

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
TRABALHO DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

LUIZA NETTO REIS

AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE RECICLAGEM
DE MOCHILAS DE ENTREGADORES DE REFEIÇÃO

SÃO CARLOS -SP
2021

LUIZA NETTO REIS

AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE RECICLAGEM DE MOCHILAS DE
ENTREGADORES DE REFEIÇÃO

Trabalho de Graduação apresentado
ao Departamento de Engenharia
Química da Universidade Federal de
São Carlos

Orientador: Professor Doutor André
Bernardo

São Carlos-SP
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Departamento de Engenharia Química

Folha de aprovação.

Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de trabalho de graduação do candidato Luiza Netto Reis, realizada em 17/11/2021:

Prof. Dr. Rodrigo Béttega
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. André Bernardo
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. Thiago Faggion de Pádua
Universidade Federal de São Carlos

AGRADECIMENTO

Gostaria de agradecer meus pais, Fernanda e Eduardo, por me acompanharem em toda formação pessoal e acadêmica, ao Professor Doutor André Bernardo, que além de ser orientador neste trabalho me motivou a seguir na graduação, e aos meus amigos que me apoiaram por todos os anos, especialmente ao Rafael Vinícius, Nicolas Braghini e Ana Laura, que estiveram comigo em todos os momentos, dos mais divertidos aos mais difíceis.

RESUMO

Considerando as muitas mochilas de delivery descartadas mensalmente pelas empresas e aplicativos de entrega, é necessário ter um processo de reciclagem capaz de atender todo o volume mensal de descarte. Atualmente o iFood, empresa escolhida para o estudo de caso apresentado, faz a reciclagem de mochilas com a empresa Retalhar, que tem um procedimento majoritariamente dependente de processos manuais, custo alto e incapacidade de absorver todo o volume descartado. O componente da mochila com menor durabilidade é a capa, que envolve o isopor, e esta é trocada pelos entregadores em média a cada 3 meses. Na capa são usados diversos materiais, mas o principal e mais necessário de ser reciclado é o tecido de poliéster. Este trabalho teve o objetivo de estudar diferentes processos de reciclagem de poliéster para definir opções apropriadas para o destino das capas de mochila de delivery descartadas pelo iFood. Os dados utilizados foram fornecidos pela própria empresa, onde trabalhava a autora do trabalho no momento do seu desenvolvimento, e foi feita uma revisão bibliográfica para determinação das alternativas disponíveis para reciclagem de fibras de poliéster, assim como análise do processo atual de reciclagem das mochilas dentro da empresa que executa o serviço atualmente (Retalhar). Ao final do trabalho, com a pesquisa e as análises realizadas considerando sete processos diferentes, foram propostas duas possibilidades de destino para o tecido de poliéster, um que consiste na combinação entre a reutilização do tecido e o destino para indústria automobilística ou de produção de cimento, e outro mais complexo e com maior possibilidade de repercussão, fazendo a reciclagem dos fios por extrusão e usando o tecido reciclado para confecção de peças para entregadores, funcionários e consumidores.

Palavras-chave: Reciclagem. Poliéster. Têxtil. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Considering the many bags discarded monthly by food delivery companies, it is necessary to have a recycling process capable of meeting the entire monthly volume of disposal. Currently iFood, the company chosen to be used as the main example in this paper, recycles backpacks with the help of the company Retalhar, which has a procedure mostly dependent on manual processes, high operation cost, and does not have enough capacity to absorb all the discarded volume. The backpack component with less durability is the bag cover, which involves the Styrofoam box, and it has to be changed on average every 3 months. Different materials are used on the cover, but the main and most necessary to be recycled is the polyester fabric. This paper had the goal to study the recycling process of delivery bag covers discarded by iFood. The data used was provided by the company, where the author of this paper worked when the study was written, and a review of existing processes was carried out in order to determine the available alternatives for recycling polyester fibers, as well as an analysis of the current recycling process with Retalhar. At the end of the paper, using research and the analysis of seven different processes, alternatives for recycling were proposed, seeking to optimize the work of recyclers, along with an analysis of their economic viability. With the research and analyzes carried out, considering seven different processes, two possibilities for the polyester fabric were proposed: one consisting of a combination between the reuse of the fabric and the destination for automobile or cement production industry, and other, more complex and with greater possibility of repercussion, producing recycled threads by extrusion and using the recycled fabric to make clothes for deliverymen, employees and consumers.

Key words: Recycling. Textile. Polyester. Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1. – Produtos finais do projeto Já Fui Bag	14
Figura 2.2 – Mochila usada para entrega de alimentos	16
Figura 2.3 – Monômero de poliéster	16
Figura 2.4. – Diagrama da produção industrial do poliéster	17
Figura 2.5. – Diagrama da reciclagem por extrusão	21
Figura 2.6 – Diagrama da reciclagem por desfiadeira	23
Figura 2.7. – Diagrama da reciclagem por desfibragem	24
Figura 2.8. – Diagrama da reciclagem química	25
Figura 2.9. – Possibilidades de despolimerização do poliéster	26
Figura 2.10. – Reação de hidrólise alcalina	27
Figura 2.11. – Formação do poliéster	28
Figura 2.12. – Diagrama do processo de compressão a quente	28
Figura 2.13 – Diagrama da compressão a quente	29
Figura 2.14 – Diagrama do uso de poliéster na fabricação de cimento	30
Figura 2.15 – Diagrama da reutilização de tecidos	32
Figura 4.1 – Diagrama do processo de preparação do poliéster da mochila para reciclagem ou reutilização	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Propriedades do poliéster	17
Tabela 2.2 – Resultados do experimento de resistência do cimento com pó de poliéster	31
Tabela 4.1 – Comparação entre diferentes destinos para o poliéster	37

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	10
1.1	ESCOPO	10
1.2	OBJETIVOS	11
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	ESTRATÉGIA DA EMPRESA IFOOD E RELAÇÃO COM SUSTENTABILIDADE	12
2.1.1	O iFood	12
2.1.2	Objetivos do iFood	12
2.1.3	Projeto Já Fui Bag	13
2.1.4	A Sustentabilidade no <i>Marketing</i>	14
2.1.5	A Mochila Para Entregas	15
2.2	CONCEITOS IMPORTANTES	16
2.2.1	O Poliéster: Propriedades e Produção	16
2.2.2	Tecido de Poliéster	17
2.2.3	Poliéster Reciclado	18
2.2.4	Reciclagem ou Reutilização do Poliéster	18
2.2.5	Descarte Correto do Poliéster	19
2.2.6	Aviamentos	20
2.2.7	Coprocessamento	20
2.2.8	Economia Circular	20
2.3	PROCESSOS ANALISADOS	21
2.3.1	Reciclagem do Poliéster por Extrusão para Fabricação de Cordas	21
2.3.2	Reciclagem do Poliéster em Desfiadeiras para Produção de Capas para Travesseiros e Colchões	22
2.3.3	Reciclagem Mecânica do Poliéster por Desfibragem	23
2.3.4	Reciclagem Química do Poliéster	25
2.3.5	Moldagem do Poliéster por Compressão a Quente	28
2.3.6	Uso de Poliéster como Matéria Prima para Cimento	30
2.3.7	Reutilização de Tecidos	31
3.	METODOLOGIA	33
2.3	CRITÉRIOS USADOS PARA DISCUSSÃO	33
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1	RESULTADOS	35
4.2	DISCUSSÃO	37
4.3	PROCESSOS SUGERIDOS PARA DESTINO DO TECIDO DE POLIÉSTER	39
4.3.1	Junção dos processos de reutilização e uso do poliéster para produção de cimento ou peças automotivas	39
4.3.2	Reciclagem por extrusão para confecção de peças de vestuário para entregadores, funcionários e consumidores	39
5.	CONCLUSÃO	41
5.1	CONCLUSÃO	41
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	41
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1 Escopo

O mercado de entrega de alimentos tem aumentado nos últimos anos e teve um grande salto em 2020, com a necessidade das pessoas de ficarem em casa em decorrência da pandemia de Covid-19. Conseqüentemente, aumentam também os números de entregadores e mochilas utilizadas para esta atividade. (VEJA, 2021)

As mochilas empregadas na entrega de alimentos representam um problema ambiental pouco estudado, uma vez que as capas coloridas tem durabilidade aproximada de 3 meses por terem muito desgaste durante a realização do trabalho, quando ficam expostas ao clima, são colocadas no chão com frequência e sofrem atrito na rua. Assim, é necessária a troca constante destes materiais, o que gera uma grande quantidade de resíduo têxtil, porque uma mochila comum tem um volume de 45 litros, o que representa uma área de aproximadamente 0,75m² de poliéster para a capa.

O iFood, empresa brasileira de entrega de alimentos, foi escolhido para ser usado como base para este estudo por ser a maior companhia deste nicho de mercado, sendo também a que mais descarta material de mochilas mensalmente. Além disso, a autora deste trabalho era estagiária na empresa, o que possibilitou a identificação deste desafio e um entendimento maior da estratégia corporativa que influenciou na escolha das alternativas sugeridas para destino do tecido de poliéster.

O iFood troca mensalmente milhares de capas de mochilas no Brasil, entregando novos materiais gratuitamente aos entregadores e recolhendo os antigos para que sejam descartados corretamente. Parte destas capas são destinadas à Retalhar, uma empresa especializada em logística reversa que faz a preparação do tecido de poliéster e o envia para cooperativas de costureiras para confecção de outros materiais, como sacolas de tecido, estojos e pochetes. (iFood Já Fui Bag, 2020)

Embora exista uma busca por soluções sustentáveis pelas empresas, ainda não existe uma conclusão sobre qual seria o destino mais recomendado para mochilas de entrega. Observando o cenário nacional, muitas delas são descartadas em aterros sanitários, pois os processos utilizados atualmente têm um

custo alto e incapacidade de absorver toda a demanda.

