

**Lucas Bohnenberger**

Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária pela  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo – RS.

**Eduardo Dias Fenner**

Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária pela  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo – RS.

**Gabriel do Amaral Minussi**

Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária pela  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo – RS.

**Jéssica Piovesan Bertolo**

Estudante, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo – RS.

**Aline Raquel Müller Tones**

Professora, Doutora, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo – RS.

## RESUMO

O progressivo consumo de produtos descartáveis agravou problemas associados ao descarte dos resíduos sólidos. Com o crescente aumento populacional, houve também uma maior demanda de produtos alimentícios no começo do século XX, sendo necessário embalagens superiores às existentes na época, para melhor proteção dos bens alimentícios. É neste cenário, que surge a embalagem cartonada, popularmente conhecida por longa vida. Estas podem condicionar o alimento por um longo período, devido a sua constituição. Os principais constituintes são papel, polietileno de baixa densidade (LDPE) e alumínio, ordenados de maneira específica. Neste contexto, presente trabalho investigou na literatura as possibilidades sustentáveis para uma destinação dessas embalagens, visto que, no pós consumo, essas embalagens são dispostas de maneira errônea ou ainda em aterros sanitários, e uma alternativa mais eficiente seria a reciclagem. Outra alternativa, mais simplificada, dado que os processos de reciclagem são dificultados devido a estrutura multicamadas, seria o reuso das embalagens em artesanatos ou ainda na construção civil. As alternativas apresentadas se demonstram interessantes, assegurando a economia dos recursos naturais e da qualidade de vida das próximas gerações.

**Palavras-chave:** reaproveitamento; reuso; reciclagem; resíduos.

## INTRODUÇÃO

Os problemas relacionados com o descarte dos resíduos sólidos vêm se acentuando com o crescente consumo de produtos descartáveis, onde países subdesenvolvidos passaram a seguir os padrões de consumo dos

países desenvolvidos, já que dão preferência às embalagens descartáveis, por dar uma maior comodidade para os usuários e grande fonte de renda para empresas (CORTEZ, 2011).

Este padrão, fez com que alguns países como Estados Unidos e Japão, começaram a ter problemas com a disposição de resíduos sólidos gerados, principalmente relacionado ao espaço físico para alocação dos mesmos, onde muitas vezes são exportados a longas distâncias para a destinação final. Deste modo, é um grande desafio para a humanidade a diminuição do descarte de materiais, bem como no desenvolvimento de tecnologias de reciclagem (EKERT *et al.*, 2020; DO NASCIMENTO; DA CRUZ, 2017).

No Brasil, por meio da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), objetiva-se a redução da geração de resíduos e de materiais descartados por indústrias, residências e empresas. Quanto a situação das mais variadas embalagens, a PNRS contempla a responsabilidade dos geradores, consumidores e poder público, e se bem conduzida, realiza um grande avanço na tentativa de minimizar os problemas gerados através da exploração dos recursos naturais e descarte excessivo sem o devido reaproveitamento (BRASIL, 2010).

No começo do século XX, a produção e distribuição de bens e produtos alimentícios passou a ter uma maior demanda, assim, observou-se a necessidade do desenvolvimento de embalagens reforçadas para proteger esses itens. Com o passar dos anos, os fabricantes se especializaram e realizaram embalagens rígidas e resistentes, nas quais protegem os produtos do colapso durante o transporte e fornecem boas funções de impressão e exibição (MARTÍNEZ-BARRERA *et al.*, 2019).

As embalagens cartonadas, multicamadas ou também conhecidas como “longa vida”, são exemplos desta evolução para armazenamento no setor alimentício, visto que são embalagens que têm capacidade de acondicionar alimentos por muitos meses. Essa eficiência se dá devido a composição do material das embalagens. Na qual os principais materiais são papel, polietileno de baixa densidade (LDPE) e alumínio, sendo organizados alternadamente em diversas camadas (CUNHA; SICHIERI, 2014).

