

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

ANÁLISE REOLÓGICA E IMPACTO AMBIENTAL DO REPROCESSAMENTO DE FILME BOPP COM COPOLÍMERO RANDÔMICO DE PROPENO E ETENO PARA EMBALAGENS ALIMENTÍCIAS

Aluno: Carlos A. G. Junior

Orientador: Doutor Daniel Komatsu

Faculdade de Tecnologia José Crespo Gonzales – Fatec Sorocaba, Sorocaba – SP

RESUMO: As embalagens de alimentos são extremamente importantes, pois garantem a qualidade, o transporte e a segurança dos produtos. A escolha da embalagem ideal para cada tipo de alimento requer atenção para as características do produto, as necessidades do consumidor e os impactos ambientais. Durante uma produção de embalagens, a reutilização de materiais pós processamento é uma estratégia crucial para minimizar o impacto ambiental da indústria e promover um futuro mais sustentável. O filme multicamadas de polipropileno biorientado (BOPP) destaca-se como um dos métodos mais utilizados na indústria de embalagens, principalmente para produtos alimentícios. A sua produção caracteriza-se por um processo multi etapas que garante características adequadas para esta aplicação. Uma dessas características é a vedação da embalagem, o BOPP possui capacidade de selagem térmica, garantindo um ótimo fechamento, evitando, assim, a contaminação do produto e preservando suas características. Para aperfeiçoar a vedação na embalagem, foi utilizado um polipropileno copolímero aleatório de propeno e eteno de baixa fluidez (RF 150 SS) da Braskem S.A. em todas as camadas do filme. Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar a possibilidade de reaproveitamento do RF 150 SS, pós processado, juntamente com o polímero virgem na obtenção de filmes poliméricos.

Palavras-chave: Embalagens, Sustentabilidade, Polipropileno biorientado, Copolímero aleatório, Reutilização.

**RHEOLOGICAL ANALYSIS AND ENVIRONMENTAL IMPACT OF
REPROCESSING BOPP FILM WITH RANDOM PROPYLENE AND ETHYLENE
COPOLYMER FOR FOOD PACKAGING**

ABSTRACT: Food packaging is extremely important as it ensures the quality, transportation, and safety of products. Choosing the ideal packaging for each type of food requires careful consideration of the product's characteristics, consumer needs, and environmental impacts.

In packaging production, reusing defective materials is a crucial strategy to minimize the industry's environmental impact and promote a more sustainable future. Biaxially oriented polypropylene (BOPP) multilayer film stands out as one of the most commonly used methods in the packaging industry, especially for food products. Its production is characterized by a multi-step process that ensures remarkable features for this application. One of these features is the sealing capability of the packaging. BOPP has thermal sealing properties, providing an excellent closure that prevents contamination and preserves the product's characteristics. To enhance the sealing of the packaging, a low fluidity random propylene and ethylene copolymer polypropylene (RF 150 SS) from Braskem S.A. was used in all layers of the film. Therefore, the objective of this work is to analyze the possibility of reusing the post-processed RF 150 SS together with the non-processed polymer to obtain polymeric films.

Keywords: Packaging, Sustainability, Biaxially oriented polypropylene (BOPP), Random Copolymer, Reuse.

1. INTRODUÇÃO

A indústria alimentícia depende da embalagem para garantir que os produtos mantenham a alta qualidade e segurança. Com suas multicamadas e selagem de alta qualidade, são uma maneira eficaz, sustentável e funcional de armazenamento de produtos variados. Elas garantem que o conteúdo esteja perfeitamente protegido, mantendo suas características e prolongando sua vida útil. A indústria de embalagens flexíveis está em constante evolução para atender às demandas do mercado e ajudar a construir um futuro mais sustentável (RUIZ, F. 2019).

1.1 Justificativa do tema

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

Apesar da sua importância, as embalagens enfrentam os desafios ambientais, gerado pelo descarte incorreto das mesmas, principalmente quando se trata de filmes plásticos (COLTRO e DUARTE, 2013). Embalagens tipo, sacolas plásticas que são as opções mais populares e utilizadas em diversos segmentos, as garrafas plásticas de PET utilizadas para o acondicionamento de bebidas, como refrigerantes, sucos, água mineral e óleos comestíveis, As embalagens rígidas são utilizadas para proteger produtos que necessitem de maior segurança e resistência, como cosméticos, medicamentos e peças eletrônicas e por fim as embalagens de filme BOPP (polipropileno biorientado) que se destacam por se tornar uma solução ideal para diversos produtos.