Assim, se percebe necessária a análise dos possíveis processos de reciclagem e reutilização do tecido de poliéster, a fim de selecionar qual é o mais indicado como destino para as capas de mochilas de entrega. A partir destes dados as empresas podem realizar uma avaliação mais completa das possibilidades e direcionar mais mochilas para a reciclagem e reutilização, diminuindo o impacto gerado pelo descarte de tecido e também a necessidade do uso de nova matéria prima proveniente do petróleo para a produção de novos tecidos.

Para este estudo, são consideradas diversas possibilidades de reciclagem e reutilização de tecido de poliéster encontradas na revisão bibliográfica, incluindo a atual oferecida pela empresa Retalhar, e serão estabelecidos critérios de comparação para ao fim determinar qual destino representa o melhor custo-benefício para as capas de mochilas de entrega.

1.2 Objetivo

O objetivo principal do projeto é encontrar, após um estudo e análise de processos já existentes, o método mais indicado para reciclagem ou reutilização do poliéster utilizado nas mochilas de entrega de comida, considerando o impacto ambiental, viabilidade econômica, complexidade, capacidade de absorção de volume de resíduos, conexão com os objetivos da empresa iFood e possibilidade de uso como ferramenta de *marketing*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Estratégia da empresa iFood e relação com sustentabilidade

Para possibilitar a análise e comparação dos processos que serão descritos, é necessário entender o funcionamento de uma empresa de entrega de alimentos por aplicativo. Neste trabalho está sendo usado como base o iFood, então serão colocadas informações sobre a empresa e descritas suas estratégias ligadas à sustentabilidade já existentes, para possibilitar o uso do alinhamento com esses objetivos como critério para escolha do processo recomendado ao fim do trabalho.

2.1.1 O iFood

O iFood é uma *foodtech*, uma empresa de tecnologia aplicada ao universo da alimentação, fundada em 2011. A empresa é brasileira, atuando no Brasil e na Colômbia, e seu principal produto é um aplicativo homônimo onde consumidores podem pedir produtos como alimentos prontos, itens de supermercado, farmácias e *petshops*, para que estes sejam entregues em suas casas. (IFOOD, 2020)

Existem duas modalidades de estabelecimentos que usam o aplicativo para vender seus produtos, *marketplace* e *full service*, sendo que o primeiro tem os próprios entregadores e utiliza a plataforma somente para divulgação e venda, e o segundo além do sistema usa também os entregadores independentes conectados ao iFood, chamados de entregadores nuvem.

Até outubro de 2021 o iFood entregou mensalmente uma média de 60 milhões de pedidos distribuídos em todos os estados do Brasil, tendo em sua base mais de 160 mil entregadores, sendo que a maioria usa moto para o trabalho e faz as entregas usando mochilas de caixa de isopor com capa de poliéster, que podem ou não conter a marca da empresa. (IFOOD, 2020)

2.1.2 Objetivos do iFood

No ano de 2021, o iFood mudou sua missão para “alimentar o futuro do mundo”, e dentro desta frase estão os três objetivos principais da companhia: educação, meio ambiente e inclusão. A área responsável pelas iniciativas de sustentabilidade na empresa é apresentada ao público por meio do programa iFood

Regenera, que atualmente já tem projetos de grande impacto, como a compensação de CO2 emitido na entrega, mostrada no trecho a seguir:

O iFood é a primeira empresa de *delivery* brasileira a ter 100% das suas entregas neutras em CO2 de forma antecipada. A partir de 1 de Julho, todo pedido feito no iFood já foi compensado para preservar o meio ambiente. Em parceria com a Moss, já compensamos todo CO2 que vamos emitir nos próximos anos por meio da compra de créditos de carbono, ajudando na preservação da Amazônia. E tem mais coisas vindo por aí. Se a gente ajudar, mais e mais florestas entrarão em campo pelo país. Vamos fazer um futuro diferente investindo em projetos de reflorestamento. (IFOOD REGENERA, 2021)

2.1.3 Projeto Já Fui Bag

Atualmente o projeto do iFood que tem relação mais próxima com este trabalho, e serviu de inspiração para o mesmo, é o Já Fui Bag, onde as capas de mochilas usadas por entregadores são transformadas em brindes para entregadores e consumidores por meio da empresa Retalhar.

O objetivo principal da iniciativa é atingir a marca de “aterro zero”, onde todos os materiais recolhidos são destinados para reciclagem, reutilização ou coprocessamento. O projeto tem crescido em 2021, com a divulgação da nova missão da empresa, e além de ter como foco principal a sustentabilidade, também contribui para o pilar de inclusão, pois a manufatura dos itens é feita por cooperativas parceiras que empregam pessoas em situação de risco (IFOOD JÁ FUI BAG, 2020).

Na reutilização das mochilas, atualmente é seguido o processo que será explicado no item 2.2.7, e os produtos confeccionados usando o tecido de poliéster são mostrados na Figura 2.1:

Figura 2.1. – Produtos finais do projeto Já Fui Bag



Fonte: Ifood (2020)

Pelo formato cúbico das mochilas, quando desmontadas as mesmas fornecem seis quadrados de tecido de poliéster de lado 35cm, o que facilita o uso na remanufatura, mas em contrapartida o tecido é muito espesso, o que é necessário para fornecer a resistência necessária para o uso nas entregas, fazendo com que só seja possível produzir itens não maleáveis.

O volume total de capas que precisa ser descartado pelo iFood mensalmente não pode ser absorvido pelo processo de reutilização, pois a confecção dos produtos é lenta e não existe vazão no mercado para os materiais produzidos no projeto, o que demandaria um estoque muito grande, tanto para o tecido que ainda não foi reutilizado quanto para os produtos prontos que ainda não foram entregues, que sofreria acúmulo de materiais ao longo do tempo até se tornar inviável.

2.1.4 A Sustentabilidade No *Marketing*

A sustentabilidade tem se tornado um aspecto cada vez mais importante para os consumidores no momento de escolher uma marca para comprar e apoiar, o que pressiona as empresas a se provarem preocupadas com o meio ambiente, o que é positivo por causar um aumento nas iniciativas corporativas em benefício da natureza, mas por outro lado faz com que só sejam escolhidas ações que podem servir para divulgação.

Outro problema criado pela necessidade de usar a sustentabilidade como *marketing* é a criação da estratégia de *greenwashing*, quando empresas tentam fazer o mínimo de esforço possível e economizar dinheiro, enquanto usam da

publicidade para fazer com que os consumidores acreditem que suas ações são mais benéficas para o meio ambiente do que realmente são, como por exemplo cadeias de *fast food* que baniram o canudo de plástico, porém usam copos e canudos de papel que não são reciclados por causa de sua espessura e acabamento. (STRAZZA, 2019)

Por mais que exista uma preocupação genuína com sustentabilidade, a estratégia de *marketing* influencia muito na escolha de quais projetos serão realizados. Um exemplo da necessidade de relacionar a responsabilidade ambiental ao negócio é o projeto principal do iFood Regenera, onde ao invés de simplesmente comprar créditos de carbono, a empresa efetua esta mesma ação e divulga como uma compensação do CO₂ gerado no transporte de alimentos pedidos no aplicativo. (IFOOD REGENERA, 2021)

A possibilidade de conectar o processo e destino dos resíduos têxteis de mochilas usadas ao *marketing* do iFood foi então um critério decisivo no tópico de discussão do trabalho, pois uma vez que todos os processos propostos têm custos associados é necessário provar o retorno em forma de divulgação e impacto positivo na reputação da marca.

2.1.5 A mochila para entregas

As mochilas, internamente chamadas pelo nome em inglês, *bags*, são o principal item de divulgação física da marca e ao longo dos anos se tornaram o símbolo da empresa. A troca de mochilas é realizada mensalmente em cidades selecionadas de acordo com o planejamento comercial para o período, e tem como objetivo principal manter o *share* de mercado, ou seja, a porcentagem de mochilas de entrega do iFood presentes nas ruas quando comparado com outras marcas concorrentes, como Rappi e Uber Eats. Sendo o iFood líder de mercado e *share* de mochilas no Brasil, é importante que a empresa busque meios de reciclagem e reutilização, uma vez que tem o maior volume a ser descartado.

A mochila tradicional utilizada pelas empresas de entrega de alimentos, mostrada na Figura 2.2, tem um volume de 45 litros e é composta por dois itens: o isopor, parte interna que tem a função de armazenar o alimento e manter a temperatura, e a capa, parte externa feita de poliéster que define a aparência da mochila, serve de mostruário para a marca, protege a caixa de isopor e tem as alças

necessárias para que o entregador consiga carregá-la. (iFood Shop, 2021)

Figura 2.2 – Mochila usada para entrega de alimentos



Fonte: Ifood Shop (2021)

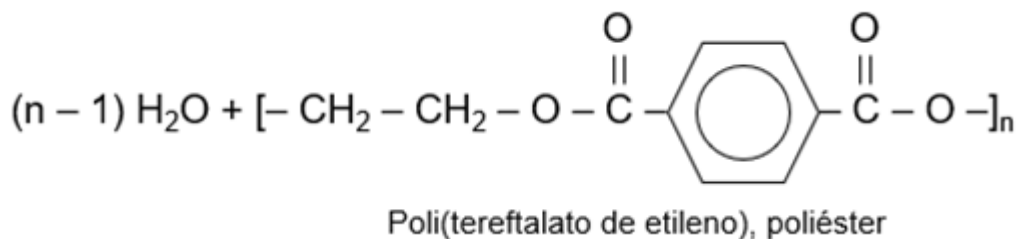
Neste trabalho o foco foi a capa da mochila, que tem uma durabilidade menor que o isopor, e por isso os processos estudados serão exclusivamente para destino do tecido de poliéster.