Contudo, devido às características apresentadas, a reciclagem desta classe de resíduos é complicada, devido os diferentes componentes constituintes. (GEORGIOPOULOU *et al.*, 2021). Uma alternativa, seria realizar a reciclagem artesanal das embalagens cartonadas para utilizar o material para produzir novos produtos, sem que seus componentes sejam separados. A reutilização é possível, pois as embalagens possuem propriedades físicas e químicas que lhe atribuem durabilidade, além de propriedades estéticas diferenciadas (MARQUES *et al.*, 2018).

Desse modo, o objetivo deste trabalho foi de realizar um breve relato acerca da caracterização, especificidades e panorama de reciclagem deste material, bem como das possibilidades de reciclagem das embalagens cartonadas longa vida.

## METODOLOGIA

Este trabalho se caracteriza como pesquisa bibliográfica, considerando a literatura publicada acerca deste tema nas últimas duas décadas. Como base de dados utilizou-se Science Direct, Scopus, Portal Capes e Google Acadêmico. Como palavras-chaves, os termos: longa vida, reciclagem de embalagem longa vida, reuso de embalagem longa vida, embalagens cartonadas, reciclagem de embalagem cartonadas, reuso de embalagem cartonada foram utilizadas.

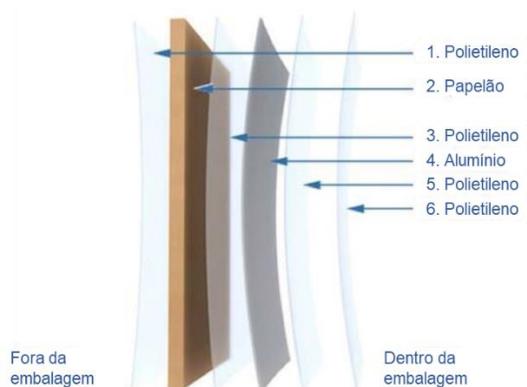
## REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

### EMBALAGENS LONGA VIDA

Na busca da diminuição de transtornos de abastecimento de leite, em 1961 o Dr. <sup>o</sup> Ruben Rausing, criou a embalagem tipo longa vida, a qual une as ideias de ultra pasteurização e embalagem asséptica, protegendo dessa maneira o leite, sem a necessidade de adição de conservantes ou refrigeração (RAUSING, 1969).

As primeiras embalagens eram originalmente de papel parafinado, plástico e o selamento era feito a vácuo e de formato tetraédrico. Atualmente seu formato, conforme a Figura 1, é de paralelepípedo e possui uma estrutura de multicamadas, onde elas são constituídas de papel (75% em peso), LDPE (20% em peso) e alumínio (5% em peso) (HAYDARY *et al.*, 2013).

Figura 1 - Composição da embalagem cartonada



Fonte: Adaptado de GEORGIOPOULOU *et al.*, 2021.

No processo de fabricação, as embalagens são ordenadas em suas camadas e passam por um processo de laminação, no qual é realizada uma compressão sobre as camadas. O papel duplex é formado por duas camadas, sendo uma camada branca, unidas sem cola, oferecendo suporte mecânico e resistência à embalagem, além de receber a impressão dos rótulos

(NASCIMENTO *et al.*, 2007).

As embalagens apresentam somente uma camada de alumínio, onde essa se encontra entre duas de polietileno, assim, atuando como uma barreira à entrada de luz e oxigênio nas embalagens. O plástico presente na embalagem serve para isolar o papel da umidade (camada externa), impedir o contato direto do alumínio com os alimentos (camada interna) e promover a adesão entre os outros materiais (camadas intermediárias) (LOKAHITA *et al.*, 2017; ZAWADIAK *et al.*, 2017).

Para se obter uma embalagem asséptica, deve-se passar por um processo de esterilização, antes do envase do alimento, usualmente passam pelo tratamento UHT (Ultra-high Temperature) resultando num produto estável durante 6 meses nas prateleiras.

