



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

**EDILÂNIA SILVA DO CARMO**

**RECICLAGEM QUÍMICA DO PET: OBTENÇÃO DA RESINA ALQUÍDICA**

**CAMPINA GRANDE  
2018**

**EDILÂNIA SILVA DO CARMO**

**RECICLAGEM QUÍMICA DO PET:OBTENÇÃO DA RESINA ALQUÍDICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

Área de concentração: Tecnologia

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Edilane Laranjeira Pimentel.

**CAMPINA GRANDE**  
**2018**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

C287r Carmo, Edilânia Silva do.  
Reciclagem química do PET [manuscrito] : obtenção da resina alquídica / Edilania Silva do Carmo. - 2018.  
28 p.  
  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2018.  
"Orientação : Profa. Dra. Edilane Laranjeira Pimentel ,  
Coordenação do Curso de Química Industrial - CCT."  
  
1. Reciclagem Química. 2. Resina Alquídica. 3. Politereftalato de Etileno. 4. Despolimerização.  
  
21. ed. CDD 660

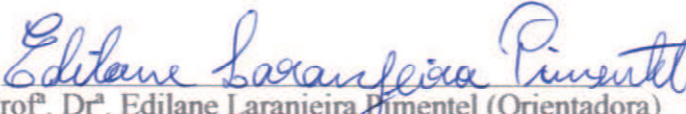
EDILÂNIA SILVA DO CARMO

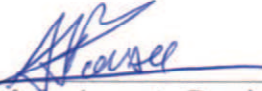
RECICLAGEM QUÍMICA DO PET:OBTENÇÃO DA RESINA ALQUÍDICA

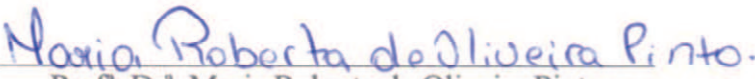
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Estadual da Paraíba, como  
requisito parcial à obtenção do título de  
Bacharel em Química Industrial.

Aprovada em: 26/06/2018.

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Edilane Laranjeira Pimentel (Orientadora)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
Prof. Dr. Antônio Augusto Pereira de Sousa  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Roberta de Oliveira Pinto  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Aos meus pais, pela dedicação, companheirismo  
esforço e amizade e amor, *DEDICO*.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Aos meus pais, Ivanildo e Maria José, meus irmãos, Edna, Evanilson, Eleonildo, Ediglene, Leonardo, Emanuel e Edneide, amigos e familiares pelo incentivo, compreensão e apoio nas minhas decisões e escolhas.

Aos professores, mestres da educação, que tornaram possível todas as minhas impossibilidades.

A minha orientadora Edilane Laranjeira Pimentel, pela ajuda, pela paciência, muito obrigada.

As minhas amigas e colegas de curso Juliana, Marcinea, Beatriz, e Glillff, que sempre foram pessoas positivas, que souberam compartilhar os momentos de alegria e de dificuldade.

É graça divina começar bem. Graça maior persistir na caminhada certa. Mas graça das graças é não desistir nunca.

Dom Hélder Câmara

## RESUMO

Sabe-se que a cada dia vem aumentando, cada vez mais, o consumo de embalagens que facilitam o nosso cotidiano. Dentre elas está o PET- poli(tereftalato)de etileno, bastante utilizado em embalagens carbonatadas e de refrigerantes. Porém grande parte de PET acaba sendo lançado na natureza, seja em aterros sanitários ou lixões, demorando anos para sua decomposição. A reciclagem dos polímeros tem se tornado uma opção obrigatória para a nossa sociedade, visando assim, reduzir o descarte dos polímeros. É conveniente que sejam utilizados em aplicações de longa vida útil e uma dessas opções é a resina alquídica. A resina PET pode ser reciclada através do processo de despolimerização podendo gerar vários produtos e subprodutos, dentre eles a resina alquídica, bastante utilizada em tintas e vernizes. Através de um estudo realizado em patentes e artigos foi possível listar as metodologias mais eficazes quanto a obtenção da resina alquídica através da despolimerização do PET ajudando assim, a reduzir o número de desse polímero que é lançado de forma incorreta na natureza.

