

## REVISÃO DE PARÂMETROS TÉCNICOS PARA A PRODUÇÃO DE FIBRAS DE PET

**Christian Souza Barboza (\*), Danrley Cristian Monteiro dos Santos, Fernando Júnior Gouveia de Oliveira**

\* Universidade Federal da Grande Dourados. christianbarboza@ufgd.edu.br

### RESUMO

O impacto causado pelo descarte das embalagens de Politereftalato de Etileno (PET) na natureza é relevante, visto que o material é produzido e utilizado em grandes escalas ao redor do mundo e o seu consumo vem aumentando. Em contrapartida, o PET apresenta um longo período de degradação o que, quando descartado diretamente na natureza, representa grandes riscos à fauna e flora dos locais afetados. Entretanto, esse problema pode ser minimizado através do fomento de processos de reciclagem e reutilização destes materiais, sendo que, dentre eles, a produção de fibras a partir do processamento de embalagens descartadas, confeccionadas com este polímero, é um campo promissor. Com o objetivo de reunir as características físicas e mecânicas das fibras produzidas com PET e, ainda, o seu processo produtivo, este trabalho se estruturou na ferramenta metodológica de revisão sistemática para revisar os trabalhos técnicos desenvolvidos com esta temática. Foram realizadas pesquisas acerca do tema em bancos de dados vinculados a periódicos com ampla abrangência mundial. Como principal ferramenta de pesquisa, utilizou-se o gerenciador de publicações da base de dados Clarivate Analytics (Web of Science), acessado através do portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Foram analisados os processos de produção das fibras de PET, assim como os parâmetros técnicos necessários para o seu processamento, tais como, ponto de fusão, viscosidade, ponto de degradação, tamanho das fibras e outros. A partir dos trabalhos reunidos, verificou-se que o processo de transformação se mostra como uma prática viável, pois, além de dar funcionalidade a um material que seria descartado, é possível produzir fibras com boa rigidez, alta resistência ao calor, estabilidade química e dimensional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fibras de PET, Reciclagem de PET, Produção de Fibras PET, Politereftalato de Etileno.

### INTRODUÇÃO

O politereftalato de Etileno (PET) é um polímero bastante utilizado na engenharia e possui alta resistência ao calor, rigidez, tenacidade, estabilidade química e dimensional, entre outras propriedades que o tornam um material com aplicações diversificadas (ISOLDI; *et al*, 2002). Devido a sua grande versatilidade o PET é um dos materiais mais utilizados para o acondicionamento de alimentos comercializados ao redor do mundo, principalmente os em estado líquido.

Diante do crescente consumo de bebidas, a produção de garrafas de Politereftalato de Etileno (PET), popularmente conhecido por sua sigla, aumentou de forma exponencial nos últimos anos. Algumas propriedades do material influenciam na preferência por sua utilização na indústria e no mercado alimentício (PEREIRA *et al*, 2017). A Associação Brasileira da Indústria de PET (ABIPET) afirma que a baixa densidade e o baixo custo e facilidade de produção das garrafas PET explicam a preferência pela utilização constante do material. Ainda, a associação afirma que o Brasil possui uma capacidade de produção de milhares de toneladas ao ano de embalagens feitas com este polímero e que a tendência é esta produção crescer a cada ano que passa.

Por outro lado, o descarte do PET ocorre de forma indevida. Isso ocorre principalmente pela falta de informação de grande parte da população e pelo fato de que alguns países não possuem coleta e separação de lixo eficiente. Logo, esse material acaba lançado em locais como rios, lagos, mares e terrenos abandonados (ABIPET, 2021). Outra problemática no descarte do material é a falta de espaços em aterros sanitários, visto que o plástico leva mais de 100 anos para se decompor (SENEZ, 2016). No Brasil, grande parte do lixo gerado e descartado incorretamente é composto por embalagens de PET (MARAGON, 2004). Para se evitar esta situação, é importante a reciclagem, reutilização e ações de conscientização da população em geral.