1.2 Problema de Pesquisa

Devido as suas propriedades como, barreira contra aroma, óleos e gases, selagem e alta resistência o filme multicamadas de polipropileno biorientado (BOPP) se destaca, sendo um material amplamente utilizado em embalagens de alimentos, porém possui um baixo índice de reciclagem, exigindo a busca por alternativas sustentáveis (YUGUE,2020). Assim, a reutilização de material processado na produção de novos filmes surge como uma estratégia para reduzir o descarte dentro da empresa.

1.3 Objetivo Geral

Portanto, o objetivo é avaliar a reutilização de material reprocessado novamente durante o processo de produção de novos filmes de BOPP a serem utilizadas como embalagens alimentícias.

1.3.1 Objetivos Específicos: Após o processamento do material virgem, e o reprocessamento de aparas e filmes descartados durante a produção, realizar o estudo reológico do regranulado e tentar reutilizar uma porcentagem do mesmo durante o processo de produção de novos filmes.

2- Referencial Teórico

2.1- Embalagens e sua Propriedade de barreira

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

Os filmes plásticos ajudam a proteger vários tipos de produtos, sendo essenciais na indústria de embalagens. Três mecanismos principais sustentam essa função: barreira a permeabilidade, à luz e à aroma (SUGA, SARANTÓPOULOS, CARVALHO, 2008). A escolha do polímero ideal para um filme plástico de barreira depende das especificações do produto a ser embalado, bem como das condições de transporte e armazenamento. Os polímeros mais comuns utilizados em embalagens que incluem barreira são: Polietileno de Alta Densidade (PEAD), Poliéster (PET), Nylon e o Polipropileno Biorientado (BOPP) (SUGA, SARANTÓPOULOS, CARVALHO, 2008).

2.2- Filme BOPP

O filme BOPP (Filme de Polipropileno Biorientado) se destaca como um material versátil e é amplamente utilizado em uma variedade de aplicações, como fitas adesivas e etiquetas, bem como embalagens flexíveis para alimentos e produtos farmacêuticos. As características desejadas de barreira, selagem, resistência, flexibilidade, transparência e capacidade de impressão podem ser alcançadas por meio de seu complexo de processo e multietapas de fabricação. (SANTOS, SILVA, SILVA, 2014)

2.2.1- Propriedade de barreira do BOPP

A propriedade de barreira do BOPP protege o produto contra vários agentes externos por meio de um escudo de várias camadas de materiais. Esses agentes externos podem ser: **Gases** (Impede a entrada de oxigênio, preservando o sabor e aroma dos alimentos e evitando a oxidação de produtos sensíveis), **Vapor d'água** (Evita a perda de umidade em produtos frescos, como carnes e vegetais, e protege produtos secos da absorção de umidade do ambiente), **Luz** (Bloqueia a radiação UV, prevenindo a degradação de produtos sensíveis à luz, como medicamentos e cosméticos) e **Aromas** (Impede a migração de aromas entre produtos embalados próximos, preservando a identidade sensorial de cada produto) (SANTOS, SILVA, SILVA, 2014).

A propriedade de barreira do BOPP começa com a seleção matérias-primas selecionados com critérios de acordo com o produto, como homopolímero de polipropileno e aditivos (SANTOS, SILVA, SILVA, 2014). O desenvolvimento da propriedade de barreira depende da etapa de orientação transversal. As moléculas de polipropileno se orientam mais, criando uma estrutura densa e compacta, estirando-se simultaneamente em direções perpendiculares. A alta barreira

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

contra gases, vapor d'água e aromas do BOPP são atribuídas a essa segunda orientação transversal (SANTOS, SILVA, SILVA, 2014). O filme passa por diversos tratamentos superficiais que podem aprimorar ainda mais sua performance de barreira, como tratamento Corona, tratamento por chama e tratamento de metalização (SANTOS, SILVA, SILVA, 2014).

2.2.2- Problemática e Reciclagem de filmes BOPP

O seu descarte inadequado ocasiona um acúmulo de resíduos nos aterros, contaminação do solo e da água e emissão de gases poluentes durante a incineração, além de gerar custos para os municípios e empresas, comprometendo a imagem das marcas que utilizam o BOPP em suas embalagens. A produção do BOPP depende de recursos naturais finitos, como o petróleo, então descarte inadequado é um desperdício. (COLTRO e DUARTE, 2013)

É um desafio complicado reciclar o filme BOPP devido à complexidade desses materiais, que são compostos por várias camadas compostas por diversos tipos de material e com propriedades físicas diferentes. Durante o processo de reciclagem, a composição torna mais difícil separação devido a essas camadas. (COLTRO e DUARTE, 2013). A reutilização de materiais defeituosos e regranulados ao ciclo de produção pode ser uma maneira de abordar essa complicação.