**Palavras-Chave:** Poli(tereftalato)de Etileno. Despolimerização. Resina Alquídica.

## **ABSTRACT**

It is known that every day the consumption of packages that facilitate our daily life increases even more. Among them is PET-polyethylene terephthalate, which is widely used in carbonated packaging and soft drinks, but much of the pet ends up being launched in nature, either in landfills or dumps, taking years to decompose. The recycling of polymers has become a mandatory option for our society, in order to reduce the disposal of polymers, it is convenient to use them in applications with long shelf life, one of these options is the alkyd resin. The PET resin can be recycled through the depolymerization process and can generate various products and by-products, among them are the alkyd resin, widely used in paints and varnishes. Through a study in patents and articles it was possible to list the most efficient methodologies for obtaining the alkyd resin through the depolymerization of PET, thus helping to reduce the number of PET that is incorrectly released in nature.

**Keywords:** PET. Depolymerization. Alkyd Resin.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	<b>Estrutura química do PET</b> .....	13
Figura 2	<b>Reação da síntese do PET a partir do EG e AT</b> .....	13
Figura 3	<b>Reação geral de esterificação</b> .....	14
Figura 4	<b>Reação geral: Éster a partir de anidrido de ácido acético</b> .....	14
Figura 5	<b>Reação de polimerização para obtenção do PET</b> .....	15

## LISTA DE SIMBOLOS

**ABIPET:** Associação Brasileira da Indústria do PET  
**AT:** Ácido tereftálico  
**CEMPRE:** Compromisso empresarial para reciclagem  
**DMT:** Dimetil tereftalato  
**EG:** Etileno glicol  
**FTIR:** Infravermelho por transformada de Fourier  
**HCl:** Ácido clorídrico  
**H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:** Ácido sulfúrico  
**PET:** Poli(tereftalato) de etileno  
**RMN:** Ressonância magnética nuclear

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
2.1	<b>Poli(tereftalato) de Etileno .....</b>	<b>13</b>
2.1.1	Polimerização do PET.....	15
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>17</b>
4.1	Reciclagem do PET.....	17
4.1.1	Reciclagem Energética .....	18
4.1.2	Reciclagem Mecânica.....	19
4.1.3	Reciclagem Química.....	20
<b>4.3</b>	<b>RESINA ALQUÍDICA .....</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>24</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>25</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Os polímeros são macromoléculas unidas através de ligações covalentes. Eles podem ser classificados em homopolímeros ou copolímeros, onde os homopolímeros são aqueles formados por uma única unidade repetitiva e os copolímeros são aqueles que possuem mais de uma unidade repetitiva.

De acordo com De Paoli (2008), os polímeros podem ser classificados também como termoplásticos, termorrígidos, plásticos de engenharia e elastômeros, onde os termoplásticos são aqueles que podem ser moldados através do aquecimento e os termorrígidos não retornam a sua forma original, pois assumem estrutura tridimensional, reticulada com ligações cruzadas.

Em relação ao comportamento mecânico, os polímeros se dividem em: elastômeros, plásticos e fibras. Eles também podem ser naturais ou sintéticos, onde os sintéticos são aqueles produzidos quimicamente.

O Poli tereftalato de etileno (PET) é um polímero condensado formado por etileno glicol e ácido tereftálico. Começou a ser utilizado no Brasil na década de 70, e por ser muito versátil logo passou a ser utilizado em infinitas aplicações, dentre elas, na fabricação de embalagens plásticas devido a sua resistência.

O PET apresenta inúmeras vantagens em relação aos demais termoplásticos, fazendo com que seja muito mais utilizado que eles, dentre elas estão: excelente estabilidade térmica, facilidade de processamento, alta resistência química, alta estabilidade hidrolítica, propriedades mecânicas atrativas e altas temperaturas, propriedades de barreiras e gases, leveza, aparência nobre e baixo custo de produção (ROSU et al., 1996; ROMÃO et al., 2009; GARCIA, 2007; ODIAN, 2004).

Por se tratar de um polímero muito versátil, o PET na maioria das vezes acaba sendo descartado no meio ambiente, demorando anos para se decompor. Baseado nisso, existem vários estudos relacionados a reciclagem química do PET e sua despolimerização, que visa degradar o polímero, e dessa forma obter o ácido tereftálico que será usado na obtenção da resina alquílica.

Os polímeros ocasionaram uma verdadeira transformação tecnológica na indústria, essa transformação trouxe consigo inúmeros benefícios para a sociedade, por se tratar de um novo material. Porém existe uma grande preocupação quanto ao descarte dos polímeros, uma vez que esses materiais demoram anos para se decompor na natureza.

A reciclagem do PET é algo de interesse mundial, visando reduzir o descarte dos polímeros é conveniente que estes sejam utilizados em aplicações de longa vida útil, como pavimentação, madeira plástica, tintas, eletrônicas etc.

