) e temperatura (T), respectivamente (FRANSSON; BÄCKSTRÖM 1985; SPÍNOLA, 2018). A temperatura de transição vítrea (Tg) do polímero de PHA é de aproximadamente 5 °C e a temperatura de fusão (Tm), de 175 °C (MACHADO *et al*., 2010). O equipamento utilizado para fazer o DSC está ilustrado na Figura 2.

Para meios comparativos do método diferencial de temperatura, a amostra é comparada é uma amostra inerte de referência, ou seja (vazia), de modo a não sofrer sua influência e posteriormente foi adicionado os grânulos de resina (PHA) provindo da China, afim de registrar as in-


Copyright © 2024 ISESC

formações sobre as transições do calor envolvido, identificando assim, as propriedades termodinâmicas da amostra inerte (SPÍNOLA, 2018).



**Figura 2.** Equipamento de calorimetria diferencial de varredura.

## 3. Resultados e Discussão

O teste de (DSC) possibilitou verificar as transições térmicas da amostra, determinando a temperatura de fusão alcançada, e variações calorífica da amostra em estudo, propriedades termodinâmicas e o grau de cristalização da matéria-prima (SPINOLA,2018).

A caracterização em termos de propriedades térmicas com avaliação da temperatura de fusão (Tm) (Figura DSC), parâmetro interligado ao potencial de aplicações do polímero, conforme ilustrado o gráfico obtido na Figura 3.

Através do ensaio de DSC, observa-se que principal evento endotérmico para PLA/PHA/BambooFill são os picos acentuados em 333,6°C (com entalpia de fusão associada de 298,7J/g). O biopolímero produzido exibe temperaturas de fusão relativamente altas, permitindo concluir que são estáveis para a aplicação pretendida, uma vez que a temperatura na estocagem raramente excede 45°C.

### 3.1. Protótipo Resultante de PHA do Molde por Sopro

Foi desenvolvido um frasco, tipo xampu, com tampa, pesando 33,43 g; e um frasco pequeno tipo embalagem para álcool em gel, que pesou, em média, 10,55 g. A tampa desenvolvida e utilizada para os frascos foi de resina comum, polipropileno (PP).

Os resultados da testagem operacional pelo processo de sopro confirmaram a fabricação das resinas de PHA no molde no protótipo escolhido, sob mesmas condições de fabricação do polímero não renovável, não necessitando de molde específico escolhido.

As características do protótipo desenvolvido, também são as mesmas de outros polímeros a base de petróleo, a transparência, flexibilidade a impacto e rigidez na superfície, apresentando as características de barreiras e preservação, no caso de adição de soluções protegendo no meio interno do meio externo.