A reciclagem do filme BOPP é um método importante para promover a sustentabilidade na indústria de embalagens e minimizar os efeitos ambientais do descarte inadequado. Para tornar a reciclagem do BOPP viável e em larga escala, a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias, a otimização da logística e a conscientização da população são essenciais (COLTRO e DUARTE, 2013).

2.2.3- Processo produção filme BOPP

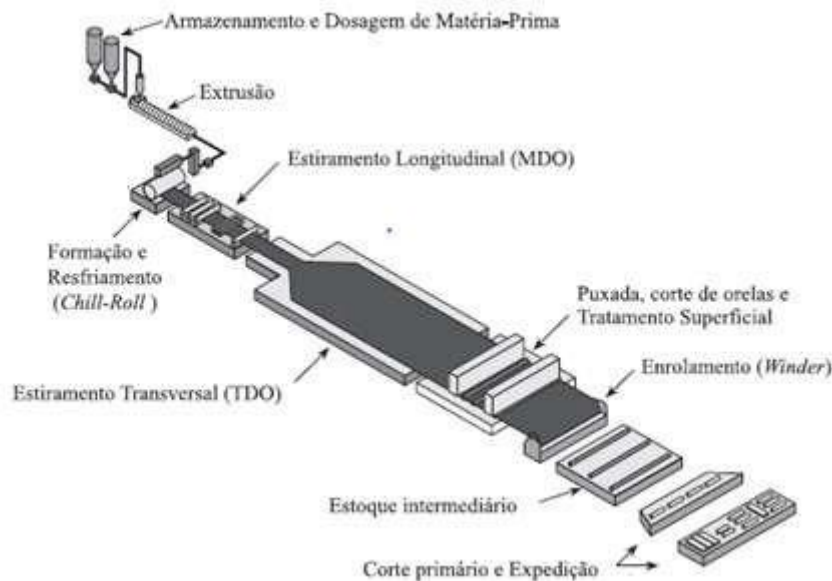
- *Extrusão*: O processo de fabricação do filme BOPP começa com a seleção da matéria-prima e, em seguida, o processo de extrusão, no qual os grânulos são fundidos e formam um filme “grosso” e homogêneo. Essa etapa essencial consiste em moldar o material usando uma matriz calibradora para determinar a espessura e a largura inicial do filme. (SANTOS, SILVA, SILVA, 2014)
- *Resfriamento e solidificação*: Após a extrusão, o filme ainda quente passa por um processo de resfriamento e solidificação. Isso geralmente ocorre através de rolos de resfriamento com água ou ar. Essa etapa garante que um filme se solidifique e evita que a estrutura molecular do material fique distorcida. (SANTOS, SILVA, SILVA, 2014)

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

- *Primeira Orientação - Alongando na Direção da Máquina (MDO):* O filme BOPP é estirado na direção da máquina (MD) por um processo de orientação uniaxial. Durante esse processo, o filme é alongado entre rolos rotativos que têm velocidades variadas. Essa etapa melhorou a resistência à tração e a rigidez do filme na direção da máquina, aumentando a estabilidade dimensional do filme. (SANTOS, SILVA, SILVA, 2014)
- *Segunda Orientação: Esticando na Direção Transversal (TDO):* Nessa etapa, o filme é orientado biaxialmente. Nesse processo, ele é alongado na direção transversal ou perpendicularmente à orientação da Máquina. Essa fase não apenas melhorou a resistência à tração e o rigor do filme na direção TD, mas também aumenta suas propriedades ópticas, como brilho e transparência. No final dessa etapa o filme BOPP passa por um tratamento térmico de estabilização, normalmente em um forno com temperatura controlada, para aliviar as tensões internas causadas pelas fases de orientação. Essa etapa aumenta a estabilidade dimensional do filme diminuindo a deformação e o encolhimento e melhorando suas propriedades mecânicas. (SANTOS, SILVA, SILVA, 2014)
- *Acabamento final:* Para atender às necessidades específicas da aplicação final, o filme BOPP pode passar por uma variedade de processos de acabamento final, metalização, tratamento por chama ou corona. A impressão é possível porque o chama e o corona aumenta a aderência superficial do filme. Para aumentar a barreira contra a luz e oxigênio, a metalização deposita uma camada fina de metal. (SANTOS, SILVA, SILVA, 2014)