O processo de reciclagem ocorre de forma a determinar outra utilidade para um material descartado, voltando o mesmo para à sua própria rede produtiva ou adicionando-o à produção de outros materiais. Porém, este processo exige muita cautela, visto que as etapas de coleta, seleção e transporte dos resíduos possuem custos elevados (ZIKMUND; STANTON, 1971). Para o PET, a cadeia de reciclagem de embalagens tem potencial para contribuir com a preservação ambiental e pode gerar benefícios sociais e econômicos, visto que a indústria da reciclagem gera empregos, reduz os impactos ambientais causados pelo descarte indevido e auxilia na qualidade de vida de populações afetadas direta ou indiretamente (ABIPET, 2021).

Uma forma de reciclar o Politereftalato de Etileno ocorre com a transformação do material em fibras, que se destacam por possuir baixo custo quando comparadas a outras fibras (CORREA, 2015). Na construção civil, as fibras são materiais bastante utilizados para melhorar as características ou reduzir efeitos negativos, seja em um material compósito ou em um sistema construtivo. As fibras de PET são classificadas como fibras de poliéster e apresentam alta densidade, rigidez e resistência, podendo ser utilizadas em aplicações semelhantes às de fibras de polipropileno (SENEZ, 2016).

O processo de reciclagem do Politereftalato de Etileno (PET) através da transformação do material em fibras é uma importante ferramenta na tentativa de mitigar os efeitos do descarte irregular do material no meio ambiente. Para tanto, se torna oportuna a reunião de propriedades e os parâmetros técnicos do material, vislumbrando-se a potencialização do desenvolvimento de processos específicos para a produção das fibras PET, materiais que pode ser incorporado à diversas cadeias produtivas.

## OBJETIVO

Reunir os parâmetros necessários para a sintetização de fibra de Poli(tereftalato de Etileno) (PET) a partir de embalagens recicladas, buscando-se identificar características específicas, tais como, o patamar de temperatura de fusão, as suas dimensões principais e demais parâmetros físicos, químicos e mecânicos do material processado.

## METODOLOGIA

O presente trabalho foi estruturado metodologicamente a partir do método de revisão sistemática da literatura, que, segundo Doity (2018), é um estudo que busca levantar informações semelhantes provenientes de diferentes autores, possibilitando uma análise crítica dos resultados. Essa revisão tem início quando se pretende responder uma questão chave, que norteia o objetivo principal de uma investigação.

Neste contexto, usou-se da revisão sistemática para levantar informações referentes as características da transformação de garrafas de Poli(tereftalato de Etileno) (PET) em fibras sintéticas. Assim, foi necessário levantar questões fundamentais para a obtenção dos resultados acerca do processamento do material, tais como: como é feita e quais são as etapas de produção das fibras de PET? Quais os equipamentos e sub processos empregados? Quais as principais propriedades a serem levadas em consideração?

Para obtenção dos resultados, a pesquisa ocorreu através da busca por títulos e resumos que possivelmente ajudariam a responder as questões levantadas anteriormente. A ferramenta utilizada nesse processo foi a ferramenta de gerenciamento de banco de dados de periódicos indexados a plataforma do Clarivate Analytics (Web of Science – WOS), que se deu através do Portal de Periódicos Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Assim, foram inseridas as palavras chave Fibras de PET, Lã de PET, Polímeros na Construção Civil, Fibras Poliméricas e Fibras de Poliéster, fazendo uma filtragem de resultados para artigos publicados entre os anos de 2005 até 2021, na sequência foi possível selecionar os resultados após análise dos títulos e resumos, onde foi possível descartar os trabalhos que não se adequavam ao assunto da pesquisa.

Após a seleção dos trabalhos mais relevante, ante aos objetivos deste trabalho, os mesmos foram fichados sendo os resultados desta etapa reunidos e agrupados em quadros esquemáticos conceituais, sendo os temas selecionados em relativos ao processo produtivo, características físicas, químicas e mecânicas e aplicações. Dessa forma, foi possível organiza-los e identifica-los de maneira pratica e eficaz, facilitando a análise e comparação destes resultados.