Tendo em vista que as tintas são utilizadas em diversas áreas, torna-se cada vez mais importante para a indústria o desenvolvimento de novas tintas utilizando fontes alternativas que tornem o processo mais acessível.

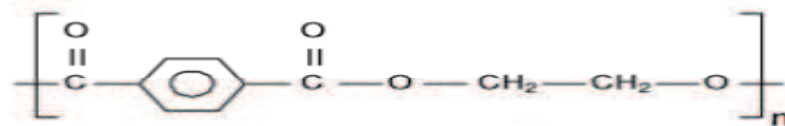
O presente trabalho tem como objetivo o estudo da reciclagem do PET, de origem pós-consumo e a investigação das tecnologias para a sua reciclagem química obtendo como produto a resina Alquídica. Para isso, foi realizado um estudo sobre as técnicas de despolimerização do poli(tereftalato) de etileno para obtenção da resina alquídica.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Poli (tereftalato) de Etileno

O poli(tereftalato) de etileno é uma resina branca opaca e de difícil solubilidade. Esta resina surgiu por volta de 1941 e desde então vem sendo bastante utilizada em diversas áreas. A Figura 1 ilustra a estrutura química do PET.

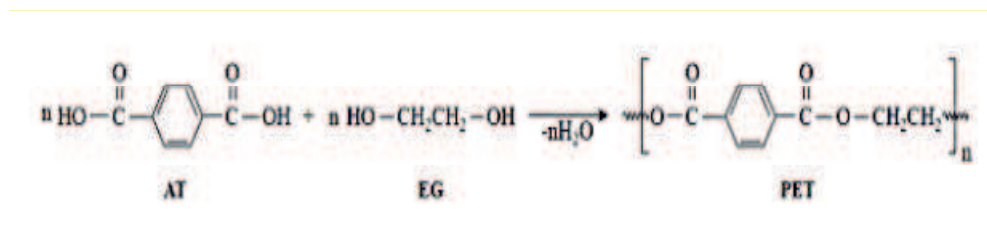
Figura 1 - Estrutura química do PET



Fonte: Mendes e Mano (1999)

De acordo com Ehrig (1992), os estudos sobre a resina de poliéster foram iniciados após a segunda guerra mundial nos EUA e na Europa. Por volta dos anos 50 essas pesquisas foram baseadas apenas nos aspectos têxteis, somente em 1962 a Goodyear criou o primeiro pneu com tecido poliéster e no início dos anos 70 esta resina começou a ser utilizada especificamente para embalagens na forma de filmes e garrafas. O PET é obtido por condensação, através da reação entre o ácido tereftálico (AT) ou dimetil tereftalato (DMT) e o etileno glicol como é ilustrada na Figura 2.

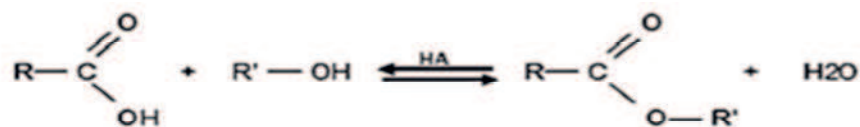
Figura 2 Reação da síntese do PET a partir do EG e AT



Fonte: Bentes (2008)

Segundo Mano et al (2004), a resina PET pode ser obtida de duas formas: através da esterificação que é a reação entre um ácido carboxílico e um álcool ou da transesterificação que é a reação entre um éster e um álcool. A esterificação consiste em uma reação de condensação onde os ácidos carboxílicos reagem com álcoois originando ésteres, conforme ilustrada na Figura 3.

Figura 3 Reação geral de esterificação



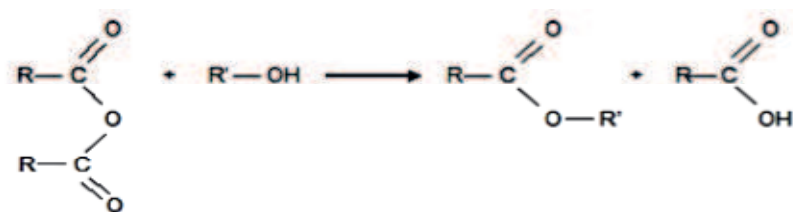
Fonte: Solomons e Fryhle (2000)

A esterificação direta trata-se de uma reação heterogênea e auto catalítica, por isso não se faz necessário a utilização de catalisadores.