Figura 1. Ilustração de uma linha de produção BOPP

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS



Fonte: (SANTOS, SILVA, SILVA, 2014)

2.2.4- Reuso de aparas e material fora do especificado

Uma grande oportunidade para reduzir o desperdício e otimizar a produção, está nas aparas geradas durante o processo de produção de filmes BOPP, assim como bordas e recortes. Pode-se moer essas aparas e depois reintroduzi-las na etapa de extrusão, misturando-as com a matéria-prima original. Isso significa que a quantidade de material virgem necessária e os custos de produção são reduzidos. (SANTOS, SILVA, SILVA, 2014)

O filme BOPP fora de especificação, que não atende aos requisitos de qualidade pré-definidos, também pode ser reciclado e transformado em novos produtos, através das seguintes etapas:

- *Coleta e Separação:* O filme fora de especificação é coletado e separado de outros materiais contaminantes, como papel, metal e plástico de outros tipos.
- *Lavagem:* O material é lavado para remover impurezas e resíduos.
- *Secagem:* O material lavado é seco para remover a água.
- *Moagem:* O filme é moído em grânulos menores.
- *Reextrusão:* Os grânulos reciclados podem ser reintroduzidos para produzir novos filmes BOPP, geralmente de menor qualidade ou para aplicações menos exigentes. (SANTOS, SILVA, SILVA, 2014)

2.3- Copolímeros

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

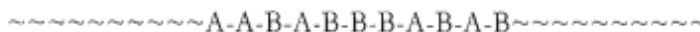
Os copolímeros, que são macromoléculas formadas por unidades derivadas de dois ou mais monômeros, são um tipo de material versátil que tem muitas propriedades e usos. Os copolímeros, ao contrário dos homopolímeros, que são formados por um único tipo de monômero, têm uma estrutura mais complexa e variada, o que resulta em um leque mais amplo de características. (CANEVAROLO, S. V. J. 2006)

A divisão dos copolímeros em quatro categorias principais é determinada pela distribuição desses co-monômeros ao longo da cadeia polimérica: Aleatório, Alternados, em bloco e enxertado. Com sua ampla gama de estruturas e propriedades, os copolímeros são uma classe de materiais poderosos que podem ter uma variedade de aplicações em uma variedade de setores. A capacidade de entender como os meros são distribuídos e classificados nos copolímeros é essencial para a criação de novos materiais com características específicas e para maximizar seu uso em diversas aplicações. (CANEVAROLO, S. V. J. 2006)

2.3.1- Copolímeros Aleatórios ou Randômicos

A distribuição dos meros na cadeia polimérica de um copolímero é um fator crucial que determina suas propriedades físicas e químicas. Os co-monômeros em copolímeros aleatórios se distribuem aleatoriamente ao longo da cadeia polimérica sem seguir uma ordem específica. A probabilidade de inclusão de cada co-monômero é determinada pela sua proporção molar na mistura de reação. Os copolímeros aleatórios têm propriedades interessantes entre seus homopolímeros constituintes devido a essa aleatoriedade na distribuição. (CANEVAROLO, S. V. J. 2006)

Figura 2. Ilustração de uma cadeia aleatória.



Fonte: (CANEVAROLO, S. V. J. 2006)

3. Materiais e Métodos

3.1- RF 150 SS (Propileno e Etileno Aleatórios) da Braskem S.A.

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

- Descrição: O PP-RPE é um polipropileno copolímero randômico de propeno e eteno de baixo índice de fluidez.
- Aplicações: Filme BOPP, Coextrusão de Filme Biorientado e Convencional, Filme para laminação , Filme Metalizado
- Processos: Co-extrusão de Filmes, Extrusão de Filmes Biorientados

Tabela 1. Ficha técnica do RF 150 SS

Característica	Método	Valor (g/10 minutos)
Índice de Fluidez (230°C/2,16 Kg)	D 1238	1,5

Fonte: Braskem

3.2- Processo de BOPP do material PP-RPE da Braskem

Na etapa de extrusão, o RF 150 SS da Braskem S.A. inicia um processo de transformação. Ele é dosado com precisão e introduzido na extrusora sob uma pressão média de 70 bar. A temperatura, que é cuidadosamente mantida em 235°C, garante que o material se funda completamente sem sofrer danos. A massa fundida molda-se em um filme espeço com perfil plano através da matriz de extrusão Flat Die. A temperatura da matriz aumenta para 250°C neste ponto, mantendo a conformidade ideal para a formação do filme.