## RESULTADOS

Através da revisão sistemática da literatura acerca de questionamentos referentes às características e utilização das fibras de PET, foram determinados alguns parâmetros importantes para o processo de transformação de garrafas PET em fibras. As informações foram agrupadas em quadros de acordo com o tema relacionado.

No Quadro 1, estão listadas algumas características do processo de seleção e separação das embalagens. Nessa etapa são realizados processos que, segundo Sato *et al* (2016) são de extrema importância para bons desempenhos das fibras. Os autores afirmam que a separação das embalagens plásticas de seus rótulos e tampas é fundamental para garantir a homogeneidade do material, visto que são compostos por materiais com características diferentes. Ainda, destacam que deve ser realizada a separação por cor, para garantir e facilitar a aplicação no mercado, visto que essas embalagens são fabricadas em diversas cores (verde, azul, incolor, entre outras). Entretanto, Bannach (2011) recomenda padronizar o enfoque nas embalagens sem cores, visto que a utilização de corantes pode alterar as características do PET e,

consequentemente, as fibras feitas com esse material podem apresentar características que diferem das fibras com outras colorações.

**Quadro 1. Revisão da seleção e separação de embalagens PET. Fonte: WOS, 2021**

| Seleção e separação de garrafas PET |   |
|-------------------------------------|---|
| Autor:                              | Citação:  |
| SATO; <i>et al</i> , 2016.          | A separação por cor é necessária para que os produtos que resultarão do processo tenham uniformidade de cor, facilitando assim, sua aplicação no mercado.                           |
|                                     | Os rótulos e as rolhas das garrafas PET devem ser retirados, visto que são compostos por materiais de composições diferentes do “corpo” da garrafa.                                 |
| ABIPET, 2021.                       | As embalagens PET são 100% recicláveis e a sua composição química não produz nenhum produto tóxico, sendo formada apenas de carbono, hidrogênio e oxigênio.                         |
| ARANHA, 2019.                       | São utilizadas aproximadamente 100 garrafas PET (500ml) para produzir lâ de PET (densidade = 30kg/m <sup>3</sup> e 50mm de espessura) capaz de atuar em 1m <sup>2</sup> de drywall. |
| BANNACH, 2011.                      | Recomenda-se a utilização de uma garrafa incolor, uma vez que não contém corantes que possam interferir nas medidas termoanalíticas.  |
| SANTOS; <i>et al</i> , 2008.        | Pode-se estimar que a cada 1 kg de garrafa pet sem rótulos, tampas e qualquer material diferente, é obtido aproximadamente 0,941 kg de flake e 0,059 kg de pó de flake,             |

Santos *et al* (2008) e Aranha (2019) apresentam informações quantitativas que servem de base para o processo de produção de fibras de Politereftalato de Etileno. Santos *et al* (2008) estimam a relação entre a quantidade de flakes e pó de flake, gerados através do processo de moagem do PET, com a quantidade de garrafas coletadas sem rótulos e tampas (Figura 1). Aranha (2019), relaciona a quantidade de embalagens com 500mL com a quantidade de lâ de PET (formada a partir das fibras) aplicada em 1m<sup>2</sup> de drywall.



**Figura 1: Flacks de PET processados. Fonte: ABIPET (2021).**

A ABIPET (2021) assegura que as embalagens produzidas com o material são 100% recicláveis e que sua composição química não apresenta produtos tóxicos. Essa informação garante uma maior segurança para a etapa de seleção e separação do PET, visto que nessa fase o profissional responsável tem contato direto com o material.

O Quadro 2 apresenta informações sobre o processo de moagem e limpeza do material, que são etapas seguintes ao processo destacado no Quadro 1.