De acordo com Solomons e Fryhle (2000), as reações de esterificação são aceleradas por ácidos e caso o ácido não seja forte, a mesma irá ocorrer lentamente. Caso o ácido ou álcool sejam refluxados mesmo com pouca quantidade de ácido sulfúrico concentrado ou ácido clorídrico, o equilíbrio é alcançado em poucas horas. A reação irá ter um maior rendimento devido ao excesso de ácido carboxílico ou álcool e até mesmo devido a remoção da água formada no meio.

Ainda segundo Solomons e Fryhle (2000), os cloretos de acila e os anidridos reagem mais que os ácidos carboxílicos na reação de adição-eliminação, podendo, portanto, serem utilizados na reação com álcoois, originando os ésteres como mostrado na Figura 4.

Figura 4 Reação geral: Éster a partir de anidrido de ácido acético



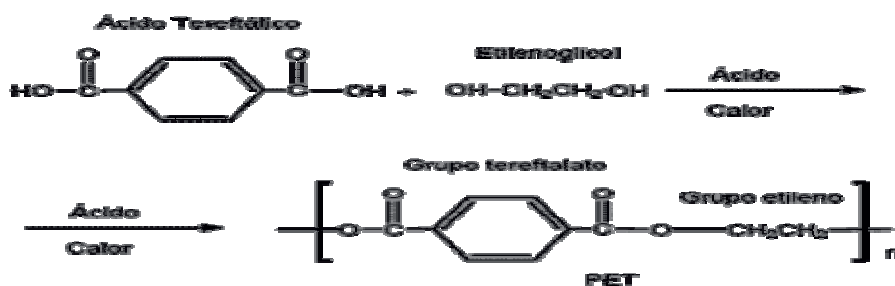
Fonte: Solomons e Fryhle (2000)

Transesterificação é a reação entre um éster e um álcool originando outro éster e álcool originando outro éster e álcool. A reação pode ser catalisada por ácidos (ácido sulfúrico ou ácido clorídrico anidro) ou ainda por bases. Segundo Morrison e Boyd (1993), para que a reação obtenha maior rendimento basta retirar um dos produtos da reação é medida que ele se forma para que o equilíbrio seja deslocado para o mesmo sentido de formação do produto ou ainda pode-se fazer uso do álcool em excesso.

### 2.1.1 Polimerização do PET

Como ilustrada na Figura 5, a polimerização consiste em um conjunto de reações em que os monômeros reagem entre si, formando macromoléculas com alta massa molecular.

Figura 5 Reação de polimerização para obtenção do PET



Fonte: ABIPET (2018)

O mecanismo de polimerização é formado em 3 etapas: iniciação, propagação e terminação.

A Iniciação que ocorre através da utilização de iniciadores térmicos que ao se decompor originam os radicais, O radical ataca a ligação dupla do monômero fazendo com que o centro ativo seja transferido, originando a polimerização que ocorre através do calor. A propagação que se dá através da transferência do centro ativo de monômero a monômero, através do crescimento da cadeia a uma alta velocidade e baixa energia de ativação e término que ocorre através do crescimento da cadeia e o desaparecimento do centro ativo.

### **3 METODOLOGIA**

Inicialmente foi feita uma revisão da literatura no tocante a despolimerização do PET, formas de reciclagem, subprodutos, dentre outros. O intuito foi abordar a importância da reciclagem química do PET para o meio ambiente.

Desse modo, este trabalho baseia-se em uma pesquisa de caráter bibliográfica e exploratória, por meio de livros, artigos científicos, pesquisas na internet e patentes que serviram de base para o presente estudo. “A principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de fornecer ao investigador um instrumental analítico para qualquer outro tipo de pesquisa, mas também pode esgotar-se em si mesma” (VERGARA 2000).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Reciclagem do PET

Devido ao uso descontrolado do PET, principalmente em embalagens descartáveis, ocorreu um aumento absurdo de material descartado indevidamente.

No início dos anos 60, Vance Packard, um jornalista e escritor norte-americano, já alertava para o volume de embalagens e produtos descartáveis que eram lançados fora todos os dias, pelos norte-americanos sem que estes demonstrassem nenhuma preocupação.

O PET apresenta um dos maiores índices de crescimento em consumo no país, onde os principais termoplásticos foram utilizados em embalagens primárias descartáveis, construção civil, filmes, fibras e setor automotivo.

De acordo com levantamentos feitos em grandes cidades, o PET é um dos polímeros mais encontrados. Segundo Awaja e Pavel (2005), o sucesso da aplicação do PET deve-se a sua excelente tração e resistência ao impacto, resistência química, propriedades de barreiras de gases, capacidade de processamento, brilho e estabilidade térmica.