Após o processo de moldagem, o filme espeço é conduzido para um sistema de resfriamento de água e um rolo resfriador. A temperatura cai para 27°C, solidificando o filme rapidamente e com sucesso. Essa etapa é essencial e garante a qualidade do BOPP preservando a estrutura molecular e as propriedades termomecânicas adquiridas durante a extrusão. A primeira amostra é coletada neste ponto, representando o filme espeço. As propriedades intrínsecas do homopolímero de polipropileno e a qualidade da etapa de extrusão podem ser avaliadas com a ajuda dessa amostra vital para identificar possíveis falhas ou desvios no processo.

O filme espeço entra na fase de bi orientação, que consiste em dois estiramentos, um em cada direção perpendicular ao outro. Essa etapa é crítica ao desenvolvimento das características notáveis do BOPP, como alta resistência, rigidez e barreira contra gases e aromas. Na orientação no sentido máquina (MDO), a temperatura se mantém em 115°C, garantindo a plasticidade adequada para o estiramento longitudinal sem rupturas. Já na orientação no sentido transversal

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

(TDO), a temperatura sobe para 152°C, permitindo o estiramento transversal sem comprometer a qualidade do filme.

Após o estiramento nos dois sentidos, o filme passa por um forno de estabilização a 129°C. Essa etapa promove o relaxamento das tensões internas geradas durante a orientação, aprimorando a estabilidade dimensional e a resistência do BOPP.

O filme BOPP segue para a fase de acabamento, onde recebe uma variedade de tratamentos superficiais, como corona, chama ou metalização, para melhorar suas propriedades de acordo com a aplicação pretendida. O embobinamento é feito por um enrolador. A segunda amostra, o filme BOPP, foi coletada neste ponto.

Durante a produção desse filme BOPP de RF 150 SS da Braskem, produziu aparas de refile e filmes fora de especificação, que podem causar impactos negativos para o meio ambiente se forem descartados de forma incorreta. A reutilização desses materiais é uma opção sustentável que reduz o consumo de matérias-primas virgens e reduz os resíduos.

Então as aparas de refis e filmes fora de especificação são triturados em um moinho, reduzindo-os em pequenos fragmentos. Essa etapa facilita o processamento subsequente e garante a homogeneidade do material reciclado. Os fragmentos triturados passam por um aglutinador, que os aglomera em grumos maiores. Essa etapa melhora a manipulação do material e facilita a extrusão subsequente. Os grumos aglutinados passam por uma extrusora a uma temperatura de 225°C, transformando-se novamente e segue para uma nova matriz. A temperatura precisa ser cuidadosamente controlada para garantir a fusão completa do material reciclado sem degradá-lo. Após a extrusão passa por uma matriz Die que forma filamentos (Tipo espagueteira), que o molda em novos grânulos, chamados de regranulados (REG). Um conjunto de "faquinhas" na matriz define o tamanho e a forma dos grânulos. Nesta etapa coletamos novamente amostras. Como são duas máquinas que produzem regranulados, foram coletados uma amostra de cada máquina (REG 160).

Uma porcentagem dos regranulados do filme RF 150 SS da Braskem S.A. é reincorporada ao processo de produção de filmes BOPP, misturada com matéria-prima virgem. Essa prática visa reduzir o consumo de material virgem e promover a sustentabilidade da produção. No entanto, a reintrodução desses regranulados na extrusora resultou em deformação no gráfico do filme e diversos defeitos, como borda caída, filme deformado e espessura fora do especificado. Além disso, rupturas do filme ocorreram durante o processo.