2.2 Conceitos importantes

2.2.1 O Poliéster: propriedades e produção

Poliéster é uma categoria de polímeros que contém um grupo éster na cadeia principal, como mostrado na Figura 2.3, sendo em sua maioria termoplásticos. Existem diversas aplicações possíveis para estes polímeros - como a produção de garrafas PET, tintas em pó e materiais isolantes -, e um dos principais deles é a produção do tecido sintético de poliéster. (Nahra 2018)

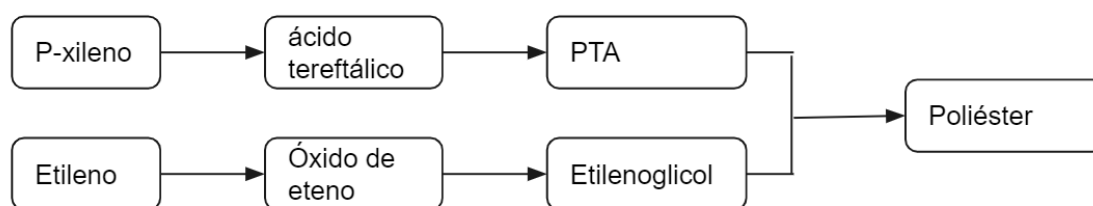
Figura 2.3 – Monômero de poliéster



Fonte: Nahra (2018)

A produção do poliéster é feita industrialmente, usando como matérias primas dois componentes do petróleo, xileno e etileno. No processo, mostrado no diagrama da Figura 2.4, são produzidos ácido tereftálico e óxido de eteno, que reagem e passam pela polimerização para formação do produto final, o poliéster, cujas propriedades são mostradas na Tabela 2.1. (ROMÃO, 2009)

Figura 2.4. – Diagrama da produção industrial do poliéster



Fonte: acervo pessoal

Tabela 2.1: Propriedades do poliéster

Propriedades do poliéster	
Tenacidade	5 -7gm/den
Possibilidade de extensão até a quebra	15-35%
Ponto de derretimento	250°C
Cor	Branca

Fonte: Librelotto (2021)

2.2.2 Tecido de Poliéster

Segundo a ABRAFAS (Associação Brasileira de Produtores de Fibras Artificiais e Sintéticas), o setor têxtil do Brasil é responsável pela produção de 380 mil toneladas/ano de fibras sintéticas, sendo o poliéster uma das principais delas. O tecido sintético é escolhido para ser usado nas mochilas de *delivery* por trazer vantagens importantes para o uso na rua, como maior durabilidade, impermeabilidade, resistência e retenção de pigmento. Por esses motivos, atualmente não é possível considerar uma troca do material utilizado para confecção das mochilas, uma vez que o poliéster é o único que pode prover os benefícios mencionados a um baixo custo. (ABRAFAS, 2006)

No entanto, o poliéster sintético utilizado nas mochilas representa um problema

ambiental durante a extração da matéria prima, proveniente do petróleo, na produção, onde são emitidos compostos orgânicos voláteis (VOC) e efluentes que contém antimônio, uma substância tóxica para seres vivos, até o seu uso, quando libera microplásticos durante as lavagens, e descarte, por ser um material não biodegradável que gera microplástico. (NEIVA, 2016)

Embora o tecido não possa ser considerado sustentável, por liberar microplástico nas lavagens, ser proveniente do petróleo e não biodegradável, quando é feita a reciclagem ou reutilização do poliéster é possível diminuir a produção, e conseqüentemente os problemas associados a ela, e futuramente ter uma menor quantidade de material descartado, atenuando também o impacto ambiental causado por esta etapa.

2.2.3 Poliéster reciclado

Atualmente o processo mais comum em reciclagem de poliéster é a utilização de garrafas PET para produzir tecidos sintéticos, não sendo tão usual a reciclagem do tecido, principalmente por muitas vezes o poliéster estar misturado com outras fibras, como o algodão, o que torna o processo mais complexo pela necessidade de uma etapa de separação, quando esta é possível. No caso das mochilas de entrega o tecido é 100% poliéster, facilitando a reciclagem do mesmo. (RECICLA SAMPA, 2018)

2.2.4 Reciclagem ou reutilização do poliéster

Existem duas alternativas para evitar o descarte de um produto que não é mais próprio para seu uso, a reciclagem ou a reutilização. Na reciclagem, o material é transformado em matéria prima para um novo processo, criando então um novo produto, como por exemplo a reciclagem de pneus para gerar composto para asfalto. Na reutilização, o material é aproveitado para outra função, mas sem a necessidade de grandes mudanças estruturais, como por exemplo o uso de garrafas de vidro antigas na decoração de ambientes. (VGR, 2017)

Atualmente em alguns meios, como moda e *design*, tem sido usado o termo *upcycling* para se referir à reutilização criativa de materiais e, embora em sua origem o termo seja um sinônimo de reutilização, ele é usado mais vezes para

processos que tenham uma mudança maior do produto, por exemplo enquanto usar uma estante antiga como guarda-roupas é chamado de reutilização, desmontar a mesma estante e usar as partes de madeira para montar uma mesa é chamado de *upcycling*. (ECYCLE, 2020)

A principal diferença entre os dois processos é que o maior impacto da reciclagem é diminuir a necessidade de utilização de novas matérias primas, pois estas serão geradas a partir de itens descartados, mas geralmente é um processo mais complexo e com valor alto, enquanto a reutilização contribui especialmente para a redução de lixo descartado, dando uma nova função para um item que não é mais adequado para seu uso original, e tem menor ou em alguns casos nenhum gasto no processo.

A empresa Retalhar, que é responsável pelo destino das mochilas de entregadores da marca iFood, caracteriza o processo realizado como reutilização do poliéster, por meio de *upcycling*, por não ocorrer nenhuma transformação física ou química significativa no material, portanto é este procedimento que será comparado aos outros estudados neste trabalho. (IFOOD JÁ FUI BAG, 2020)

2.2.5 Descarte correto do poliéster

Uma das vantagens do modelo de negócios de mochilas para entrega de alimentos por aplicativo, é que ocorrem eventos de troca mensais onde os entregadores entregam capas usadas para a empresa e recebem novas, assim a marca tem controle do destino daquele material, seja o descarte, reciclagem ou reutilização. (IFOOD, 2020)

Uma vez que o material é reciclado ou usado no *upcycling*, os produtos gerados - em sua maioria brindes - são entregues para parceiros e consumidores, e eventualmente serão descartados sem o controle da empresa, então por mais que a reciclagem ou reutilização sejam os destinos mais sustentáveis, existe após este processo a possibilidade de que os materiais obtidos tenham um descarte incorreto, o que também pode ser considerado na escolha do processo para o tecido das mochilas usadas, dando preferência para produtos finais com maior durabilidade. (IFOOD JÁ FUI BAG, 2020)

2.2.6 Aviamentos

As mochilas utilizadas para transporte de alimentos tem, além do tecido da capa, outros componentes que não são reciclados. Estas peças são chamadas de aviamentos e incluem zíper, velcro, faixas refletivas para segurança e fivelas para prender as alças. Por causa da presença destes materiais, a primeira etapa em qualquer processo de reutilização ou reciclagem de capas de mochilas é a retirada dos aviamentos, que no Brasil é feita de forma manual. (RETALHAR, 2020)

Os aviamentos são usualmente encaminhados para o coprocessamento, processo que será explicado no próximo tópico.

2.2.7 Coprocessamento

Em casos de materiais para os quais não é possível a reciclagem, o coprocessamento é uma alternativa rentável adequada para a destinação final. Neste caso ocorre a queima de resíduos sólidos, que seriam destinados a aterros sanitários, dentro de um processo que requer altas temperaturas, assim o calor proveniente da queima é aproveitado na mesma linha de produção. (ECOASSIST, 2021)

O coprocessamento é benéfico para o meio ambiente por eliminar os resíduos sólidos de um processo, evitando o acúmulo de lixo, e também fornecer calor para o que for necessário, diminuindo a necessidade do uso de outros combustíveis cuja extração e queima é mais poluente. (ECOASSIST, 2021)

2.2.8 Economia Circular

A economia circular é um tipo de estratégia que tem como objetivo assegurar a recuperação de materiais e energia. Enquanto os processos lineares tradicionais caminham para o descarte como fim, nos modelos circulares é feita a tentativa de retornar o máximo de recursos para o processo, buscando o menor desperdício possível. (RETALHAR, 2020)

Neste modelo o gerenciamento de materiais é o fator mais importante do planejamento, uma vez que é necessário prever em quanto tempo e onde cada um deles poderá ser reaproveitado.

2.3 Processos analisados

Neste tópico serão descritos os processos estudados para reciclagem ou reutilização do tecido de poliéster, trazendo uma descrição das etapas, vantagens e desvantagens e finalidade para que estes dados sejam usados na discussão dos resultados.

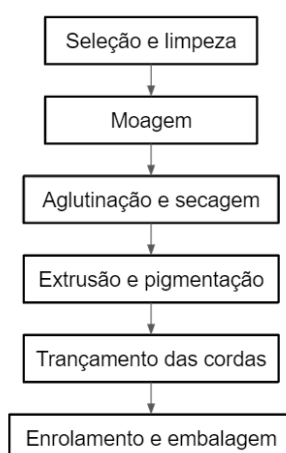
2.3.1 Reciclagem do poliéster por extrusão para fabricação de cordas

A empresa que utiliza este processo, a Fibrasca, iniciou no mercado como recicladora de garrafas PET e, após a busca por este item aumentar com a popularização deste processo de reciclagem, a companhia passou a utilizar como matéria prima, ao invés das garrafas, o poliéster encontrado em resíduos têxteis e este se tornou seu principal processo nos anos 2000. (PELAEZ, 2000)

O processo é similar a outros encontrados em artigos mais recentes, porém foi escolhido para ser descrito neste trabalho por focar no tecido de poliéster e não na reciclagem de garrafas PET, como os outros revisados durante a pesquisa.