No ano de 2011, O Brasil foi o segundo país que mais reciclou PET no mundo, perdendo apenas para o Japão. Foram reciclados 57,1% de todo PET consumido (CEMPRE, 2011).

Existe uma grande preocupação em relação ao descarte do PET, pois o mesmo pode levar de 180 á 273 anos para se decompor na natureza.

De acordo com Ruvolo et al (2006), a prática da reciclagem possui inúmeras vantagens entre as quais recursos naturais são poupados, a degradação ambiental diminui com os programas de reciclagem geram inúmeras oportunidades de trabalho. As resinas termoplásticas, como é o caso do PET, podem ser integralmente reciclados e três processos podem ser utilizados: a reciclagem química, a reciclagem energética e a mecânica.

No Brasil existe uma classe de trabalhadores de baixa renda que sobrevivem da coleta de resíduos recicláveis e acaba por inserir o país entre os maiores recicladores mundiais. Essa parcela da população, de acordo com levantamento

CEMPRE (compromisso empresarial para reciclagem) atualmente apresenta cerca de 200 mil trabalhadores clandestinos (Borges, 1999).

Apesar da reciclagem no Brasil ter aumentado bastante nos últimos anos, ainda podemos aumentar e muito esses números, pois o que os EUA reciclam anualmente, é equivalente ao que o Brasil fabrica em resina virgem.

De acordo com Spinacé e De Paoli (2005), a reciclagem do PET traz consigo inúmeras vantagens, tendo em vista que sua principal matéria prima é o petróleo, um recurso não renovável. Além do mais, essa reciclagem representa uma fonte de matéria prima para regeneração desta resina, pois obtemos o ácido Tereftálico com elevado grau de pureza, produto esse que ainda é importado pelo nosso país.

De acordo a Associação Brasileira da Indústria do PET (2018), através do censo 2015, pode-se perceber que houve uma queda na evolução da reciclagem do PET em 2015 quando comparado aos anos anteriores 2012 e 2014. Essa queda pode ser associada à baixa atividade econômica e drástica redução do preço do petróleo. Os setores que são grandes consumidores do pet reciclado tiveram quedas de quase 50% de suas atividades, o que também refletiu negativamente sobre a queda da reciclagem do PET.

De acordo com Spinacé e De Paoli (2005), nos EUA e em alguns países e permitido a utilização do pet reciclado para a confecção de embalagens monocamadas que tem contato direto com o alimento. Para este fim foi desenvolvida a tecnologia bottle-to-bottle, que envolvem etapas de lavagens, descontaminação, cristalização, pós-condensação no estado sólido e extrusão do PET.

Os polímeros são considerados os grandes vilões ambientais, pois são materiais que podem demorar anos para se degradar no meio ambiente e grandes volumes nos aterros sanitários. Sendo assim, a reciclagem é uma das formas mais sistemáticas e uma das soluções mais viáveis para minimizar os impactos causados pelos polímeros no meio ambiente.

#### 4.1.1 Reciclagem Energética



A reciclagem energética utiliza a combustão para a partir dela, obter o conteúdo energético do PET. Nessa reciclagem os plásticos são submetidos à combustão, obtendo como produto a energia liberada em forma de calor, gases e água.

Este processo irá obter melhores resultados através do excesso de oxigênio contido na queima, gerando o dióxido de carbono.

De acordo com Corrêa (2012), reciclagem energética elimina o plástico, através da transformação da matéria, tornando impossível que ele retorne como peça reciclada.

Segundo Franchetti e Marconato (2003) a reciclagem pode ser empregada desde que se faça uma coleta seletiva do lixo, separando e identificando os diferentes materiais plásticos descartados. Essa separação torna-se possível empregando-se uma das propriedades físicas do plástico: a densidade. A diferença de densidade entre os diferentes polímeros é importante na separação mecânica e reciclagem dos plásticos.

#### 4.1.2 Reciclagem Mecânica

Segundo Franchetti e Marconato (2003) a reciclagem mecânica consiste na transformação de resíduos plásticos descartados, em grânulos que podem ser reutilizados na produção de outros materiais, como pisos, conduítes, sacos de lixo, solados, mangueiras, componentes de carro, fibras etc.

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria do PET (2016), o processo da reciclagem mecânica pode ser dividido em:

- **Recuperação:** onde faz a separação da embalagem através da cor e em seguida, a prensagem que irá diminuir o volume, facilitando assim, o transporte das embalagens.
- **Revalorização:** ocorre a moagem do PET, transformando-o em flocos, que poderão ser maiores ou menores e após, poderão gerar também os grãos, que são mais valorizados no mercado e facilita o seu transporte.
- **Transformação:** o PET em forma de grãos ou flocos irá ser transformado em outros produtos, como linhas de nylon, garrafas, jarros etc.