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

3.3- Ensaio Reológico

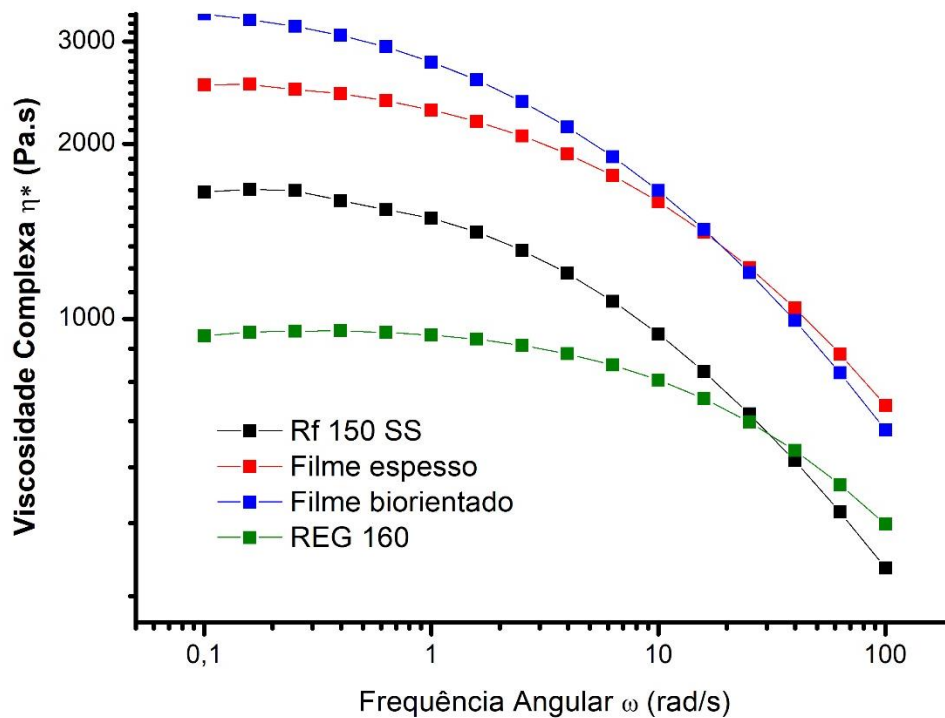
O ensaio reológico foi realizado da seguinte maneira. Inicialmente, foi feito o ensaio em regime oscilatório, com testes de varredura de amplitude, variando a taxa de deformação entre 0,01 e 50%, a uma frequência angular constante, de 10 rad.s^{-1} , a fim de obter a região de viscoelasticidade linear (LVR) do gel. O valor de deformação na Região Viscoelástica Linear (LVR), foi utilizado para o teste varredura de frequência, variando entre 0,1 a 100 rad.s^{-1} , para obter os módulos de perda (G''), de armazenamento (G') e viscosidade complexa (η^*).

4. Resultados e Discussão

A Fig 3 ilustra as curvas de viscosidade complexa em função da frequência angular das amostras. É possível observar que a viscosidade complexa do material que sobrou do processo de bi orientação do PP (REG 160) foi menor do que o do polímero virgem (RF 150 SS). Isso mostra que ao passar pelos processos para obtenção do filme biorientado, houve uma degradação do mesmo, reduzindo a sua massa molar e consequentemente, o valor de viscosidade do REG 160 quando comparado ao RF 150 SS. Assim, o processo de degradação polimérica torna-se um fator crítico a ser controlado, a fim de manter as propriedades desejadas do material (CUADRI, MARTÍN-ALFONSO, 2017). Portanto, a redução da massa molar do REG 160 pode afetar a sua propriedade mecânica e consequentemente, a sua estabilidade dimensional durante o processo de formação do filme.

Figura 3. Curvas de viscosidade complexa das amostras.