Em questões de uso global, no ano de 2019 foram confeccionadas pela Tetra Pak, cerca de mais de 190 bilhões de embalagens, sendo vendidas em mais de 160 países (TETRA PAK, 2020). Já a SIG Combibloc, confeccionou cerca de 38 bilhões de embalagens cartonadas, atendendo um mercado de 68 países (SIG, 2020).

## ESPECIFICIDADES DAS EMBALAGENS E DAS ETAPAS E POSSIBILIDADES DE RECICLAGEM

Uma parcela significativa das embalagens cartonadas pós consumo, tem sua destinação para aterros sanitários. Assim, a reciclagem dessas embalagens se faz necessária para reduzir os impactos ambientais da geração de resíduos, para que dessa forma, possa recuperar os materiais contidos nas embalagens cartonadas possam ser inseridos ou reutilizados nos processos de produção, reduzindo a necessidade de exploração dos recursos naturais (HAYDARY *et al.*, 2013; ZÚÑIGA-MURO *et al.*, 2021). Porém os processos de reciclagem dessas embalagens, são prejudicadas pela sua composição e ao custo do processo (KRAUKLIS *et al.*, 2021; DELVERE *et al.*, 2019).

No entanto, a reciclagem permite que o papel tenha novas possibilidades de uso, para o LDPE se tem a possibilidade de ser processado através de processos de injeção ou extrusão. Já para o alumínio, após processo de reciclagem, é disposto em forma de lingotes, podendo servir como alternativa de fonte de matéria prima para a indústria de fundição, por exemplo (SOUZA, 2011).

As técnicas comumente usadas para o tratamento das embalagens longa vida pós consumo, são segmentadas entre as que processam todos os componentes conjuntamente e aquelas que incluem uma etapa anterior para retirada do papel.

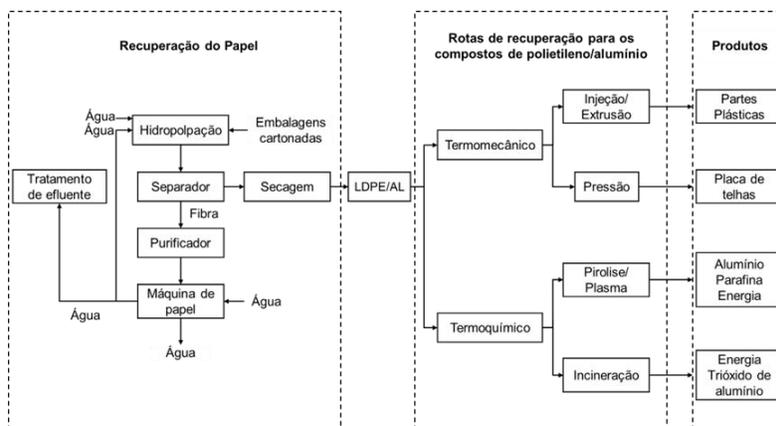
Na primeira situação, as embalagens são submetidas a processos térmicos (incineração, pirólise, gaseificação), objetivando a recuperação de energia. Porém, o processo não acaba por não ser muito eficiente, pelo motivo das baixas temperaturas de aquecimento e demais características (teor de umidade, alto valor de cinzas) do papel. Entretanto, as embalagens

que são recicladas podem ser usadas para produção de placas laminadas e de vários outros produtos, por meio da prensagem a quente das embalagens (ZAWADIAK *et al.*, 2017).

Já na segunda situação, na qual o papel é retirado por hidropolpação, processo que ocorre na presença de água e as fibras celulósicas são separados das camadas de alumínio por forças centrífugas. Os resíduos da recuperação de papel são as camadas externas de LDPE e uma liga plástica de alumínio-polietileno (Al-PE) (ZAWADIAK *et al.*, 2017).

Dessa forma, até o presente momento, os principais métodos de reciclagem explorados foram os processos mecânicos e químicos (MARTÍNEZ-BARRERA *et al.*, 2019). Na reciclagem mecânica de embalagens longa vida, processos como a hidropolpação têm sido usados em fábricas de papel e celulose (ROBERTSON, 2021). Na figura 2 estão representadas as possíveis rotas de tratamento, bem como os possíveis produtos.