Entre os produtos finais, todos comercializados para empresas brasileiras de varejo, estavam cordas, travesseiros, resinas para tintas e protetores para travesseiros e colchões. O processo de reciclagem por meio de extrusão para a fabricação de cordas ocorria, no ano 2000, como mostrado na Figura 2.5: (PELAEZ, 2000)

Figura 2.5. – Diagrama da reciclagem por extrusão



Fonte: acervo pessoal

Detalhando as etapas do processo, primeiro ocorre a etapa de seleção e limpeza, quando são retiradas manualmente as impurezas do material, ou seja, pedaços ou peças que não são poliéster. Após isso, é feita a moagem do tecido, para abrir as fibras e obter retalhos menores. O material é então levado para a máquina aglutinadora onde ocorre a compactação do poliéster, que após ser aquecido, seco, derretido e aglutinado, segue na linha do processo em forma de grânulos. (PELAEZ, 2000)

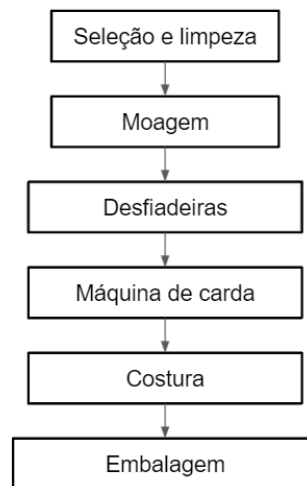
Após a aglutinação, os grânulos são levados à etapa de extrusão, onde serão transformados em fios. A máquina extrusora aquece o poliéster gradativamente, assim os grãos são fundidos, e encaminha o material derretido para uma saída afunilada, o transformando em fios que são depositados em um reservatório de água para resfriamento. Também é na etapa de extrusão que podem ser adicionados pigmentos e outras fibras para aumentar a resistência do material. (PELAEZ, 2000)

Os fios de poliéster são armazenados em carretéis e então estirados, podendo aumentar entre 5 e 10 vezes de comprimento, até que seja atingida a espessura desejada, e esta etapa é realizada em água a temperaturas altas com aditivos lubrificantes, para facilitar a maleabilidade do fio. Por fim, os fios são encaminhados para trançadeiras, onde são trançadas as cordas, e estas são embaladas para comercialização manualmente. (PELAEZ, 2000)

2.3.2 Reciclagem do poliéster em desfiadeiras para produção de capas para travesseiros e colchões

O segundo processo estudado é utilizado na mesma empresa do explicado no tópico anterior, a Fibrasca, para fabricação de outros produtos, e é mostrado no diagrama da Figura 2.6 (PELAEZ, 2000)

Figura 2.6. – Diagrama da reciclagem por desfiadeira



Fonte: acervo pessoal

As primeiras etapas do processo, de limpeza e moagem, são iguais à produção de cordas detalhada no tópico 2.3.1, e o transporte do poliéster entre os equipamentos é feito por exaustores, que além de carregar as fibras podem auxiliar na separação de impurezas menores encontradas no tecido. (PELAEZ, 2000)

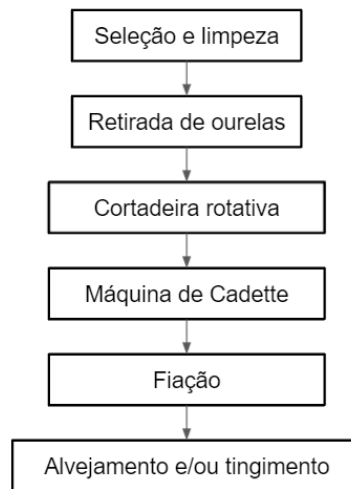
Após a limpeza e moagem, já descritas anteriormente, o material é encaminhado para a máquina desfiadeira, onde as fibras são desfiadas, e o processo é repetido até três vezes, até que sejam obtidas fibras finas e um material homogêneo. (PELAEZ, 2000)

Após a desfiadeira o poliéster, que será usado para confecção de capas para travesseiros e colchões, é encaminhado para a máquina de Carda, que desembaraça, limpa e mistura fibras usando rolos giratórios revestidos com guarnição de carda (fita metálica de aço com perfil em dentes de serra), e desta saem as mantas que são usadas para revestir as capas, mas também é possível usar a mesma máquina para obter uma fita de fibras, que pode ser usada na produção de tecido de poliéster. (PELAEZ, 2000)

2.3.3 Reciclagem mecânica do poliéster por desfibragem

Na empresa francesa Laroche SA, é feita a reciclagem do tecido sintético para obtenção da fibra de poliéster, que posteriormente pode ser usada na indústria têxtil como matéria prima. O processo utilizado por eles é mostrado na Figura 2.7.

Figura 2.7 – Diagrama da reciclagem por desfibragem



Fonte: acervo pessoal

Como é observado no diagrama, a reciclagem é iniciada com um processo de abertura de ourelas – laterais mais grossas do tecido, formadas por mais de uma camada de poliéster e costura – na máquina Mintrim, onde dois cilindros dentados giram em direções opostas em uma velocidade de até 50m/min, separando as fibras das laterais do tecido. Na segunda etapa, os retalhos já em tamanhos menores são encaminhados para uma cortadeira rotativa, onde ocorre uma uniformização do tamanho do material. (ZONATTI, 2016)

O poliéster é então colocado em uma máquina Cadette, uma cortadeira rotativa e desfibradeira contendo 6 cilindros. Na superfície de cada um dos cilindros existe um número de agulhas, que aumenta gradativamente da entrada para a saída da máquina, tendo como produto final fibras soltas de poliéster que podem ser usadas para a produção de tecidos. Este processo, chamado de desfibragem, pode ser realizado em equipamentos com mais cilindros ou máquinas Cadette em série, gerando um produto final de maior qualidade que pode ser usado para produzir tecidos mais uniformes. Após a desfibragem pode ser feita a fiação, que transforma as fibras em fios ou filamentos para possibilitar a produção de malhas. (ZONATTI, 2016)

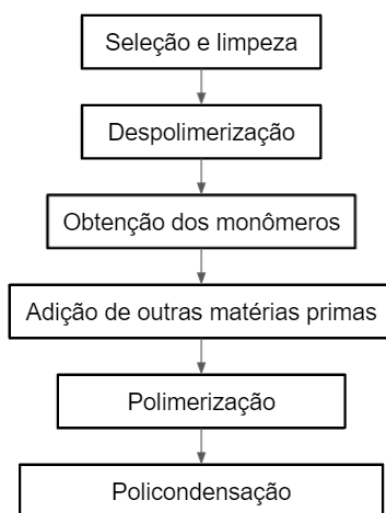
Após o processo de reciclagem mecânica, o resíduo retorna à condição de fibra com um comprimento até 20% menor que o da fibra original, por conta dos processos de corte e desfibragem. Além disso, as fibras também saem com uma

cor indefinida, a não ser que todos os retalhos tenham a mesma cor, e se necessário deve passar por uma etapa de alvejamento e/ou tingimento antes de ser comercializada. Este processo pode ser utilizado para fibras naturais ou sintéticas, mas a empresa estudada aponta que, para as sintéticas, seria mais recomendada a extrusão do material, como explicado no item 2.3.1. (ZONATTI, 2016)

2.3.4 Reciclagem química do poliéster

O processo de reciclagem química, mostrado na Figura 2.8, é mais complexo e tem um custo mais elevado quando comparado a reciclagem mecânica, mas tem como vantagens a obtenção de um material com as mesmas propriedades do poliéster original, fabricado utilizando matéria prima proveniente do petróleo, e o aproveitamento total dos resíduos, no entanto, é o mais caro entre os processos estudados e gera um resíduo que deve ser destinado para outras indústrias. (VEDOVELLO, 2019)

Figura 2.8 – Diagrama da reciclagem química



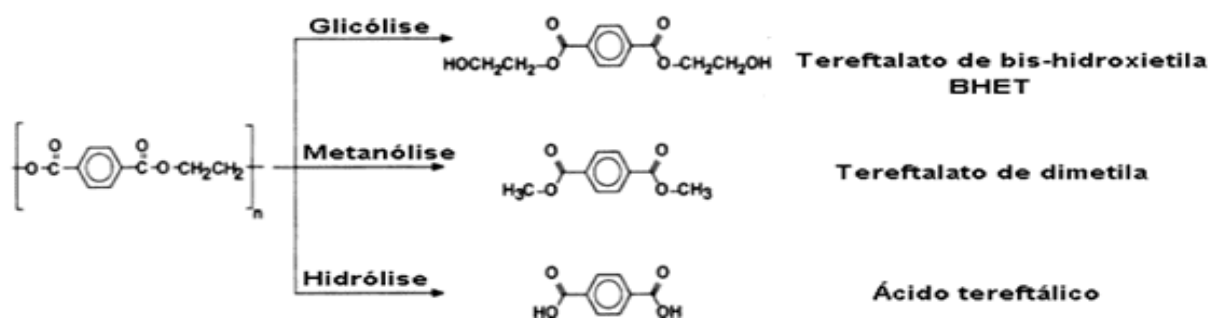
Fonte: acervo pessoal

O processo de reciclagem se inicia da mesma forma que o mecânico, com a limpeza do material, e após isso ocorre a despolimerização, transformando o poliéster em monômeros. Existem diversas empresas que têm seus próprios processos de despolimerização de tecidos de poliéster, como os processos TBI e

OXID, Renew, Bocatelli e Dupont, mas a maioria não abre detalhes ao público. Portanto, será usado como exemplo o processo de hidrólise alcalina do PET, para o qual existe maior quantidade de informações, e é semelhante àquele empregado para o processamento de retalhos. (VEDOVELLO, 2019)