#### 4.12.3 Reciclagem Química (Despolimerização)

O processo de reciclagem química para o PET foi implementado aproximadamente em paralelo com a manufatura do polímero em escala comercial. Isto se confirma pela grande quantidade de patentes que surgiram a partir de 1950. Inicialmente, a reciclagem química encontrou uma aplicação, uma maneira de utilizar os resíduos resultantes no ciclo de produção do PET.

Em tempo, uma mudança no consumo da estrutura do PET, além de uma mudança de consciência, causou a ênfase para ser colocada na reciclagem de lixo pós-consumo (PASZUN e SPYCHAJ, 1997).

De acordo com De Paoli (2008), a despolimerização ocorre em polímeros com substituintes em um dos carbonos das unidades monoméricas repetitivas. É o processo de degradação que gera como produto o monômero que deu origem ao polímero específico que está degradando, podendo também ser classificada como reverso do processo de despolimerização.

### 4.3 Resina Alquídic

De acordo com Hartmann (2011), resinas alquídic são polímeros produtos da reação de condensação entre polióis, álcoois polihídricos, e poliácidos, ácidos polibásicos, na presença de um óleo ou ácido graxo e podem ser classificados como poliésteres modificados com óleo ou ácido graxo.

O artigo escrito por Dullus, Ruecker e colaboradores, publicado em 2005, mostra a síntese da resina alquídic para revestimento substituindo uma parte do Anidrido Ftálico e do Etileno glicol por PET pós-consumo, diferentes óleos vegetais e catalisadores. As resinas obtidas foram caracterizadas por infravermelho, onde observou-se que é possível sintetizar uma resina alquídic semelhante as resinas já existentes no mercado, onde dentre os óleos utilizados, o óleo de soja foi o que atingiu a acidez desejada em um menor tempo.

Kathalewar, Dhopathar e colaboradores, publicaram um artigo em 2012, que teve por objetivo reciclar o PET pós-consumo através do método da glicólise e incorporar o produto dessa reação em revestimentos, como catalisador da reação foi utilizado o acetato de zinco. O produto monomérico foi purificado e caracterizado por alguns métodos como espectroscopia de RMN e difração de raio.

O Neopentilglicol é uma ótima substância para despolimerização do PET para obtenção de produtos que irão agregar valor e qualidade aos revestimentos.

De Paula, Pacheco e Visconte (2012), obtiveram a resina alquídic através de 2 etapas, por alcóolise e esterificação, onde ocorre a formação de resina. Após análises, foi possível observar que ao se utilizar 15% de PET pós-consumo, os resultados foram mais satisfatórios uma vez que o espectro de FTIR foi muito semelhante com o da resina comercial.

No artigo escrito por Silva, Melo e colaboradores (2015), sugere um método para fabricação de esmalte sintético através da resina obtida com a despolimerização do PET, esse processo ocorre em duas etapas, na primeira, ocorre a obtenção da resina pelo método da alcóolise e em seguida, tem-se a elaboração do esmalte sintético que foi produzido em pequena escala.

Após ter sido realizado algumas análises, percebeu-se que algumas propriedades da resina obtida são semelhantes as resinas comerciais, porém ainda são necessários alguns ajustes para que a mesma possa ser comercializada, como, diminuição do teor de sólidos e ajuste no índice de acidez.

Na patente PI 0905054 (2009), apresenta-se um método para obtenção de resinas alquídicas onde parte do anidrido ftálico foi substituído pelo pet pós consumo na proporção 1-50% o método de despolimerização utilizado foi a alcoolize onde as reações ocorreram em duas etapas. Primeiro através da utilização do catalisador octoato de Lítio e do PET pós-consumo, foi possível diminuir o tempo de reação em 50% para isso foi utilizada a seguinte metodologia:

Realizou-se a alcoolize onde o óleo vegetal reagiu com um poliálcool na presença de um catalisador para assim obter o di-e-monoglicerideo em seguida, foi feita a esterificação, onde o meio reacional foi resfriado até 170-210 °C para que fossem adicionados os demais reagentes, em seguida é acrescentado o PET pós-consumo e a temperatura foi aumentada até 220-260 °C por 5-30 minutos. Após a fusão do PET, a temperatura é diminuída e então acrescentou-se o anidrido ftálico e o xileno, após 1 hora da esterificação realizou-se a análise de índice de acidez.