Figura 2 - Possibilidades para LDPE/Alumínio.



Fonte: Adaptado de MANTEGAZINI *et al.*, 2021.

Este produto remanescente de LDPE/Alumínio, então é pirolisado para se obter energia nos processos, nos quais o alumínio poderia ser recuperado (CINEA, 2006). Porém, o material reciclado é de difícil comercialização devido ao seu alto consumo energético e baixa qualidade do produto formado. Dessa forma, para melhorar a qualidade dos materiais reciclados, foram aplicados métodos de dissolução a base de solvente nas embalagens pós consumo e hidropulpadas, para assim, ser possível extrair o polietileno (PE) puro e separar o alumínio (KAISER *et al.*, 2018; ACHILIAS *et al.*, 2009).

Além disso, também existem aplicações de gaseificação por plasma para transformar o plástico em parafina e recuperar o alumínio em sua forma pura (KARABOYACI *et al.*, 2017). Além de que, a pirólise aplicada ao resíduo de Al-PE do processo de hidropulpagem a 400°C em uma câmara livre de

oxigênio. O material plástico evapora e é utilizado para gerar eletricidade, enquanto o alumínio permanece e pode ser reaproveitado (CINEA, 2006).

O processo de pirólise recicla quimicamente as embalagens pós consumo. No estudo realizado por Korkmaz *et al.* (2009), onde realizou pirólise das embalagens em ambiente inerte com temperaturas de até 600°C e obteve líquido aquoso e cera como produto. A cera obtida, advém da fração de LDPE na qual continha parafina, aromáticos e olefinas. Já a fase aquosa que na qual contém fenóis, deriva da fração de papel presente nas embalagens.

Já Lokahita *et al.* (2017), utilizaram um tratamento hidrotérmico para produzir hidro carvão como combustível sólido. Os mesmos autores ainda citam que a maioria das abordagens desse método faziam downcycle (perda de características originais) das embalagens pós consumo, tendo alto gasto energético ou ainda usando parcialmente o volume de embalagens, principalmente devido às características do papel anteriormente citadas.

Além dessas técnicas, se tem o uso das embalagens sem passar por um processo mecânico, químico ou térmico. Como é o caso em que se usa as embalagens cartonadas como um complemento na construção civil, como forro térmico (MARQUES *et al.*, 2018).

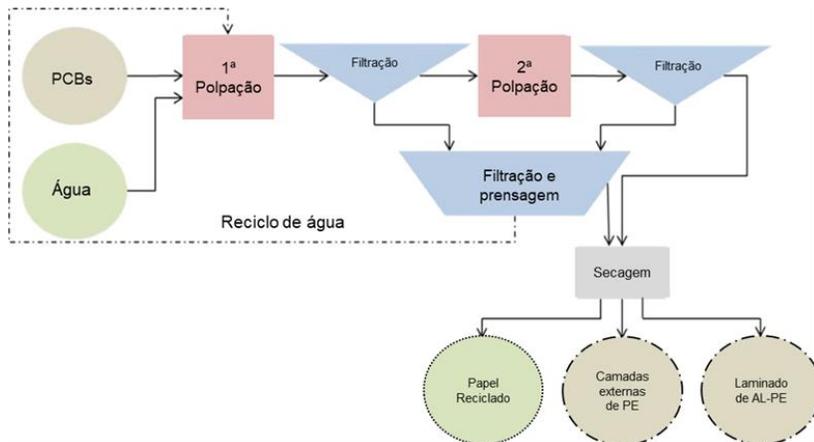
Dessa forma, os forros consistem numa estrutura que reveste os telhados dos ambientes, no qual proporcionam isolamento e conforto térmico em localidades com altas temperaturas ou ainda com baixas temperaturas. Assim, a face de alumínio reflete o calor em dias quentes e não deixa o calor sair das residências em dias frios, além disso o material evita goteiras e bloqueia a entrada de sujeira (MALLET, 2010).