**Quadro 2. Revisão do processamento, dimensões e limpeza de flakes de PET. Fonte: WOS, 2021**

| Equipamentos Utilizados                                   |   |
|---|---|
| Autor:  | Citação:  |
| SATO; <i>et al</i> , 2016.<br>SANTOS; <i>et al</i> , 2008 | Moinho com facas rotativas  |
| Dimensões Utilizadas                                      |   |
| Autor:  | Citação:  |
| SANTOS; <i>et al</i> , 2008                               | Granulometria da primeira moagem = 30 mm<br>Granulometria da segunda moagem = 16 mm.<br>Pó de Flake = menos de 2mm.   |
| ANDRADE, 2016.  | 0,4 mm < D < 8 mm   |
| Limpeza   |   |
| Autor:  | Citação:  |
| SATO; <i>et al</i> , 2016.                                | Na fase de Lavagem, por efeito de gravidade, retirando resíduos contaminantes (rótulo de polietileno ou papel, tampa de polipropileno ou alumínio e base de polietileno de alta densidade encontrada nas garrafas), os quais flutuam. |

Para o processamento das embalagens, Sato *et al* (2016) e SANTOS *et al* (2008) recomendam utilizar um moinho com facas rotativas, equipamento capaz de moer as garrafas, gerando os flakes. Esses, são o PET com aparência próxima ao círculo, que na primeira moagem apresenta uma granulometria próxima a 30 mm e na segunda moagem este valor diminui para 16mm. Ainda, Santos *et al* (2008) afirma que durante essa etapa, são formados produtos denominados de “pó de flake”, com granulometrias de aproximadamente 2mm. Segundo Sato et al (2016), estes pós são destinados a outros processos e aplicações, já que para a produção de fibras não possuem utilidade. Entretanto, para Andrade (2016), os flakes formados a partir da moagem do PET possuem diâmetros entre 0,4 e 8mm (incluindo o pó de flake).

Na sequência, os flakes gerados passam pelo processo de limpeza. De acordo com Sato et al (2016), os flakes são inseridos em tanques com água. Em seguida, por efeito da gravidade e da diferença de densidade dos componentes, os resíduos de pouco ou nenhum interesse, considerados contaminantes, flutuam e são descartados.

No Quadro 3, são apresentadas informações acerca das principais características físicas do pet, principalmente quando submetido à combustão. Essas características são fundamentais para o processo de fusão dos flakes de PET.

**Quadro 3. Revisão dos parâmetros físicos para a produção de fibras de PET. Fonte: WOS, 2021**

| Ponto de Fusão  |  |
|---|--|
| Autor:  | Citação:   |
| SANTOS, 2008<br>ROMÃO; <i>et al</i> , 2009.<br>ANDRADE, 2016. | Ponto de Fusão do PET entre 250 e 265°C.   |
| Degradação  |  |
| Autor:  | Citação:   |
| SANTOS, 2008  | Presença de água no estado fundido 250-280°C gera alta degradação do PET (hidrólise).                            |
| ROMÃO; <i>et al</i> , 2009.                                   | Tipos de degradação do PET: degradação mecânica, térmica, química, etc. Ou até mesmo a junção de algumas dessas. |

|                                   | Aplicar o PET a temperaturas acima de 300°C pode ocasionar degradações térmicas (termo-mecânicas, termo-oxidativas, etc).   |
|-----------------------------------|---|
| ABIPET, 2021.                     | O contato do PET aquecido com oxigênio produz degradação termo-oxidativa e com a água provoca a hidrólise, ou seja, quebra das cadeias, o que reduz o peso molecular do polímero. |
| CORREA, 2015                      | Pode ocorrer hidrólise do material quando submerso em água com temperatura superior a 60°C  |
| Escoamento do Fluxo – Viscosidade |   |
| Autor:                            | Citação:  |
| SANTOS, 2008                      | O PET amorfo (obtido pela polimerização no estado líquido) possui viscosidade intrínseca de 0,6 dl/g. Não excedendo 0,7 dl/g.   |
| ANDRADE, 2016.                    | 0,60 dL/g e 0,65 dL/g   |

Através dos trabalhos de Santos (2008), Romão *et al* (2009) e Andrade (2016) entende-se que o ponto de fusão do Politereftalato de Etileno está entre 250 e 265°C. Em contrapartida, para Romão *et al* (2009), ao atingir temperaturas superiores a 300°C o PET pode sofrer degradação térmica, afetando negativamente parte ou todas as suas propriedades. Ainda sobre a degradação do material, Santos (2008) afirma que a presença de água durante o processo de fusão do PET pode gerar alta degradação através da hidrólise, que para o autor é a degradação ou alteração de uma substância pela água.