A despolimerização do PET pode ocorrer por três vias diferentes, como mostrado na figura abaixo: glicólise, metanólise e hidrólise, sendo a última a mais vantajosa pela possibilidade de obter o principal monômero do PET, o ácido tereftálico (TPA) com apenas uma reação, conforme apresentado na Figura 2.9. (VEDOVELLO, 2019)

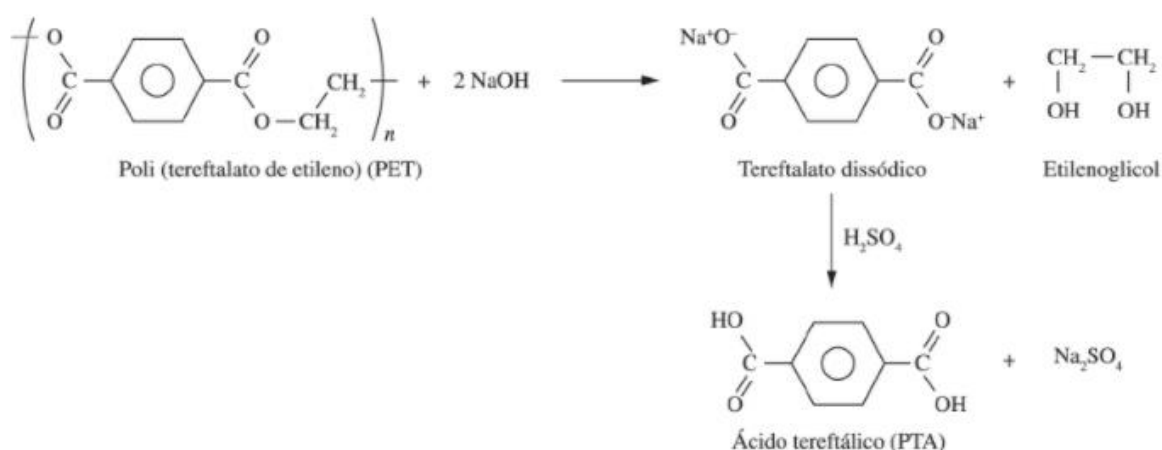
Figura 2.9. – Possibilidades de despolimerização do poliéster



Fonte: MORAES, 2006

E a reação de hidrólise alcalina é mostrada na figura 2.10:

Figura 2.10 – Reação de hidrólise alcalina



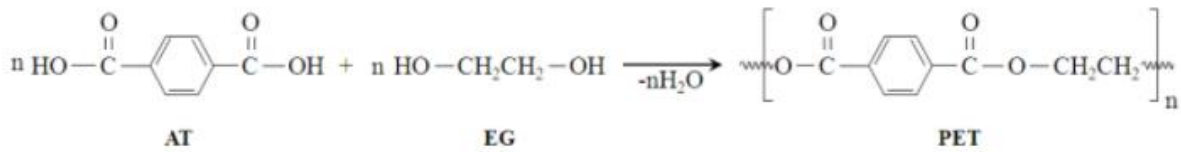
Fonte: FONSECA, 2013

Como pode ser observado, na despolimerização do PET é usado um meio alcalino com ausência de íons hidrogênio, buscando estabilizar a carbonila da reação usando um reagente nucleófilo, o hidróxido (OH⁻), ao invés da água, assim o cátion da base é mais forte que os íons hidrogênio que seriam liberados na ionização da água, possibilitando a reação. Quando comparada à hidrólise ácida, a alcalina é mais simples, como explicado anteriormente, mas tem a desvantagem de gerar um sal do ácido tereftálico. (VEDOVELLO, 2019)

Ao fim da reação, quando usada a hidrólise alcalina, são obtidos os monômeros em forma de ácido tereftálico (PTA ou AT), conforme a figura abaixo, e há um efluente, o sal sulfato de sódio, que pode ser vendido para indústrias de celulose - para produção de papel kraft - ou para empresas produtoras de detergente, para ser usado como matéria prima. (VEDOVELLO, 2019)

Após a etapa de despolimerização por hidrólise alcalina, o monômero AT é encaminhado para a polimerização (Figura 2.11), onde ocorre uma reação de condensação com etilenoglicol (EG) para a formação do PET, como mostrado a seguir. É importante observar que o etilenoglicol é proveniente do etileno, que é encontrado no petróleo, então se não for feito outro processo para sua produção de maneira sustentável ainda será necessário usar um produto de fonte não renovável como matéria prima. (VEDOVELLO, 2019)

Figura 2.11 – Formação do poliéster



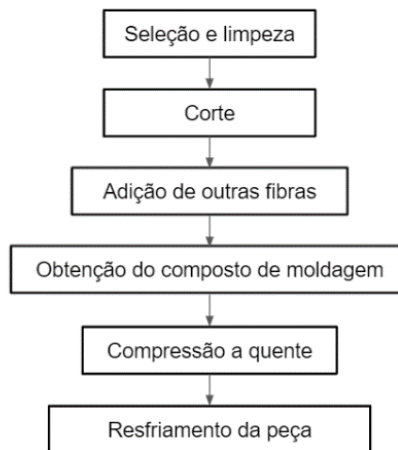
Fonte: Bentes, 2008

Após a polimerização, o material passa por uma reação de policondensação, onde é aquecido gradativamente até a temperatura de 280° em uma pressão inferior a 130KPa, aumentando o rendimento da polimerização. Após esta etapa, o material pode ser transformado em fibras e utilizado na indústria têxtil como tecido de poliéster. (VEDOVELLO, 2019)

2.3.5 Moldagem do poliéster por compressão a quente

Sendo provavelmente o método mais simples de reciclagem de resíduos têxteis de poliéster, este processo ocorre como mostrado na Figura 2.12:

Figura 2.12 – Diagrama do processo de compressão a quente



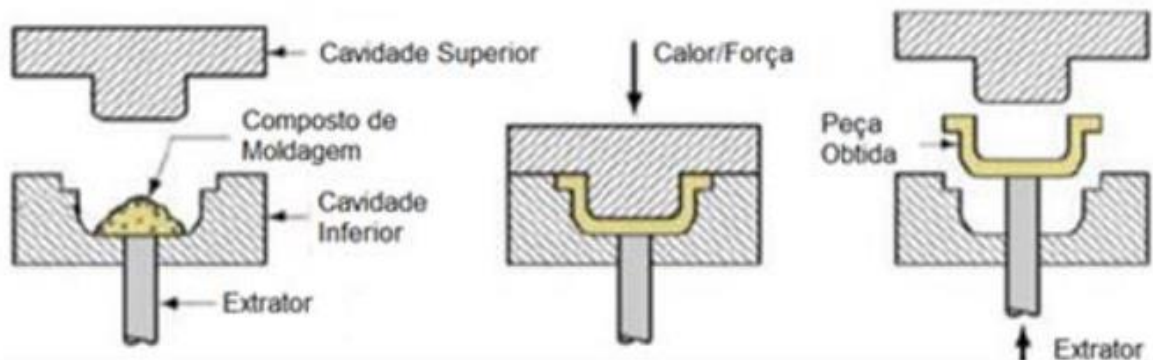
Fonte: acervo pessoal

Primeiramente o material é limpo e cortado em retalhos grandes, e então pode ser feita a adição de outras fibras, como a de vidro, para aumentar a resistência do produto final, e é obtido o composto de moldagem, que no caso da

compressão de tecidos termoplásticos é uma pilha de retalhos. (VELICKO, 2020)

A compressão a quente consiste em inserir o composto de moldagem em um molde com cavidade aberta e usar uma máquina para aplicar pressão e calor, em uma temperatura próxima de 250-270°C, até que o material seja curado como mostrado na Figura 2.13. (VELICKO, 2020)

Figura 2.13 – Diagrama da compressão a quente



Fonte: Zou, 2011

A principal vantagem do processo é a falta de necessidade de tratamento prévio, sendo realizado somente o corte do tecido, mesmo que existam outros materiais em sua composição. Durante a moldagem, o poliéster irá derreter por compressão a quente, possibilitando a formação do novo material sólido. (VELICKO, 2020)

Em caso de tecidos com algodão misturado ao poliéster, é necessário encontrar uma temperatura alta suficiente para que o polímero derreta a ponto de penetrar nas fibras de algodão, porém sem chegar ao nível de degradação do mesmo, podendo ser usados glicerol e 2-fenilfenol a fim de diminuir o ponto de fusão do termoplástico. (VELICKO, 2020)

Após a determinação de temperatura e pressão ideais para o processo de reciclagem, o procedimento para cada compósito consiste em realizar a compressão de partes de tecidos empilhadas protegidas por duas folhas de alumínio revestidas com Teflon, formando as peças desejadas. (VELICKO, 2020)

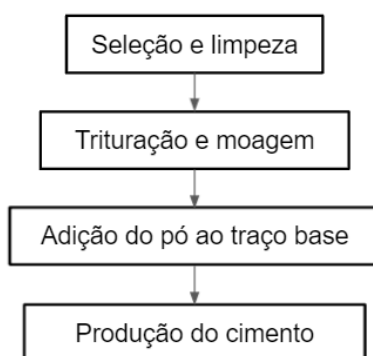
Quando é obtido um material com resistência alta, geralmente devido a

adição de fibras de vidro ao compósito de poliéster, é possível produzir materiais para peças automotivas ou elétricas. (VELICKO, 2020)

2.3.6 Uso de poliéster como matéria prima para cimento

Foi realizado um estudo em 2015 a fim de analisar a viabilidade do uso de poliéster como um componente na fabricação de cimento, adicionando o pó de tecido antes da mistura dos materiais, baseado no seguinte processo da Figura 2.14. (ANDRADE, 2015)

Figura 2.14 – Diagrama do uso de poliéster na fabricação de cimento



Fonte: acervo pessoal

O procedimento realizado para a obtenção do pó é bastante simples, consistindo na lavagem, trituração e moagem de retalhos, podendo ser diretamente encaminhados para indústrias de construção e acrescido no traço base para cimentos – a mistura que é usada na fabricação. (ANDRADE, 2015)