### *Hidropolpação*

A separação dos diferentes materiais constituintes das embalagens cartonadas, por esse método, é realizada com um equipamento chamado hidropulper e, não precisa a adição de aditivos químicos ou de processos térmicos. Neste equipamento se faz uma agitação mecânica juntamente com água (velocidade de agitação angular de 280 a 450 rpm), por cerca de 30 a 40 min, posteriormente ocorre a retirada das fibras de papel em suspensão por bombeamento pela parte inferior do equipamento, o qual apresenta uma chapa perfurada, posteriormente as fibras são levadas à prensa e secagem, a fim de tirar o excesso de água. Esta água então é recirculada no sistema. (NEVES, 1999; GEORGIPOULOU *et al.*, 2021).

O material restante retido, é uma mistura de LPDE e alumínio, que são retirados pela lateral do equipamento, via ação da gravidade. Porém, necessitam passar por um procedimento de limpeza, devido ao residual de fibras. A água contendo o residual, é então recirculada no sistema, isso é possibilitado, uma vez que não se tem a adição de aditivos químicos ou a ação de processos térmicos. Já a mistura de LPDE e alumínio é prensada e secada ao ar livre. Todos os processos descritos estão representados na Figura 3.

Figura 3 - Rotas de recuperação do papel das embalagens cartonadas.



Fonte: Adaptado de GEORGIPOULOU et al., 2021.

A respeito do rotor do hidropulper, a sua escolha está atrelada a com a qualidade da fibra, onde o processo promove uma concentração de alta consistência das fibras de papel na solução aquosa, assim, requerendo uma ação mecânica e energética maior ou menor, havendo uma desagregação dos materiais mais branda. Enquanto nos processos de baixa consistência são realizados corte das fibras, nos quais refletem nas características finais do papel. Dessa forma, a quantidade de vezes que se é possível reciclar a fibra com suas características intrínsecas, pode ser afetado com o tipo de desagregação realizada (NEVES, 1999).

## PANORAMA DE RECICLAGEM DE EMBALAGENS CARTONADAS NO BRASIL

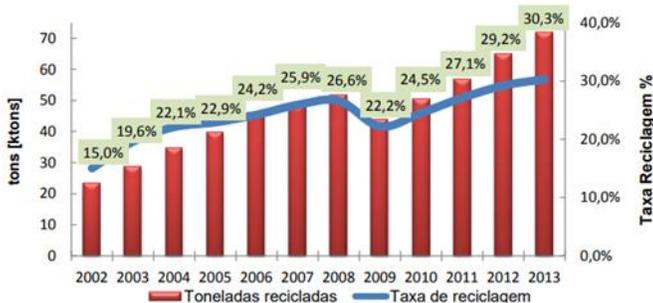
De uma maneira geral, as empresas das embalagens cartonadas longa vida trouxeram para o Brasil suas vivências realizadas no setor industrial, com medidas que visam reduzir o impacto de sua cadeia produtiva e de seus produtos no meio ambiente. Frente às metas globais de sustentabilidade, as empresas atuam de várias formas para a redução de impactos ambientais. Também investem em desenvolvimento de tecnologias, aumento da capacidade instalada de reciclagem e capacitação de cooperativas de catadores (BATISTA *et al.*, 2018).

Assim, investindo em educação ambiental, conscientização e apoio técnico para estimular a reciclagem de suas embalagens (UEMURA; COMINI, 2017). Mesmo com as dificuldades encontradas pelos catadores e instituições no Brasil, foram identificados alguns avanços no país. No ano de 1999 houve uma reciclagem das embalagens de 10%, porém, através dos avanços, se obteve um aumento para 26,6% no ano de 2008 (SILVA, 2017). Esse aumento pode estar relacionado com a estimulações de cooperativas e uma

maior facilidade de acesso à tecnologia de reciclagem.