Na patente US 006686399 (2004), Kawamura e colaboradores desenvolveram um método para obtenção da resina alquídica proveniente da reciclagem química do PET, que substitui parte do anidrido ftálico e etileno glicol por PET pós consumo. A resina obtida possui as mesmas características e propriedades que as resinas comerciais. Para a formação da resina foi adicionado o pentaeritritol e o etileno glicol, aqueceu-se até 140 °C até que o pentaeritritol se fundisse por completo, em seguida acrescentou-se o catalisador e o Pet pós-consumo. O sistema foi aquecido por uma hora á 230 °C para que, houvesse a reciclagem química do Pet, logo após, a temperatura foi diminuída para 180 °C e acrescentou-se o ácido graxo de óleo de soja, o anidrido ftálico e o xileno para refluxo, depois o sistema é aquecido para 240 °C durante 3 horas, em seguida a resina é diluída com aguarrás.

Na patente 6534624(2003), Ito e Kawamura descrevem um processo para a obtenção de resinas alquídicas com um tempo reduzido, através da despolimerização e esterificação de resinas de poliéster. Nesse processo adiciona-se ao reator o etileno glicol, o pentaeritritol, o ácido graxo de óleo soja, óleo de soja, e o anidrido ftálico. Aquece-se o meio até atingir uma temperatura igual a 140°C, em seguida são adicionados os catalisadores que são compostos de Lítio e o acetato de zinco, logo após, coloca-se o PET e em seguida aquece-se o sistema até 240 °C.

Na patente US 3951886(1976), Miyake, Makimura e Tsuchida, desenvolveram um método para obtenção de resinas de poliéster, que inclui uma resina de poliéster saturada, uma resina alquídica e uma resina de poliéster instaurada. O poliéster

reciclado irá reagir com os polióis ou ácidos policarboxílicos para originar novos poliésteres.

A obtenção das resinas se deram da seguinte forma, no reator adicionou-se o Neopentilglicol, o PET e o catalisador na proporção de 0,01 a 0,10%(da massa de poliéster pós-consumo)essa mistura é aquecida sob nitrogênio a 210°C durante 30 min é mantida á temperatura estável durante 1h30min.Em seguida, adiciona-se o ácido sebáceo, a mistura ficará a 220°C durante 30 minutos, logo após esse tempo, aquece-se durante meia hora a uma temperatura de 250°C.Em seguida diminui-se a pressão para 1 mmHg e aquece-se por 30 minutos a uma temperatura de 280°C,Logo após, o sistema é resfriado tendo formado a resina poliéster.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho abordou as técnicas de despolimerização do PET visando a obtenção da resina alquílica, buscando as principais patentes e artigos científicos publicados.

Notou-se que esta área pode ser considerada promissora devido aos estudos recentes e pesquisas voltadas para maximizar o uso da reciclagem química, especialmente do PET.

Além disso, com o presente trabalho pode-se observar metodologias interessantes para a obtenção da resina alquídica através da reciclagem química do PET que pode ser levado para novos tipos de pesquisas, proporcionando novas descobertas e resultados satisfatórios para inovação tecnológica de reciclagem.

Como resultado desse estudo, foi possível listar algumas das metodologias mais eficazes para a obtenção da resina alquílica através da despolimerização do PET. Além disso, pudemos concluir que, essa técnica de reciclagem colabora de forma bastante efetiva na redução dos impactos ambientais causados pelo descarte das garrafas PET no nosso cotidiano.

## REFERÊNCIAS

ABNT, NBR ISO 9000 Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de normas Técnicas, 2000.

ABIPET, Associação Brasileira da Indústria PET. 2016.

ABIPET, Associação Brasileira da Indústria PET. 2018.

AWAYA, F., PAVEL, D.; European Polymer Journal 41, p.1453-1477, 2005.

BENTES, V.L.I.; Hidrólise básica de resíduos poliméricos de PET pós consumo e degradação catalítica dos monômeros de partida. 2008. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Amazonas 2008.

BORGES, A. - Gazeta Mercantil, p.C-6, 24 de mar, 1999.

CANEVAVOLO, JR., SV. Ciência dos polímeros 1ed. São Paulo, SP.: Artleber Editora 2002.

CEMPRE - Compromisso empresarial para reciclagem. Fichas técnicas. 2001.

CORRÊA, Luiz Carlos. Alternativa para o plástico: Reciclagem energética. Revista Brasileira de gestão e engenharia, ISSN 2237-1664. número VI, Jul-Dez-2012. P. 49-60.

DE PAOLI, M.A.; Degradação e estabilização de polímeros .2ª versão online 2008.

