

## **ESTUDO DA TEMPERATURA DA ÁGUA DE RESFRIAMENTO DO FILME TUBULAR EM POLIPROPILENO DE ESPESSURA GROSSA**

**Fátima K.R. Soares<sup>1\*</sup>, Renato Germano<sup>2</sup>**

*1 – Faculdade de Tecnologia José Crespo Gonzales – Fatec Sorocaba, Sorocaba – SP, fatima.saores@fatec.sp.gov.br*

**Resumo:** A competitividade por um produto diferente no mercado faz com que empresas busquem inovações para se manter atualizada, na área dos filmes plásticos não é diferente. O filme é um produto onde a maioria das vezes é produzido através do processo de extrusão e um dos materiais mais utilizados nesse processo é o Polipropileno. Este trabalho teve como objetivo a verificação do aumento da temperatura da água utilizada no processo de resfriamento, bem como a estabilidade do material durante o processo, para que não ocorresse o encanoamento que é a deformação no material gerada pela diferença de temperatura entre o lado interno e lado externo do balão. Através do teste realizado em duas amostras, uma de espessura 0,06mm que foi usada apenas de referência para comparação com a de espessura de 0,15mm, foi possível verificar que a velocidade do resfriamento e a espessura do material interfere para que não ocorra o encanoamento do material devido a contração irregular do produto final.

**Palavras-chave:** *Polipropileno, Temperatura de resfriamento da água, Extrusora, Processo de extrusão filme tubular.*

### ***Study of the temperature of the cooling water of the tubular film in thick polypropylene***

**Abstract:** The competitiveness for a different product in the market makes companies look for innovations to keep updated, in the area of plastic films is no different. Film is a product where most of the time it is produced through the extrusion process and one of the most used materials in this process is Polypropylene. This work aimed to verify the increase in water temperature used in the cooling process, as well as the stability of the material during the process, so that no plumbing of the material would occur. Through the test performed on two samples, one of which contained a fine thickness of 0.06 mm and a thick sample that contained a thickness of 0.15 mm, it was possible to verify that the cooling speed and the thickness of the material interfere so that no plumbing of the final product would occur.

**Keywords:** *Polypropylene, Water cooling temperature, Extruder, Tubular film extrusion process.*

### **1- Introdução**

Diante de um mercado global cada vez mais competitivo o desenvolvimento de um produto diferenciado e inovador no mercado consiste em uma etapa importante para manter uma empresa competitiva e ativa no mercado. Uma das etapas é investir em inovação, onde a inovação é um dos principais instrumentos na luta pela sobrevivência empresarial. (TURRA, MIORANZA e COLTRE, 2017)

O filme plástico é um produto da indústria de transformação plástica que tem como destino diferentes aplicações, desde a simples sacola plástica até finalidades mais nobres, como embalagens para alimentos e aplicações médicas. (LANGE, 2005)

A grande maioria dos filmes plásticos é produzida pelo processo de extrusão, mais especificamente, a extrusão de filme tubular soprado, que corresponde a aproximadamente 85% do total de filme produzido. (ABDEL-BARY, 2003)

O polipropileno é o polímero mais comumente utilizado e é capaz de competir com plástico de maior custo no mercado, ele pode ser utilizado em diversas aplicações devido a sua baixa temperatura de processamento, ampla propriedade mecânica, cristalinidade, além de ter baixo custo e alta rigidez. (SPADETTI, FILHO, *et al.*, 2017)

Portanto, o objetivo geral desse trabalho é verificar o aumento da temperatura da água utilizada no processo de resfriamento do material extrusado em uma máquina balão com espessura 0,15mm, bem como a estabilidade do material durante o processo, para que não ocorra deformação devido a contração irregular, tornando o produto defeituoso ou instável.