Como pode se observar na Figura 4, a taxa de reciclagem vem crescendo ano após anos, porém nos anos de 2008 e 2009, devido à crise financeira que impactou todo o planeta houve uma redução dessa taxa de reciclagem para 22,2%. Porém após esse período, esse percentual voltou a crescer, no ano de 2012 houve uma reciclagem de 29% das embalagens pós consumo, totalizando 61 mil toneladas recicladas (LANDIM *et al.*, 2016). Já no ano de 2013 chegou a marca de 30,3% obtendo um valor aproximado de 71 mil toneladas recicladas (UEMURA; COMINI, 2017).

Figura 4 - Taxa de reciclagem de 2002 até 2013.



Fonte: UEMURA; COMINI, 2017.

No ano de 2016, a empresa TetraPak atingiu uma taxa de reciclagem de suas embalagens de 23,3%, totalizando mais de 60 mil toneladas (BATISTA *et al.*, 2018). Em dados publicados pela instituição de Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), no ano de 2021 foram recicladas cerca de 35,9% das embalagens cartonada (CEMPRE, 2021). E a tendência é que essas taxas subam, visto que no Brasil as companhias estão investindo no desenvolvimento de novas técnicas para a reciclagem assim como a intensificação e expansão das atividades de coleta seletiva com organização dos municípios, cooperativas e comunidade (CEMPRE, 2021; BATISTA *et al.*, 2018)

No Brasil existem 35 recicladores de embalagens cartonadas do tipo longa vida, com um faturamento de R\$80 milhões por ano (LANDIM *et al.*, 2016). Diante disso, é possível comprovar que os esforços para desviar os resíduos de embalagem longa vida do destino final, em aterros sanitários, para a reciclagem contribuem efetivamente para as mudanças ambientais globais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No que tange as embalagens cartonadas, todas as suas camadas constituintes (papel, plástico e alumínio) são totalmente passíveis de reciclagem. As técnicas de reciclagem no decorrer dos últimos anos estão

evoluindo, através de novos métodos e alternativas de uso. Assim, objetivando agregar maior valor ao produto da reciclagem, e consequentemente gerando maior interesse da indústria.

Como citado neste trabalho, há uma série e de opções de reciclagem as embalagens cartonadas pós consumo, que variam de processos que utilizam a embalagem sem nenhum tipo de processo de separação a processos, o que recupera as fibras de papéis, LPDE e alumínio. Dessa maneira abrindo um grande leque de opções para o que antes seria descartado de maneira imprudente em aterro.

O processo de reciclagem se resume basicamente em duas etapas consequentes. No primeiro momento é a recuperação do papel, este servirá como matéria prima de papelão ondulado, papel kraft dentre outros. Concluída essa etapa, forma-se uma mistura de LPDE e alumínio, o qual pode ser utilizado na fabricação de peças plásticas, placas, telhas e pellets, ou ainda podem ser segregados completamente, por processos termoquímicos, resultando na obtenção de parafina, alumínio metálico ou energia.

Em suma, espera-se que através das tecnologias atuais e das que virão a surgir haja um melhor aproveitamento das embalagens cartonadas pós consumo, bem como uma redução no gasto energético e financeiro, seja através da reciclagem, ou ainda através de métodos alternativos de reuso.

Dessa forma, através da interação entre os seres vivos e o meio ambiente, são necessárias formas para que haja uma ciclagem da energia e dos recursos em nosso planeta. Assim, a utilização desses recursos, servem para manter a qualidade de vida dos seres humanos. Dessa forma a reutilização, reciclagem entre outras utilizações das embalagens cartonadas, se torna uma alternativa interessante. Visto que, dessa maneira, se pode assegurar a qualidade de vida das futuras gerações.

## REFERÊNCIAS

ACHILIAS, D. S.; GIANNOULIS, A.; PAPAGEORGIU, G. Z. Recycling of polymers from plastic packaging materials using the dissolution–precipitation technique. **Polymer Bulletin**, v. 63, n. 3, p. 449-465, 2009.

AGÊNCIA DE EXECUÇÃO EUROPEIA DO CLIMA, DAS INFRAESTRUTURAS E DO AMBIENTE (CINEA). Converting Laminates into Energy and Aluminium for the benefit of Nature (LIFE06 ENV/E/000010). Bruxelas, 2006.