DULLIUS, J., RUECKER C, OLIVEIRA V. et al.; Chemical recycling of post-consumer PET: Alkyd resins synthesis; Progresss in organic coatings, v.57, Issul 2, p.123-127, 2006.

EHRIG, R.J.; CURRY, M.J.; Em Plastics recycling: Products and process, R.J., Ed; Oxford University press: New York 1992.

FAZENDA, J.M.R, Tintas e vernizes, ABRAFATI, v.1e2, 1993.

FRANCHETTI, Maria; MARCONATO, José Carlos. A importância das propriedades físicas dos polímeros na reciclagem. Química Nova na Escola, nº.18, novembro, 2003, p.1-2.

GARCIA, E.E.C., 1997, “Você Conhece o Lado Químico do PET?”, Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens, v. 9, n. 4, pp. 1-3.

HARTMANN, Daniela. Resinas Alquídicas base água emulsionadas por inversão de fases. Dissertação de mestrado. Porto Alegre 2011.

HIDEO, M.; MAKIMURA, O.; TSUCHIDO, T.; Process for producing polyester resins, United States Patent Application, n.3951886, 1976.

ITO, K.; Kawamura, C.; Process for producing alkyd resins, United States Patent Application, n.6534624, 2003.

ITO, K.; Kawamura, C.; Process for producing alkyd resins, United States Patent Application, n.20020137878, 2002

KATHALEWAR, M., DHOPATKAR N., PACHARANE B. et al.; Chemical recycler of PET using neopentyl glycol: Reaction Kinetics and preparation of polyurethane coatings. Progress in organic coatings 76p.147-156, 2013.

MANCINI, S.D.; BEZERRA, M.N. ZANIM, M.; Reciclagem de PET Advindo de garrafas de refrigerante pós-consumo. Polímeros: Ciência e tecnologia; 1998.

MANCINI, S. D.; ZANIN, M. Influência de Meios Reacionais na Hidrólise de PET Pós Consumo. Polímeros: Ciência. Tecnologia, v.12, n.1, p.34-40, 2002.

MANO, Eloisa B.; DIAS, Marcos L; OLIVEIRA, Clara M. F.; Química Experimental de Polímeros, 1ª edição, Editora Edgard Blücher. (2004)

MANO, E. B.; MENDES, L. C.; Introdução a Polímeros, 2ª ed., Ed. Edgard Blücher Ltda.: São Paulo, 1999

MORRISON, R. T.; BOYD, R. N. Química Orgânica, 13. Ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996.



ODIAN, G., 2004, "Principles of Polymerization", 4 Ed. New Jersey, USA, John Wiley & Sons

PAULA, C.V.; PACHECO, V.A.B.E.; VISCONTE, Y.L.L.; Síntese e caracterização de resinas alquídicas a base de óleo de soja e PET pós-consumo. Sociedade Brasileira de Química.

PASZUN, D., SPYCHAJ, T. (1997) Chemical Recycling of Poly(ethylene terephthalate), Industrial and Engineering Chemistry Research. Vol.36, 1373-1383.

ROMÃO, W., SPINACÉ, M.A.S., DE PAOLI, M.A., 2009, "Poli(Tereftalato de Etileno), PET: Uma Revisão Sobre os Processos de Síntese, Mecanismos de Degradação e sua Reciclagem", Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 19, n. 2, pp. 121-132.

ROSU, R.F., SHANKS, R. A., BHATTACHARYA, S. N., 1999, "Synthesis and Characterisation of Branched Poly(ethylene terephthalate)", Polymer International, v.42, pp. 267-275

RUVOLO, R, A. & CURTI, P. S. - Polímeros - Cienc Tecnol, 16, (4), p.276-285 (2006)

SILVA, P. F; MELO, I.P.C.; PAULA, P.P.et al.; Elaboração de Esmalte sintético a partir de resina produzida com garrafa PET. 9º Entec. Universidade de Uberaba 2008.

SPINACÉ, M.; DE PAOLI.; A Tecnologia da reciclagem de polímeros. Química nova, vol.28, no 1,65-72,2005.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C.B.; Química Orgânica 2, 7ª Edição, Editora LTC. (2000)

TORLAKOGLU, A.GUÇLU,G.;Alkyd-amino resins based on wast PET for coating applications.wast management 29.p.350-354,2009.

VERGARA, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

ZENIN, Maria; Mancini, S.D. Resíduos Plásticos e Reciclagem: Aspectos Gerais Tecnologia. São Carlos: EdUFSCar, 2004.