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

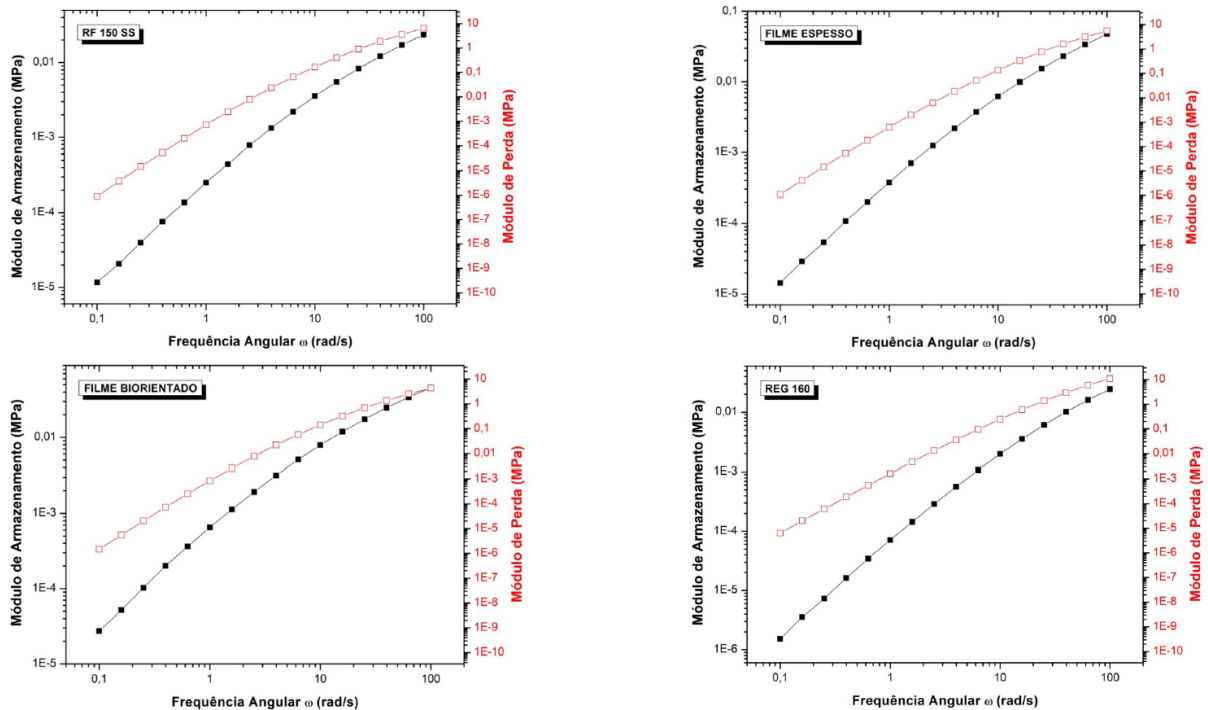


Fonte: Própria

A Fig. 4 ilustra os gráficos de módulo de armazenamento em função da frequência angular das amostras. Nele é possível observar uma que a amostra virgem (RF 150 SS) não apresentou um cruzamento das curvas (módulo de armazenamento e módulo de perda) até a frequência angular de 100 rad.s^{-1} . Por sua vez, os filmes espesso e biorientado apresentaram um cruzamento das curvas (módulo de armazenamento e módulo de perda) até a frequência angular de 100 rad.s^{-1} . E por fim, a amostra descarte (REG 160), assim como a amostra virgem, não apresentou um cruzamento das curvas (módulo de armazenamento e módulo de perda) até a frequência angular de 100 rad.s^{-1} , porém comparado à amostra virgem essas curvas ficam mais distantes entre elas. Isso mostra que o cruzamento entre as curvas aconteceria em valores de frequência angular maior do que 100 rad.s^{-1} , indicando um valor de massa molar menor do que a amostra virgem. Portanto, os resultados obtidos corroboram com o resultado da viscosidade complexa (Fig. 3).

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

Figura 4. Gráficos de módulo de armazenamento em função da frequência angular das amostras.



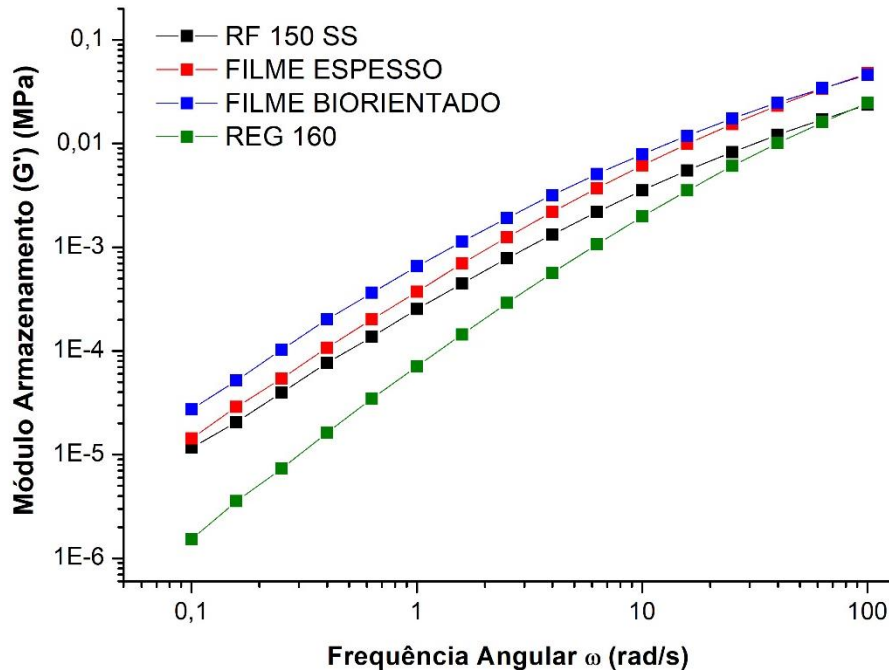
Fonte: Própria

A Figura 5 ilustra as curvas juntas do módulo de armazenamento em função da frequência angular das amostras.