BATISTA, L.; GONG, Y.; PEREIRA, S.; JIA, F.; BITTAR, A. Circular supply chains in emerging economies – a comparative study of packaging recovery ecosystems in China and Brazil. **International Journal of Production Research**, [S.L.], v. 57, n. 23, p. 7248-7268, 27 dez. 2018.

BRASIL, Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

CEMPRE - Compromisso do setor Empresarial para Reciclagem. Embalagens longa vida. **CEMPRE**. s/d. Disponível em: <<https://cempre.org.br/embalagens-longa-vida/>>. Acesso em: 12 aug. 2021.

CORTEZ, A. T. C. Embalagens: o que fazer com elas? **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1-15, 2011.

CUNHA, E. C.; SICHIERI, E. P. Placas recicladas de embalagens longa vida: caracterização, design e propostas projetuais. São Carlos, v. 261, 2014.

DELVERE, I.; ILTINA, M.; SHANBAYEV, M.; ABILDAYEVA, A.; KUZHAMBERDIEVA, S.; BLUMBERGA, D. Evaluation of polymer matrix composite waste recycling methods. Scientific Journal of Riga Technical University. **Environmental and Climate Technologies**, v. 23, n. 1, p. 168-187, 2019.

DO NASCIMENTO, Clesley Maria Tavares; DA CRUZ, Maria Lúcia Brito. Resíduos sólidos: presença e ameaça no espaço geográfico. **Geotextos**, 2017. vol. 13, n. 2, p. 183-206, 2017

ECKERT, C.; RIAL, C. S. de M.; COLOMBIJN, F. Antropologia e resíduos sólidos/lixo. Iluminuras: série de publicações eletrônicas do Banco de Imagens e Efeitos Visuais, LAS, PPGAS, IFCH e ILEA, UFRGS. Porto Alegre, RS. Vol. 21, n. 55, p. 5-13, 2020.

GEORGIOPOULOU, I.; PAPPAS, G. D.; VOUYIOUKA, S. N.; MAGOULAS, K. Recycling of post-consumer multilayer Tetra Pak® packaging with the Selective Dissolution-Precipitation process. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 165, p. 105268, 2021.

HAYDARY, J.; SUSA, D.; DUDÁŠ, J. Pyrolysis of aseptic packages (tetrapak) in a laboratory screw type reactor and secondary thermal/catalytic tar decomposition. *Waste Management*, v. 33, n. 5, p. 1136-1141, 2013.

KAISER, K.; SCHMID, M.; SCHLUMMER, M. Recycling of polymer-based multilayer packaging: A review. *Recycling*, v. 3, n. 1, p. 1, 2018.

KARABOYACI, Mustafa; ELBEK, Gozde Gizem; KILIC, Mehmet; SENCAN, Aziz. Process Design for the Recycling Of Tetra Pak Components. **European Journal Of Engineering And Natural Sciences**, Istanbul, v. 2, n. -, p. 126-129, mar. 2017.

KORKMAZ, A.; YANIK, J.; BREBU, M.; VASILE, C. Pyrolysis of the tetra pak. *Waste management*, v. 29, n. 11, p. 2836-2841, 2009.

KRAUKLIS, A. E.; KARL, C. W.; GAGANI, A. I.; JØRGENSEN, J. K. Composite material recycling technology—state-of-the-art and sustainable development for the 2020s. *Journal of Composites Science*, v. 5, n. 1, p. 28, 2021.

LANDIM, A. P. M.; BERNARDO, C. O.; MARTINS, I. B. A.; FRANCISCO, M. R.; SANTOS, M. B.; MELO, N. R. D. Sustentabilidade quanto às embalagens

de alimentos no Brasil. *Polímeros*. v. 26, 82-92. 2016.

LOKAHITA, B.; AZIZ, M.; YOSHIKAWA, K.; TAKAHASHI, F. Energy and resource recovery from Tetra Pak waste using hydrothermal treatment. **Applied Energy**, v. 207, p. 107-113, 2017.