Conforme o escrito por Correa (2015), quando totalmente submerso em água, o PET pode sofrer hidrólise em temperaturas superiores a 60°C, o que exige bastante cuidado ao manusear o material em situações com temperaturas mais elevadas. Segundo a ABIPET (2021), outro tipo de degradação que o Politereftalato de Etileno pode sofrer é quando está com temperatura elevada e entra em contato com o oxigênio, chamada de degradação termo-oxidativa, que altera a coloração do produto, tornando-o mais “amarelado” e se o aumento de temperatura se manter, essa coloração se aproxima do marrom, o que interfere no aspecto visual do produto. Outra propriedade apresentada no Quadro 3 é a viscosidade do PET que, de acordo com SANTOS (2008) e ANDRADE (2016), está entre 0,60 e 0,65 dL/g, não excedendo 0,7 dL/g.

Após o processo de fusão do PET, são formadas as fibras. No Quadro 4 estão relacionadas informações obtidas através de trabalhos que especificassem os tipos de fibras e seus diâmetros.

**Quadro 4. Revisão da classificação das fibras e das dimensões de fibras PET. Fonte: WOS, 2021**

| Especificação de Tipo (Macro ou Micro) |   |
|--|---|
| Autor:                                 | Citação:  |
| FONSECA, 2019.                         | Macrofibras = entre 30 e 60 mm<br>Microfibras = entre 10 e 30 µm  |
| Diâmetros Utilizados                   |   |
| Autor:                                 | Citação:  |
| SENEZ, 2016                            | "Uma fibra com título igual a 3,3 dtex corresponde a um diâmetro de 0,023 mm, enquanto que uma fibra com título de 1,4 dtex corresponde a um diâmetro de aproximadamente 0,0098 mm."<br>Fibras utilizadas: 1,4 dtex - 38 mm e 3,3 dtex - 56 mm.<br>Unidade "dtex" = 1 dtex - 10000 m // 1 dtex - 1g |

Na pesquisa de Fonseca (2019), as fibras são caracterizadas em dois tipos principais: macrofibras e microfibras, com dimensões distintas, sendo que, as macrofibras são fibras com diâmetros entre 10 e 30 µm, já as microfibras possuem diâmetros entre 30 e 60 mm (Figura 2).



**Figura 2: Fibras de PET de 3,3 dtex com 56mm e 1,4 dtex com 38mm. Fonte: Senez (2016).**

Além disso, Senez (2016) destacou os diâmetros de fibras de PET que utilizou em seu trabalho, servindo no quadro como um parâmetro comparativo.

Quanto a aplicabilidade deste material, verificou-se que a indústria da construção civil apresenta grande possibilidade de incorporação, pois, com o passar do tempo este setor vem buscando alternativas mais sustentáveis para contrapor o ritmo de degradação causada por sua atividade, sendo que este ramo, ainda hoje, impacta de maneira significativa o meio ambiente, devido ao grande consumo de matérias primas não renováveis, tais como, os insumos para se produzir o Cimento Portland, os agregados para concreto (areia, britas basálticas e outros), grande quantidade de energia, grande consumo de combustíveis fósseis (BARBOZA, 2019).