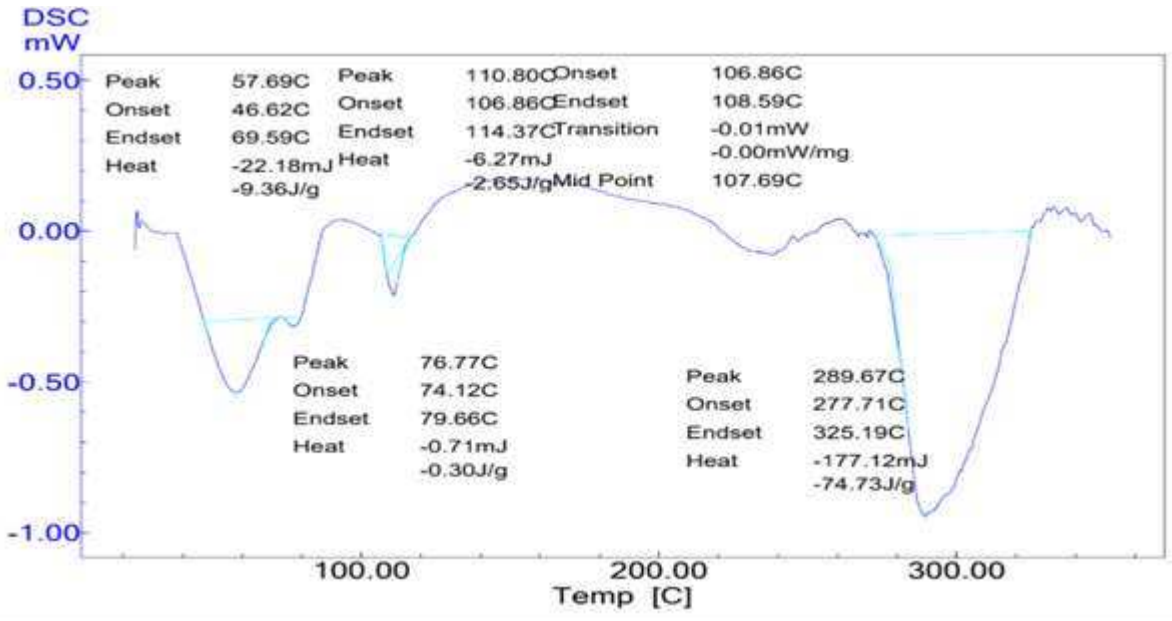



**Figura 3.** Resultados da análise por DSC.


Copyright © 2024 ISESC

A propriedade mecânica se mostrou boa em relação à impactos de queda livre de aproximadamente 2 metros de distância, comportando 30 mL de solução, em média.

A tampa adotada para o frasco é um polímero comum (PP). A Figura 4 apresenta dos Protótipos desenvolvidos (amostras) nas embalagens.

## 4. Considerações finais

O objetivo deste trabalho foi estudar e acompanhar o processo da produção de um protótipo de bioplástico-PHA em injeção por sopro.

O bioplástico desenvolvido a partir de PHA seria um substituto ideal de plásticos convencionais, não só devido sua descartabilidade rápida, e sim por sua rápida capacidade de decomposição no meio ambiente, sem deixar resíduos tóxicos.

Através da oportunidade de participação das atividades do cotidianas da ND Ltda, possibilitou adquirir o conhecimento nos processos de desenvolvimento de embalagens plásticas, ampliando a visão da capacidade, destas mesmas injetoras produzirem o bioplástico sem necessidade de investimento em outros tipos de equipamentos.

As resinas de PHA no estudo confirmaram a capacidade de produzir embalagens a partir da resina de PHA, sem necessidade de investimento em equipamentos operacionais específicos, viabilizando o desenvolvimento de biopolímeros, pois sua aplicação é um nicho amplo crescente.

As vantagens apontadas da produção e uso do PHAs, solucionariam questões do meio ambiente, contribuindo também com a geração de empregos no campo e indústria.

De qualquer forma, há uma forte pressão da sociedade e políticas públicas em relação a sustentabilidade, pensando neste sentido, é sabido que há necessidade de realização de pesquisas sobre bioplásticos, pois a substituição dos polímeros convencionais está num futuro próximo. Sugere-se estudos futuros de análise de testes de solubilidades e degradação de protótipos destes compostos.

## Referências

ARIAS Roblero, Mónica. Aprovechamiento de un subproducto del procesamiento del banano para la producción de polihidroxibutirato (PHB) mediante fermentación submergida. Tesis Maestría. Universidad de Costa Rica. 2022. Disponível em: https://hdl.handle.net/10669/86784 Acesso em: 10 julho 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 27, de 6 de agosto de 2010. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/res0027_06_08_2010.html. Acesso em 11 jul. 2023.

BUGNICOURT, Elodie; CINELLI, Patrizia; ALVAREZ, Vera; LAZZERI, Andrea Polyhydroxyalkanoate (PHA): Review of synthesis, characteristics, processing and potential applications in packaging; Express Polymer Letters, 8(11), 791–808. DOI: Disponível em: http://dx.doi.org/10.3144/expresspolymlett.2014.82. Acesso em: 18 agosto 2022.

COSTA, Ana Carolina Perini. Análise da substituição de polímeros convencionais por polímeros biodegradáveis– um estudo de caso. 2013. Centro Universitário Eurípides de Marília, SP: [s.n.], 2013. 63 f. Disponível em: http://hdl.handle.net/11077/1035. Acesso em: 05 mar. 2020.

DA SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2005.