MALLET, Mauro Benetti. Educação ambiental numa abordagem interdisciplinar a partir da reutilização de embalagens cartonadas longa Vida. 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino em Biociências e Saúde) – Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2010.

MANTEGAZINI, D. Z.; NEVES, F. L.; XAVIER, T. P.; BACELOS, M. S. Review on advanced technologies for aluminum recovery from carton packages waste using pyrolysis: revisão sobre tecnologias avançadas para a recuperação de alumínio de resíduos de embalagens cartonadas usando pirólise. **Brazilian Journal of Production Engineering**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 117–129, 2021.

MARQUES, F. O.; SILVA, J. G.; OLIVEIRA, L. D. M.; ALMEIDA, V. L. Embalagens tetrapak como alternativa sustentável para isolamento térmico de residências em Porto Velho/RO. **CIÊNCIA AMAZÔNIDA**, v. 1, n. 3, 2018.

MARTÍNEZ-BARRERA, G.; COLINA-MARTÍNEZ, A. L.; MARTÍNEZ-LÓPEZ, M.; COZ-DÍAZ, J. J.; GENDEL, O.; ÁVILA-CÓRDOBA, L.; BARRERA-DÍAZ, C. E.; VARELA-GUERRERO, V.; MARTÍNEZ-LÓPEZ, A. Recovery and Reuse of Waste Tetra Pak Packages by Using a Novel Treatment. *Trends in Beverage Packaging*, p. 303-341, 2019.

NASCIMENTO, R. M. D. M.; VIANA, M. M. M.; SILVA, G. G.; BRASILEIRO, L. B. Embalagem cartonada longa vida: lixo ou luxo. **Química Nova na Escola**, v. 25, 3-7, 2007.

NEVES, Fernando Luiz. Reciclagem de embalagens cartonadas Tetra Pak. **O Papel**, v. 53, n. 2, p. 38-45, 1999.

RAUSING, A. R. Method of packaging sterile filling material under aseptic conditions. U.S. Patent n. 3,466,841, 16 set. 1969.

ROBERTSON, G., L. Recycling of Aseptic Beverage Cartons: A Review. **Recycling**, v. 6, n. 1, p. 20, 2021.

SIG®. WAY BEYOND GOOD: Relatório de responsabilidade corporativa. Neuhausen am Rheinfahl, 2020.

SILVA, S. P. A organização coletiva de catadores de material reciclável no Brasil: dilemas e potencialidades sob a ótica da economia solidária. 2017.

SOUZA, F. F. Proposta metodológica para aplicação de logística reversa de embalagens cartonadas no âmbito municipal. 2011. 123 f. **Dissertação (Mestrado)** - Curso de Meio Ambiente Urbano e Industrial, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

TETRA PAK ®. VIABILIZANDO A TRANSFORMAÇÃO: Relatório de

Sustentabilidade 2020. Suécia, 2020.

TETRA PAK®. História da Tetra Pak. Tetra Park Brasil. Brasil, 2021.

UEMURA, M. R. B.; COMINI, G. M. A logística reversa de embalagens cartonadas e a redução de emissão de gases de efeito estufa. 2017.

ZAWADIAK, J.; WOJCIECHOWSKI, S.; PIOTROWSKI, T.; KRYPA, A. Tetra Pak recycling: current trends and new developments. **American Journal of Chemical Engineering**, v. 5, n. 3, p. 37-42, 2017.

ZÚÑIGA-MURO, N. M.; BONILLA-PETRICIOLET, A.; MENDOZA-CASTILLO, D. I.; DURAN-VALLE, C. J.; SILVESTRE-ALBERO, J.; REYNEL-AVILA, H. E.; TAPIA-PICAZO, J. C. Recycling of Tetra pak wastes via pyrolysis: Characterization of solid products and application of the resulting char in the adsorption of mercury from water. **Journal of Cleaner Production**, v. 291, p. 125219, 2021.