Foram feitos experimentos na Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ) comparando a resistência de blocos de cimento com 0%, 5% e 15% de volume de pó de tecido em relação ao traço base, e os resultados obtidos são mostrados na Tabela 2.2. (ANDRADE, 2015)

Tabela 2.2 – Resultados do experimento de resistência do cimento com pó de poliéster

Corpo de Prova	Quantidade de agregado substituído (%)	Resistência à Compressão Axial (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)
1	0	25,8	24,5	1,8
2	0	24,2		
3	0	25,9		
4	0	22,1		
1	5	26,4	25,1	1,1
2	5	23,9		
3	5	24,6		
4	5	25,5		
1	15	26,7	26,3	0,4
2	15	26,5		
3	15	26,4		
4	15	25,7		

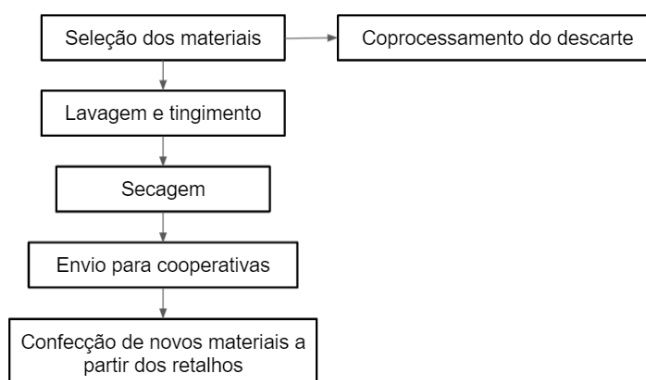
Fonte: Andrade, 2015

Como pôde ser determinado, a adição do pó de poliéster não prejudica e ainda pode aumentar a resistência do cimento produzido. Neste caso, a reutilização não é rentável, uma vez que o pó de poliéster tem baixo valor agregado e pode ser até mesmo ser doado à indústrias, mas tendo como objetivo final evitar o descarte de poliéster, o uso em cimentos é uma ótima alternativa por ter um baixo custo e evitar que o resíduo volte para a natureza por um período longo de tempo, quando comparado com processos que transformam o poliéster em itens de uso pessoal ou descartáveis que terão durabilidade menor. (ANDRADE, 2015)

2.3.7 Reutilização de tecidos

O último processo estudado não é industrial, como os outros mencionados anteriormente, mas sim de reutilização do tecido. Embora não seja o foco do curso de engenharia química por ser um procedimento majoritariamente manual e de baixa vazão, é importante detalhar esta possibilidade para que possa ser usada como comparação na discussão do trabalho, afinal se trata de uma alternativa realista para empresas com resíduo têxtil, embora tenha algumas desvantagens associadas. O processo é mostrado na Figura 2.15. (iFood Já Fui Bag, 2020)

Figura 2.15 – Diagrama da reutilização de tecidos



Fonte: acervo pessoal

O processo de reutilização, como mostrado acima, se inicia com a seleção manual dos materiais, onde são retiradas partes danificadas - rasgadas ou mofadas - e que não são tecidos, como zíper e velcro, e todas são encaminhadas para coprocessamento. Após a separação ocorre uma etapa de lavagem, tingimento – que não é necessário no caso do iFood pois parte da estratégia é ter a mesma cor da mochila nos brindes produzidos com o tecido - e secagem dos materiais que seguem na linha, e estes são enviados para a remanufatura. (iFood Já Fui Bag, 2020)

Na remanufatura, o tecido lavado é enviado para pessoas, geralmente em cooperativas de costura, que realizam a confecção dos produtos finais, sendo necessário analisar qual tipo de material pode ser feito a partir dos retalhos disponíveis. (iFood Já Fui Bag, 2020)

A reutilização tem como vantagem ser um método simples e de baixo custo operacional, uma vez que independe de processos químicos ou máquinas caras, e a possibilidade de obter diversos produtos finais, desde que seja criado um modelo usando os materiais nos tamanhos corretos. Quanto às desvantagens, não é possível modificar a espessura do tecido e nenhuma propriedade física, e o processo é muito manual, tendo uma capacidade menor de produção e dificuldade de criar peças padronizadas, além de um custo de mão de obra mais alto, por necessitar do trabalho de muitas pessoas. (iFood Já Fui Bag, 2020)

3 METODOLOGIA

A pesquisa para este trabalho foi realizada como uma revisão bibliográfica, com finalidade da obtenção de dados qualitativos. Os dados apresentados foram encontrados em artigos publicados e meios digitais, sendo o objetivo final analisar e comparar métodos encontrados em diferentes fontes.

Quanto ao procedimento metodológico, foram feitas pesquisas em bibliotecas acadêmicas digitais e a partir delas foi feita a separação de artigos, que foram estudados e avaliados com a finalidade de selecionar os que seriam usados no trabalho.

A revisão bibliográfica apresenta inicialmente a contextualização da empresa iFood, na qual foi baseada a discussão dos resultados, depois os conceitos necessários para o entendimento da pesquisa, e por último a descrição dos processos avaliados como possíveis destinos para o resíduo de poliéster - reciclagem do poliéster por extrusão em uma indústria de fabricação de cordas, reciclagem do poliéster em desfiadeiras para produção de capas para travesseiros e colchões, reciclagem mecânica, reciclagem química, modelagem por compressão quente, utilização do poliéster como matéria prima para produção de cimento e reutilização do tecido de poliéster.

Ao fim, para obtenção da conclusão, serão sugeridos diferentes destinos para as capas de mochilas recolhidas pela empresa, apontando qual seria o processo de maior impacto positivo e qual é o mais viável considerando o cenário atual.

3.1 Critérios utilizados para discussão

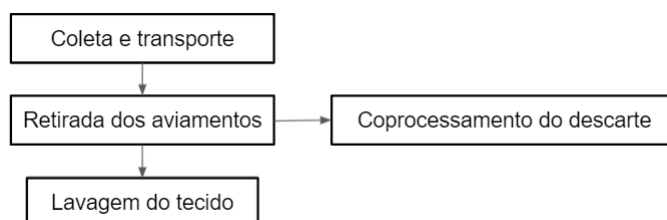
Para obtenção dos resultados, foi feito um levantamento dos principais aspectos qualitativos dos processos descritos na revisão bibliográfica, e para a discussão serão usados os critérios de impacto ambiental positivo, viabilidade econômica, complexidade, capacidade de absorção de volume de resíduos, conexão com os objetivos da empresa e possibilidade de uso como *marketing*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados

Por meio de pesquisa e entrevista com um engenheiro químico da empresa Retalhar, foi possível esquematizar a base da reciclagem de capas de mochilas de entregadores, que será o início do processo independente de qual destino seja escolhido para os resíduos, e a mesma é mostrada na Figura 4.1.

Figura 4.1 – Diagrama do processo de preparação do poliéster da mochila para reciclagem ou reutilização



Fonte: acervo pessoal

Como ilustrado, a primeira etapa é a coleta do material, feita pelo iFood durante as ações de trocas de mochilas realizadas mensalmente, e transporte para o local onde será realizada a preparação do poliéster.

No início da manipulação das mochilas, são retirados os aviamentos que compõem o produto - zíper, faixas refletivas, fivela para ajuste das alças e costuras - e os mesmos são enviados para coprocessamento e após esta etapa, tendo somente os retalhos de poliéster, o tecido é lavado e seco para então dar início ao processo escolhido.

A partir da análise dos processos detalhados na revisão bibliográfica, é possível determinar os principais aspectos qualitativos de cada um e suas vantagens e desvantagens.

Os processos descritos nos tópicos 2.3.1 a 2.3.4 têm como produto o fio de poliéster, tendo em comum o benefício de possibilitar a produção de diversos materiais, porém a desvantagem de ter uma complexidade e custo mais altos, por precisar de uma linha têxtil completa após a reciclagem.

Na reciclagem por extrusão, simplificada, o poliéster é transformado em grânulos, derretido e passado por uma saída afunilada para formação do fio com o qual será produzido o tecido. O principal ponto positivo é o fato de que o processo é antigo e amplamente estudado, o mais recomendado para reciclagem de termoplásticos, e existem muitas indústrias especializadas no Brasil, como a Tecipan e a Fibrasca.

Na reciclagem por desfiadeira, após a moagem o tecido é enviado a uma máquina onde as fibras são desfiadas e encaminhadas como uma mistura homogênea a outro equipamento, onde são alinhadas e podem formar uma manta ou fio para produção de tecido. Os pontos positivos são que o processo é mecânico, sem necessidade de condições controladas de temperatura e pressão, porém com fibras sintéticas não fornece um tecido de qualidade muito alta.

Na reciclagem mecânica por desfibragem, os retalhos tem suas orelhas abertas, passam por uma etapa de trituração em cortadeira, são desfibrados e por fim as fibras sofrem fiação para serem transformadas em fios. O principal ponto positivo é a obtenção de fios finos, mas ele tem como desvantagem ser mais eficiente para fibras naturais, com o próprio fabricante indicando a extrusão como melhor caminho para o poliéster.

Na reciclagem química por hidrólise alcalina o poliéster é triturado e depois despolimerizado, e então os monômeros de ácido tereftálico reagem com etilenoglicol para formar um novo polímero de poliéster. O benefício desta alternativa é que é o método que mais se aproxima do uso do poliéster extraído da natureza, porém também é o processo com o custo mais elevado entre todos os analisados e necessita da obtenção de outra matéria prima proveniente do petróleo, o etileno.

Os processos descritos nos tópicos 2.3.5 a 2.3.7 tem como objetivo um produto já pronto, sendo assim o oposto dos primeiros, tendo como vantagem um custo mais baixo e desvantagem a limitação do catálogo de materiais que podem ser produzidos.