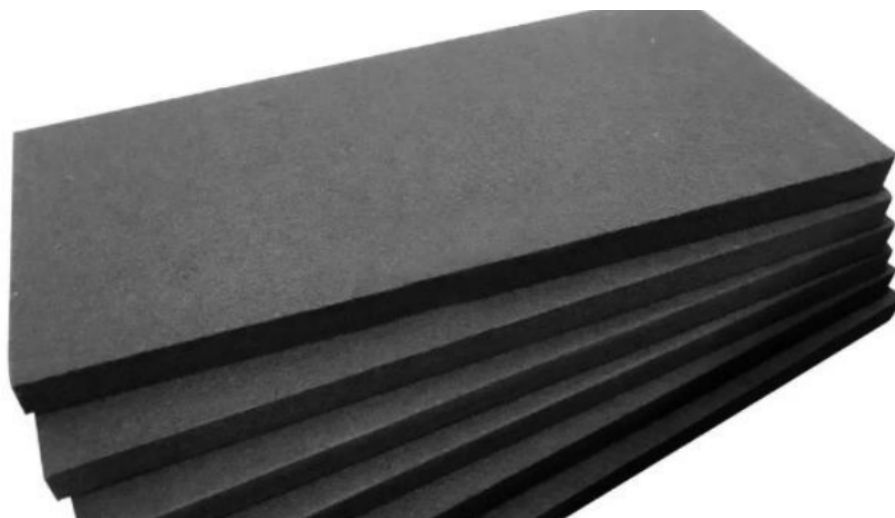
No Quadro 5, estão destacadas as informações relacionadas com a principal aplicação das fibras de PET na construção civil residencial, conforme verificado na revisão dos trabalhos vinculados à aplicação deste material, os packs de PET<sup>1</sup>. Este material, muito empregado em sistemas construtivos leves, tais como para o enchimento de paredes em light steel frame e o isolamento termo acústico de lajes com pequenas espessuras vem ganhando espaço no mercado da construção civil internacional e, nos últimos anos, no Brasil.

**Quadro 5. Revisão das propriedades de Packs de fibras PET. Fonte: WOS, 2021**

| Densidade                   |  |
|-----------------------------|--|
| <b>Autor:</b>               | <b>Citação:</b>  |
| ARANHA, 2019.               | Foram utilizados packs com densidades entre 30 e 33 kg/m <sup>3</sup> .<br>Comercialmente são encontrados packs com densidade entre 5 e 35 kg/m <sup>3</sup> . |
| Espessura                   |  |
| <b>Autor:</b>               | <b>Citação:</b>  |
| ARANHA, 2019.               | Foram utilizados packs com espessura de 50 mm.<br>São comercializados packs com espessuras até 100 mm.   |
| SOARES <i>et al</i> , 2018. | 50 mm de espessura (1200x2500 mm).   |
| Isolamento termoacústico    |  |
| <b>Autor:</b>               | <b>Citação:</b>  |
| ARANHA, 2019.               | Não é a melhor opção para isolamento acústico, mas apresenta bons índices, tornando viável a sua utilização.   |
| SOARES <i>et al</i> , 2018  | Atende aos critérios da ISO 11654, realizando uma redução considerável no nível de pressão sonora, originada de fontes pontuais, em seus vizinhos.             |

<sup>1</sup> Os packs de PET são materiais elaborados a partir da junção e empacotamento de várias fibras de PET.

Packs de PET, processados a partir de fibras recicladas, principalmente de garrafas que seriam descartadas após o seu uso por consumidores finais (Figura 3).



**Figura 3: Packs de fibras de PET. Fonte: Aranha (2019).**

De acordo com Aranha (2019), são comercializados com densidade entre 5 e 35 kg/m<sup>3</sup> e espessuras de até 100 mm, para tanto, foram utilizados packs com densidades entre 30 e 33 kg/m<sup>3</sup> e espessura de 50mm e encontrou resultados satisfatórios, classificando o pack de fibras PET como uma opção de aplicação em sistemas de isolamento acústico. Além disso, Soares et al (2018) afirma que o material atende aos requisitos da ISO 11654, demonstrando bons desempenhos quanto ao isolamento acústico.