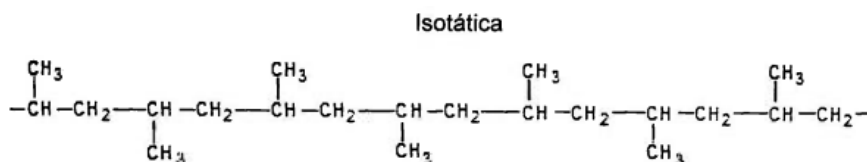
## 2- Referencial Teórico

### 2.1- Polipropileno (PP)

O Polipropileno (PP) é um dos polímeros termoplásticos mais utilizados pela indústria, com uma diversidade de aplicações, podendo ser aplicado desde embalagens rígidas, flexíveis, descartáveis e tubos injetados para diversos usos. (NASCIMENTO, TIMÓTEO e RABELLO, 2013)

O PP produzido industrialmente é um polímero cuja sua estrutura consiste em cadeias de hidrocarbonetos saturados. A cada dois átomos de carbono da cadeia principal encontra-se um grupo de metila (-CH<sub>3</sub>) ramificado (Fig.1). (ROSSINI, 2005)

**Figura 1.** Cadeia de um PP isotático.



**Fonte:** (ROSSINI, 2005)

As formas isotáticas e sindotáticas do PP, devido sua grande regularidade tendem a adquirir no estado sólido uma disposição espacial ordenada, semicristalina, o que confere aos materiais

propriedades físicas excelentes. Os processos industriais mais empregados usam em sua fabricação o PP isotático. (ROSSINI, 2005)

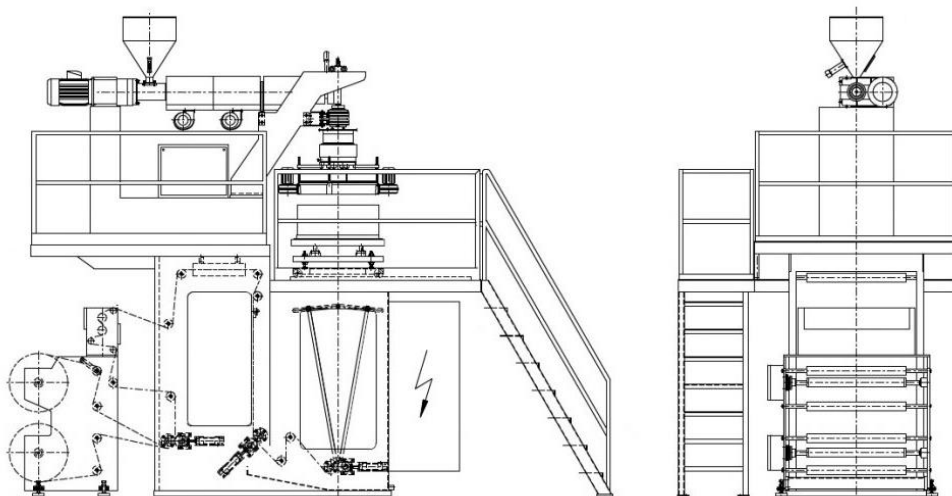
Segundo ROSSINI (2005), o PP pode ser encontrado em diversos tipos, sendo eles: PP copolímero, BOPP homopolímero (Polipropileno bi-orientado), Copolímeros randômicos e Copolímeros em bloco. Algumas de suas características são:

- PP Homopolímero: Alta cristalinidade e alta rigidez, fácil moldagem, usado em termoformagem e na produção de fibra e monofilamentos;
- BOPP Homopolímero: Permite uma boa impressão, possui a melhor barreira à umidade e tem as melhores propriedades ópticas;
- Copolímero Randômico: Tem excelente propriedades ópticas, com elevada transparência e brilho;
- Copolímeros em Bloco: Elevada resistência mecânica, além de permitir um excelente acabamento superficial.