É possível observar na Fig. 5 que houve uma diminuição nos valores de módulo de armazenamento da amostra que sobrou do processo de bi orientação do PP (REG HIS 160) em relação à amostra virgem (RF 150 SS). Isso mostra que os processos utilizados, para biorientar o filme de PP, causaram uma facilidade de movimentação das cadeias poliméricas, devido a diminuição do comprimento das mesmas, o que foi ocasionado pela degradação do polímero. Portanto, os resultados aqui discutidos corroboram com o que foi discutido nas Figs. 3 e 4.

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

Figura 5. Curvas juntas dos módulos de armazenamento das amostras.



Fonte: Própria

3 Considerações Finais

Através dos resultados reológicos foi possível verificar que os processos utilizados para obtenção do PP biorientado causaram degradação do polímero virgem (RF 150 SS) e isso poderia ser um dos motivos que explicam a não estabilidade do filme espesso quando foi misturado 30% de REG 160 e 70% do RF 150 SS, pois a presença do primeiro (REG 160) diminuiu a viscosidade do sistema e também, facilitou a movimentação das cadeias poliméricas. Portanto, isso explica o motivo pelo qual o polímero RF 150 SS, utilizado no processo de biorientação, não pode ser reaproveitado na fabricação de novos filmes biorientados.

4 Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado sabedoria e discernimento e a toda minha família por todo o incentivo durante todo o tempo deste projeto, aos professores da banca e aos demais professores da faculdade que com suas aulas me deram valiosos conhecimentos, ao professor Daniel Komatsu pela sugestão do tema e que me auxiliou e me aconselhou durante o

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

desenvolvimento do mesmo. E aos colegas de turma que compartilharam os aprendizados ao longo dos anos de graduação.

5 Referências

CANEVAROLO, Sebastião V. Jr. **CIENCIA DOS POLIMEROS, um texto básico para tecnólogos e engenheiros.** 2 ed. São Paulo: Artliber, 2006.

COLTRO, Leda; DUARTE, C. Leda. **Reciclagem de Embalagens Plásticas Flexíveis: Contribuição da Identificação Correta.** 2013. 7 páginas. Centro de Tecnologia de Embalagem, CETEA/ITAL. Faculdade de Engenharia Química, FEQ/UNICAMP.

CUADRI, A. A; MARTÍN-ALFONSO, J. E. **The effect of thermal and thermo-oxidative degradation conditions on rheological, chemical and thermal properties of HDPE.** 2017. 8 páginas. Universidad de Huelva, 21071, Huelva, Spain.

RUIZ, Francisco. **Novo Grade RF150SS e sua importância na selagem das embalagens flexíveis e na cadeia de sustentabilidade, Braskem** 2019. Disponível em: <<https://www.braskem.com.br/technical-service/tsd-detalle-noticia/novo-grade-rf150ss-e-sua-importancia-na-selagem-das-embalagens-flexiveis-e-na-cadeia-de-sustentabilidade>>. Acesso em 29 maio de 24

SANTOS, Fernando José dos; SILVA, Marcelo de Oliveira; SILVA, José Carlos da. **Processo de Produção do Filme BOPP: Uma análise detalhada das etapas de produção do filme BOPP, desde a extrusão até o acabamento final.** São Paulo: Blucher, 2014. 200 páginas.

SUGA, I. Enos; SARANTÓPOULOS, I. G. L. Clarisse; CARVALHO, W. José. **PROPRIEDADES DE BARREIRA DE EMBALAGENS DE NANOCOMPÓSITOS POLIMÉRICOS PARA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS.** 2008. 6 páginas. FEA/UNICAMP, Campinas-SP.

YUGUE, Eduardo Tadashi. **Desafios e potenciais soluções para reciclagem de embalagens plásticas flexíveis pós-consumo no Brasil.** 2020. 231 páginas. Unesp UNIVERSIDADE



CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

ESTADUAL PAULISTA “Júlio de Mesquita Filho”. Disponível em:
<<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/dcad92ad-b38b-4250-92be-2a18b914c9cf/content>>.