**Figura 4.** Protótipos desenvolvidos empregados no fechamento de embalagens.



Copyright © 2024 ISESC 

FONSECA, Camila Chuluck. Produção e utilização do biopolímero poli(hidroxibutirato) (PHB) em embalagens alimentícias (2014). Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2013. Disponível em: https://sistemas.eel.usp.br. Acesso em 10 nov 2022.

FRANSSON, Åke; BÄCKSTRÖM, Gunnar. Automated differential scanning calorimetry at low temperatures. International journal of thermophysics, v. 6, n. 2, p. 165-175, 1985. Disponível em: https://doi.org/10.1007/BF00500029. Acesso em: 19 out. 2022.

G. F. BRITO, P. A. E. M.. A. T. J. A. M. Biopolímero, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. Remap, ISSN 1809-8797 / v.6.2 (2011) 127–139, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/289427889_Biopolimeros_polimeros_biodegradaveis_e_polimeros_verdes. Acesso 11 jul.2024.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1991.

LANDIM, A. P. M. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. Scielo, p. 82-92, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.20435/inter.v24i1.3671. Acesso 11 jul.2024.

KLOSS, Juliana Regina. Síntese e caracterização de poliuretanos biodegradáveis à base de poli(ε-carprolactona). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007. Disponível em: https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/16899/JulianaReginaKloss.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em 10 jul.2023.

Kokubun, Carolina Yumi Nozawa. Alternativas sustentáveis para a diminuição do plástico convencional embalagens flexíveis alimentícias. Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista (UNESP) 2023. Disponível em: https://hdl.handle.net/11449/252995. Acessado:10 jul.2024.

MACHADO, Miriam L. C.; Pereira, Nilson C.; Miranda, Leila F. de; Terence, Mauro C.; Pradella, José G. C. Study of mechanical and thermal properties of the polymer Poly-3-hydroxybutyrate (PHB) and PHB/wood flour composites. Polímeros: Ciências e Tecnologia 2010, v. 20, n., p. 65-71. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0104-14282010005000011. Acesso em: 20 jul. 2022.

POP, M. A., Croitoru, C., Bedő, T., Geamăn, V., Radomir, I., Cosnită, M.,Milosan, I. Structural changes during 3D printing of bioderived and synthetic thermoplastic materials. Journal of Applied Polymer Science, v. 136, n. 17, p. 47382, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1002/app.47382. Acesso em 04 nov. 2020.

Prodanov, Cleber Cristiano; Freitas, Ernani Cesar. Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico] : métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, ISBN 978-85-7717-158-3 2013. Disponível em: http://www.feevale.br/editora%3E. Acesso em: 13 jul.2023.

SPÍNOLA, João Pedro Pestana. Bioplásticos como plataforma de baixo custo para testes de diagnóstico colorimétricos. 2018. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) 2018. Disponível em: http://hdl.handle.net/10362/89830. Acesso em: 19 out 2020.

TOLEDO Karina. Plástico biodegradável de açúcar está pronto para escala industrial. Agência Fapesp. 2012. Disponível em: https://agencia.fapesp.br/plastico-biodegradavel-de-acucar-esta-pronto-para-escala-industrial/15994/. Acesso em 10 jul.2022.

TSUJI, Hideto; Yoshito Ikada. "Crystallization from the melt of poly(lactide)s with different optical purities and their blends." Macromolecular Chemistry and Physics 197 (1996): 3483-3499. ID: 93332606. Disponível em: https://doi.org/10.1002/macp.1996.021971033. Acesso em 10 jul.2023

VELHO, Lea; VELHO, Paulo. The development of a sugar-based plastic in Brazil: The role of government schemes in fostering public sector research-industry relations. In: Technology Transfer Society Conference, 2006, Atlanta, Georgia, USA. In Telles, 2011. Produção, propriedades e aplicações de bioplástico obtido a partir da cana-de-açúcar. Ciência & Tecnologia, [S. l.], v. 2, n. 1, 2011. Disponível em: https://citec.fatecjab.edu.br/index.php/citec/article/view/65. Acesso em: 16 jan. 2023.



Copyright © 2024 ISESC 