## CONCLUSÕES

A presente pesquisa pode constituir-se como uma ferramenta importante para reunir informações referentes a transformação de garrafas PET em fibras. Através da reunião de dados aqui apresentados, foi possível se verificar a viabilidade de utilização das fibras de PET como um material com características relevantes. Sendo aplicáveis à sistemas de isolamento termo acústico residências. Algumas propriedades e dimensões do material, tanto em forma de fibras, quanto agrupadas em um pack são importantes para se definir o seu desempenho final. Como apresentado pela ABIPET (2021), e avaliado por Aranha (2019) e Soares (2018), a fibra PET pode ser utilizada em vários tipos de instalações, por se tratar de um material que não é tóxico para o ser humano. Esta análise permitiu verificar que as fibras de PET recicladas podem representar uma importante opção para auxiliar na redução da quantidade de garrafas PET descartadas incorretamente no meio ambiente, auxiliando na redução de impactos ambientais e podendo gerar retornos técnicos, sociais e financeiros positivos, contribuindo para o desenvolvimento de materiais e cadeiras produtivas mais sustentáveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABIPET – Associação Brasileira da Indústria PET. Disponível em: [www.abipet.org.br](http://www.abipet.org.br). Acesso em: 10 de junho 2021.
2. ANDRADE, Rafael Melo Paes de. **Reciclagem química de pet - processo de fusão e reticulação com glicerol**. Natal, 2016.
3. ARANHA, Ricardo Vargas. **Análise técnica via tubo de impedância e estudo sustentável da lã de pet como substituta de materiais comerciais em aplicações acústicas**. Porto Alegre, 2019.
4. BANNACH, Gilbert; PERPÉTUO, Glauco Lini; CAVALHEIRO, Éder Tadeu Gomes; CAVALHEIRO, Carla Cristina Schmitt; ROCHA, Rafael Rodrigo. **Efeitos da História Térmica nas Propriedades do Polímero PET: Um experimento para Ensino de Análise Térmica**. São Paulo, 2011.
5. BARBOZA, Christian Souza. **Metodologia de apoio a seleção de sistemas construtivos mais sustentáveis para habitações rurais no contexto brasileiro**. 2019.
6. CORREA, Priscila Marques. **Estudo Comparativo da influência da adição de PET e PP pós-consumo na produção do concreto estrutural**. Porto Alegre, 2015.
7. DOITY TEAM. Doity, 2018. **Revisão Sistemática: Aprenda de uma vez sobre esse processo**. Disponível em: <https://blog.doity.com.br/revisao-sistemica-aprenda-de-uma-vez-sobre-esse-processo/>. Acesso em: 11 de junho de 2021.
8. FONSECA, Ayrton Táliton de Farias. **Análise das Propriedades Mecânicas do Concreto Convencional Obtido a partir da adição de Fibra Artificial**. Angicos - Rio Grande do Norte, 2019.

9. ISOLDI, Ana Beatriz Godoy; ROSÁRIO, Salmo Cordeiro do; SILVA, Leonardo Gondim de Andrade e. **Estudo do efeito da dose de radioesterilização sobre as propriedades do Poli(tereftalato de Etileno) – PET reciclado.** São Paulo, 2002.
10. MARANGON, E. **Aspectos do comportamento e da degradação de matrizes de concreto de cimento Portland reforçados com fibras provenientes da reciclagem de garrafa PET.** Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2004.
11. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Portal de Periódicos CAPES**, 2021. Disponível em: <<https://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 10 de junho de 2021.
12. ROMÃO, Wanderson; SPINACÉ, Márcia A.S.; DE PAOLI, Marco-A. **Poli(Tereftalato de Etileno), PET: uma revisão sobre os processos de síntese, mecanismos de degradação e sua reciclagem.** Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 19, nº 2, p. 121-132, 2009. Campinas, 2009.
13. SANTOS, Antônio Cláudio dos. **Estudo da reciclagem do poli(tereftalato de etileno) - PET pós consumo e de suas propriedades, quando submetido à radiação ionizante.** São Paulo, 2008.
14. SATO, Suzenir Aguiar da Silva; ALEIXO, Andreia Duarte; OLIVEIRA, Nilza Duarte Aleixo de; MELO, Janilene Vasconcelos de; COSTA, Gleice Kelly Simplicio. **Reciclagem de PET: Potencialidades para Sustentabilidade e Inclusão Social.** ENGEMA, 2016.
15. SENEZ, Phillippe Campello. **Comportamento de uma Arcia Reforçada com Fibras de Polietileno Tereftalato (PET).** Rio de Janeiro, 2016.
16. ZIKMUND, Willian G.; STANTON, W.T. **Recycling solid wastes: a channels os distributions problem.** Journal of Marketing. N 35, v3 p.34-39. July, 1971.