Na moldagem por compressão a quente os retalhos de tecido são limpos, empilhados e colocados em um molde com prensa, onde são aquecidos e compactados, tendo como resultado um produto plástico. O processo é bastante simples, usando somente a prensa como único equipamento, mas as peças

produzidas precisam ser formadas por uma parte única e sem muitos detalhes, para possibilitar o uso do molde. O uso deste caminho como estratégia de *marketing* é mais complexo e teria que envolver uma empresa parceira, como por exemplo uma montadora de carros, que usasse as peças feitas com o poliéster das mochilas e entrasse em uma divulgação em conjunto da iniciativa.

Na utilização do poliéster como matéria prima para concreto, o tecido é moído e triturado até que seja transformado em pó, e então encaminhado para uma indústria produtora de cimentos e misturado ao traço base. Nesta alternativa o poliéster demora mais para voltar à natureza, quando comparado com produtos têxteis, porém tem uma rentabilidade baixa ou nula e o retorno em *marketing* é complexo, assim como na compressão a quente, exigindo parceria com uma indústria produtora de cimentos.

Por último, na reutilização do poliéster, são tiradas as partes danificadas e os retalhos são encaminhados para costureiras, que os usam para confeccionar as peças. Entre os métodos que não necessitam da fabricação de um novo tecido a partir dos fios, este é o que possibilita maior diversidade de produtos finais e também usa a mão de obra de mais pessoas, podendo também ter um forte impacto social, porém a reutilização é a alternativa mais manual, fazendo com que seja mais lenta e possa absorver menor quantidade de tecido, e também há um impacto ambiental maior no transporte, uma vez que o tecido precisa ser levado a cooperativas em locais diferentes e depois recolhido em forma de produtos para distribuição.

Os resultados podem ser simplificados na Tabela 4.1 a seguir, comparando os processos nos critérios que serão usados na discussão: impacto ambiental positivo, custo associado, complexidade, capacidade de absorção de volume de material, conexão com objetivos da empresa iFood e possibilidade de uso como publicidade pela mesma.

Tabela 4.1 – Comparação entre diferentes destinos para o poliéster

Processo	Impacto ambiental positivo	Custo associado	Complexidade	Capacidade de absorção de volume	Conexão com objetivos da empresa	Possibilidade de uso como <i>Marketing</i>
Reciclagem por extrusão	alto	médio	média	alta	alta	alta
Reciclagem com desfiadeira	alto	médio	alta	alta	alta	alta
Reciclagem mecânica	alto	médio	alta	alta	alta	alta
Reciclagem química	médio	alto	muito alta	alta	alta	alta
Compressão a quente	alto	baixo	baixa	baixa	média	baixa
Uso na produção de cimento	alto	baixo	baixa	baixa	média	baixa
Reutilização do tecido	médio	médio	baixa	baixa	alta	alta

Fonte: acervo pessoal

4.2 Discussão

Como explicado na metodologia, foram usados os critérios de impacto ambiental, viabilidade econômica, complexidade, capacidade de absorção de volume de resíduos, conexão com os objetivos da empresa e possibilidade de uso como *marketing* para a comparação entre os processos.

Com foco em impacto ambiental, os processos que mais se destacam são a reciclagem química, que pode gerar monômeros de poliéster que realmente substituem a matéria prima gerada na natureza, evitando que seja usado mais petróleo para a produção primária, porém usa outro material proveniente do petróleo, o etileno. O processo de uso para produção de cimento também é interessante, pois dá ao poliéster um destino que pode ser considerado permanente quando comparado aos outros, diminuindo a possibilidade que o mesmo seja descartado indevidamente, e mesmo tendo um descarte elevado durante a construção, ainda é o que tem o produto com maior durabilidade, evitando o descarte de maior volume de termoplástico. A mesma lógica pode ser aplicada à compressão a quente, caso as peças sejam usadas para a indústria automobilística, onde também serão usadas durante um longo período antes do próximo descarte. Por último, a reutilização, que tem o menor uso de energia entre todos os processos, porém é nela que ocorre maior descarte de material, por só poderem ser usados retalhos em bom estado, e também tem o impacto relacionado ao transporte para as cooperativas, que não pode ser desconsiderado.

A viabilidade econômica é o critério de eliminação da reciclagem química, pois esta tem um custo muito mais elevado que os outros processos por ter mais etapas, precisar de um reator, matérias primas mais caras e acrescentar novas etapas ao processo, porque é necessária a polimerização para obtenção do fio, que ainda precisará ser transformado em tecido. Embora a reciclagem química seja um processo lucrativo, tendo como objeto de estudo a empresa iFood, a mesma não possui autorização para obtenção de lucro com vendas de varejo e produtos próprios, então os mesmos devem ser distribuídos gratuitamente ou vendidos a preço de custo, fazendo com que um processo com custo elevado seja inviável, ou por gerar prejuízo para a empresa, ou por produzir materiais que os entregadores não conseguiriam comprar por causa do valor.

Quanto à capacidade de absorção no volume de resíduos, a vantagem está com os processos mais industriais, que formam o fio de poliéster, e os piores neste critério são a utilização na indústria de cimento e compressão, por dependerem de uma demanda específica de terceiros, e a reutilização, por ser mais manual. No entanto, com a estratégia correta o problema de baixo volume pode ser contornado adotando mais de um processo em paralelo, possibilidade que será explorada na conclusão.

Todos os processos estão conectados aos objetivos da empresa, uma vez que sustentabilidade é um dos três pilares de sua missão, mas a reutilização tem uma conexão maior, uma vez que envolve o uso de cooperativas e o impacto social. O mesmo impacto poderia ser feito para os primeiros quatro processos, encaminhando os tecidos para costureiras para a confecção dos produtos finais.

Por fim, em relação a possibilidade de uso como *marketing*, os processos que geram um novo tecido seriam mais vantajosos, pois é possível obter uma maior diversidade de produtos e inclusive usar o poliéster para fazer novas mochilas ou outros materiais para entregadores, como jaquetas e camisetas, conectando assim uma ação positiva à parte mais delicada da imagem da empresa, que é a conexão com os mesmos. A reutilização dos tecidos também pode ser usada como *marketing*, como é visto no projeto Já Fui Bag, e os processos mais complexos de comunicar para o público seriam o de moldagem e uso na produção de concreto, por terem um uso mais distante do consumidor final, mas ainda assim pode ser construída uma parceria pública de divulgação com a empresa que fizer uso dos

materiais reciclados.

4.3 Processos sugeridos para destino do tecido de poliéster

A partir da comparação dos sete diferentes processos utilizando os critérios apresentados na metodologia, foram sugeridos dois destinos diferentes para o tecido de poliéster descartado por empresas de entrega de alimentos, detalhados nos tópicos a seguir.

4.3.1 Junção dos processos de reutilização e uso do poliéster para produção de cimento ou peças automotivas

Neste cenário seria feita uma adaptação do que já é feito com as mochilas descartadas. Primeiro, todo o material poderia ser enviado à Retalhar, para a parte inicial do processo, e lá seriam divididos os retalhos não danificados que em volume suficiente para atender a capacidade de produção e demanda dos brindes relacionados ao projeto já existente, Já Fui Bag, e estes seriam encaminhados para as cooperativas de costureiras(os). A outra parte do material, que está danificada ou excede o volume do Já Fui Bag, pode ser preparada e destinada para um processo de compressão a quente, para produção de peças automobilísticas, ou para a indústria de cimento.

4.3.2 Reciclagem por extrusão para confecção de peças de vestuário para entregadores, funcionários e consumidores

No segundo cenário, os retalhos de poliéster seriam reciclados por uma indústria por meio do processo de extrusão, o mais indicado para este tipo de material, e depois encaminhados para a indústria têxtil para produção de novas mochilas, peças de roupa e brindes variados para entregadores, funcionários iFood e consumidores.

Este destino é bastante complexo, por exigir interação com duas indústrias e a abertura de um novo seguimento de mercado no iFood, com a comercialização de roupas, mas teria o maior impacto em divulgação, uma vez que o iFood conseguiria fechar um ciclo de economia circular dentro do próprio ecossistema, assegurando mais vezes a reciclagem dos materiais, que no caso de entregadores

e funcionários poderiam seguir sendo recolhidos pela empresa.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 Conclusão

A análise dos processos disponíveis e a comparação entre eles segundo os critérios selecionados permitiram a proposição de alternativas que melhoram e complementam o que já é feito pela empresa. Foram sugeridos dois caminhos para o iFood, o primeiro uma adaptação do que é feito atualmente, unindo a reutilização do tecido e o uso na indústria de produção de cimento ou peças automobilísticas, e outro que seria uma alternativa mais completa, com a reciclagem do tecido por extrusão.

Ainda, pode-se concluir que este trabalho utiliza uma metodologia de avaliação de destinação de resíduos de uma empresa de serviços usando critérios que se relacionam com o arcabouço teórico da Engenharia Química, e que pode ser reutilizada em outras situações similares.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Para pesquisas futuras, três temas relevantes dentro do tópico de reciclagem e reutilização de mochilas de entregadores de alimentos seriam a análise de quantas vezes é possível reciclar a capa de poliéster para fabricar novas capas, ainda atendendo as necessidades de resistência do tecido para seu uso na rua, o estudo de outras possibilidades de tecidos mais sustentáveis que poderiam substituir o poliéster nas mochilas e a pesquisa de métodos de reciclagem para o isopor, que mesmo tendo uma durabilidade maior ainda apresenta um grande volume de descarte das empresas do segmento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADINA. **Reciclagem de tecidos: conheça um pouco dos processos de reaproveitamento.** Disponível em: <https://blog.adina.com.br/reciclagem-de-tecido-conheca-um-pouco-dos-processos-de-reaproveitamento/>. Acesso em: 7 set. 2021.

NAHRA, Sara. **Poliéster.** 2018. Disponível em: <https://querobolsa.com.br/enem/quimica/poliester>. Acesso em: 10 set. 2021

ANDRADE, D. *et al.* Utilização de resíduos têxteis (poliamida/poliéster) como agregado em concreto. **UERJ**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 1, nov./2015.

ANGRIZANI *et al.* Influência da Espessura nas Propriedades Mecânicas de Compósitos Híbridos Interlaminares de Curauá/Vidro/Poliéster. **Universidade de Caxias do Sul – UCS**, Caxias do Sul, v. 1, n. 1, p. 1, nov./2014.

BARBOSA, M. C. *et al.* Setor de fibras sintéticas e suprimento de intermediários petroquímicos. **BNDES**, Brasil, v. 1, n. 1, p. 1, nov./2020.

ECOASSIST. **O QUE É COPROCESSAMENTO E COMO ELE AJUDA O MEIO AMBIENTE.** Disponível em: <https://ecoassist.com.br/o-que-e-coprocessoamento-e-como-ele-ajuda-o-meio-ambiente/>. 2021 Acesso em: 12 out. 2021.

ECYCLE. **Entenda o que é tecido poliéster e seus impactos.** Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/poliester/>. Acesso em: 7 set. 2021.

ECYCLE. **Upcycling: o que é e como aderir à ideia.** Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/upcycling-upcycle/>. Acesso em: 12 out. 2021.

VEJA. **Plataforma de delivery tem crescimento de 418% em relação a 2020.** Disponível em: <https://veja.abril.com.br/blog/radar/plataforma-de-delivery-tem-crescimento-de-418-em-relacao-a-2020/>. 2021 Acesso em: 10 SET. 2021.

FASHIONUNITED. **Quão sustentáveis são os tecidos feitos de garrafa PET reciclada?** Disponível em: <https://fashionunited.com.br/news/fashion/quao-sustentaveis-sao-os-tecidos-feitos-de-garrafa-pet-reciclada-1548254246/2019012187079>. Acesso em: 3 out. 2021.

IFOOD INSTITUCIONAL. **Pesquisa IBOPE aponta que 70% dos entregadores de apps preferem modelo de trabalho flexível.** Disponível em: <https://institucional.ifeed.com.br/sala-de-imprensa/pesquisa-ibope-entregadores>. Acesso em: 6 out. 2021.

IFOOD INSTITUCIONAL. **Pensou comida, pensou iFood.** Disponível em:

<https://institucional.ifood.com.br/press>. Acesso em: 5 out. 2021.

IFOOD REGENERA. **Seu pedido chegou. O iFood já compensou.** Disponível em: <https://institucional.ifood.com.br/nossos-compromissos/>. Acesso em: 22 jul. 2021.

IFOOD SHOP. **Bag Mochila Termica iFood Poliéster 45L Sem Divisória.** Disponível em: <https://shop.ifood.com.br/bag-mochila-termica-ifood-poliester-45l-sem-divisoria-e-sem-laminado-vermelha-44x47x55-cm-1-un-116628/p>. Acesso em: 2 out. 2021.

VGR RESÍDUOS. **Qual a diferença entre reciclagem e reutilização?** Disponível em: https://www.vgresiduos.com.br/blog/qual-a-diferenca-entre-reciclagem-e-reutilizacao/#:~:text=Reciclagem%20consiste%20na%20s__,na%20mesma%20fun%C3%A7%C3%A3o%20ou%20n%C3%A3o. 2017. Acesso em: 10 out. 2021

STRAZZA, Pedro. **McDonald's confirma que seus canudos de papel no fim não são tão recicláveis assim.** 2019 Disponível em: <https://www.b9.com.br/112222/mcdonalds-confirma-que-seus-canudos-de-papel-no-fim-nao-sao-tao-reciclaveis-assim/>. Acesso em: 10 out. 2021.

JB TECIDOS. **Entenda sobre o poliéster: uma fibra muito interessante (e controversa!) do mundo dos tecidos.** Disponível em: <https://jbdublagem.com.br/blog/entenda-sobre-o-poliester-uma-fibra-muito-interessante-e-controversa-do-mundo-dos-tecidos/>. Acesso em: 16 ago. 2021.

KUASNE, Professora Angela. CURSO TÊXTIL EM MALHARIA E CONFECÇÃO 2º MÓDULO: FIBRAS TEXTÉIS. **MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO SECRETARIA DE EDUCAÇÃO MÉDIA E TECNOLÓGICA**, ARARANGUÁ, v. 1, n. 1, p. 1, nov./2008.

MARQUES *et al.* Um estudo sobre reciclagem e reutilização de resíduos têxteis descartados da indústria de vestuário. **repositório UFSC**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 1, mai./2021.

MENEGUCCI, F. *et al.* Resíduos têxteis: Análise sobre descarte e reaproveitamento nas indústrias de confecção. **congresso nacional de excelência em gestão**, Brasil, v. 1, n. 1, p. 1, nov./2018.

PELAEZ, Juliano. FIBRASCA QUÍMICA LTDAz UM ESTUDO DE CASO DE UMA EMPRESA RECICLADORA DE POLIÉSTER. **UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO SÓCIO ECONÔMICO**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 1-71, fev./2000.

PINTO, K. N. C. RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE MATERIAIS COMPÓSITOS

DE MATRIZ POLIMÉRICA: POLIÉSTER INSATURADO REFORÇADO COM FIBRAS DE VIDRO. **AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-81, set./2002.

RECICLA SAMPA. **SAIBA TUDO SOBRE A RECICLAGEM DE RESÍDUOS TÊXTEIS NO BRASIL.** Disponível em: <https://www.reciclasampa.com.br/artigo/saiba-tudo-sobre-a-reciclagem-de-residuos-texteis-no-brasil.2018>. Acesso em: 6 set. 2021.

RESEARCH, SOCIETY AND DEVELOPMENT. **Alternatives of reusing textile waste.** Disponível em: <https://www.rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/10613>. Acesso em: 26 ago. 2021.

RETALHAR. **Reciclagem de poliéster é oportunidade econômica para empresas e catadores.** Disponível em: <https://www.retalhar.com.br/reciclagem-de-poliester-e-oportunidade-economica-para-empresas-e-catadores/>. Acesso em: 7 set. 2021.

RETALHAR. **Reciclagem de poliéster é oportunidade econômica para empresas e catadores.** Disponível em: <https://www.retalhar.com.br/author/jonas/>. 2020. Acesso em: 10 set. 2021

SEVALD, Renato Jean. PRODUÇÃO MAIS LIMPA APLICADA AO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PEÇAS EM COMPÓSITOS DE RESINA POLIÉSTER INSATURADO REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO. **Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE Noeli Sellin**, Joinville, v. 1, n. 1, p. 1, out./2012.

VELICKO, Ademir José, AMRGINSKI, Rafael Luis, HEMKEMEIER, Marcelo. ALTERNATIVAS DE REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS TEXTÊIS. **Universidade Do Passo Fundo**, Passo Fundo, v. 1, n. 1, p. 1, 2020.

TANIA NEIVA. **Entenda porque a malha PET não é sustentável.** Disponível em: <https://tanieineiva.com.br/entenda-porque-a-malha-pet-nao-e-sustentavel/>. 2016. Acesso em: 3 out. 2021.

ABRAFAS. **Indústrias e fibras.** Disponível em: <http://www.abrafas.org.br/site/abrafas/industrias-e-fibras>. 2006 Acesso em: 3 out. 2021.

MORAES, T. T.; MÄHLMANN, C. M.; RODRIGUEZ, A. L. Avaliação da utilização de etileno glicol e dietileno glicol na reciclagem do poli(tereftalato de etileno) – PET. In: **XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Santa Cruz do Sul, v. 1, n. 1, p. 1, 2006

FONSECA, T. G.; ALMEIDA, Y. M. B.; VINHAS, G. A. M. Reciclagem Química do PET Pós-consumo: Caracterização Estrutural do Ácido Tereftálico e Efeito da Hidrólise Alcalina em Baixa Temperatura. **Departamento de Química da Universidade Federal de Pernambuco** v. 1, n. 1, p. 1, 2014

BENTES, V. L. I. Hidrólise Básica de Resíduos Poliméricos de PET Pós-consumo e Degradação Catalítica dos Monômeros de Partida. 2008, 100 p. Dissertação (Mestrado em Química). Dissertação apresentada à **Coordenação de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Amazonas**. Manaus, v. 1, n. 1, p. 1, 2008.

VEDOVELLO *et al.* ESTUDO DA DESPOLIMERIZAÇÃO DO POLI(TEREFTALATO DE ETILENO) VIA HIDRÓLISE ALCALINA. **nucleo do conhecimento**, online, v. 1, n. 1, p. 1, nov./2019.

ZOU Y., REDDY, N., & YANG, Y. Reusing polyester/cotton blend fabrics for composites. **Composites**, n. 1, p. 1, 2011.

VIRGENS, N. S. D. Impacto ambiental da reutilização de roupas: um estudo exploratório da Associação Humana Portugal. **Faculdade de Economia do Porto**, Porto, v. 1, n. 1, p. 1-52, set./2019.

ROMÃO, Wanderson. Poli(tereftalato de etileno), PET: uma revisão sobre os processos de síntese, mecanismos de degradação e sua reciclagem. **SciELO brasil**, v. 1, n. 1, p. 1, 2009.

ZONATTI, Welton Fernando. Geração de resíduos sólidos da indústria brasileira têxtil e de confecção: materiais e processos para reuso e reciclagem. **Escola de Artes, Ciências e Humanidades**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-50, nov./2016.

LISIANE LIBRELOTTO. **Virtuhab**. Disponível em:
<https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/poliester/>. Acesso em: 10 set. 2021.