## 2.2- Extrusora Balão

A moldagem por extrusão apresenta características diferentes dos outros tipos de moldagem, é um processo contínuo. A extrusora pode ser encontrada com uma rosca (monorosca) ou extrusora com duas roscas (dupla rosca), a extrusora também pode ser encontrada horizontalmente ou verticalmente, dependendo do processo e material a ser feito (Fig.2). (BRITTO, 2015)

**Figura 2.** Extrusora horizontal e vertical.



**Fonte:** (FERRETI EXTRUSORAS, 2019)

### ***2.3- Equipamentos pós-extrusora ou equipamentos complementares da extrusora***

**Cabeçote:** Nas máquinas extrusoras de filmes tubulares, o cabeçote corresponde ao conjunto onde estão montados a matriz, o anel de resfriamento, resistências elétricas e termopares, entrada de ar para insuflamento do balão, além de alguns outros elementos. O cabeçote é conectado ao cilindro da extrusora através de um adaptador, onde se encontra a placa-filtro e um sistema troca-tela. Para conseguir uma boa uniformidade de espessura, muitas empresas optam por usar o cabeçote giratório. (OTTERBACH, 2011)

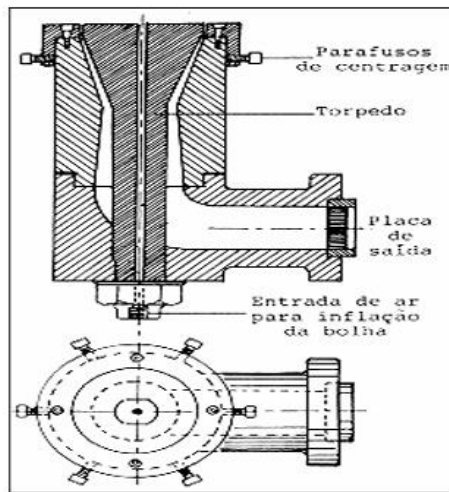
**Matriz:** Sua função consiste em receber o material plastificado e distribuir seu fluxo ao longo da seção desejada. Matrizes para produtos diferentes podem ser montadas na mesma extrusora, se forem projetadas para isso. A matriz é feita em aço especial, possui um canal interno cuja seção inicial é geralmente circular, e uma abertura na saída com a seção do extrudado. (OTTERBACH, 2011)

Para o processo de produção do filme, geralmente se encontra a matriz circular ou anular, onde estas são compostas por duas partes concêntricas e entre elas passa o termoplástico fundido. A parte interna, normalmente cônica é chamada também de mandril interno ou pino central. A parte externa tem a função principal de permitir ajustes pequenos de espessura final, através de parafusos. (OTTERBACH, 2011)

Segundo OTTERBACH (2011), podem ser encontrados três tipos básicos de matriz: a de alimentação lateral, a de canal espiral e a do tipo pernas-de-aranha, ambas com alimentação axial, sendo elas:

- **Matriz de alimentação lateral:** O fluxo proveniente do cilindro é distribuído ao redor do pino central. Como a massa polimérica atinge o pino central lateralmente, ele se inclina. A cada mudança de velocidade de produção ou de pressão a inclinação do pino é, logicamente, alterada. Desta forma, é necessário um frequente ajuste dos parafusos da matriz, para que a espessura do balão seja sempre uniforme (Fig.3).

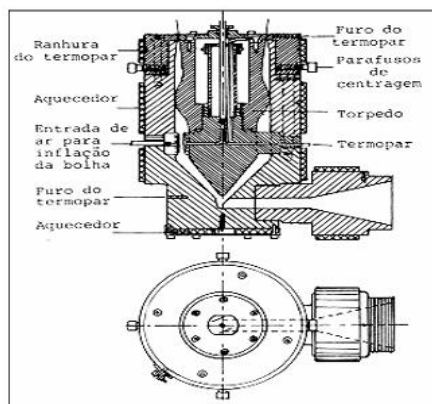
**Figura 3.** Matriz de alimentação em vista superior e corte longitudinal.



**Fonte:** (OTTERBACH, 2011)

- Matriz de alimentação axial tipo pernas-de-aranha: Também chamadas de matrizes de sustentação em estrela ou cruzeta, são muito similares as para o processo de extrusão de perfis. Ela forma linhas de solda (nas pernas de aranha), mas menos visíveis do que as formadas com o tipo de alimentação lateral. É o tipo de matriz mais adequado ao processamento de filmes de paredes muito finas e de precisão de espessura (Fig.4).

**Figura 4.** Matriz de alimentação do tipo pernas-de-aranha em vista superior e corte longitudinal.



**Fonte:** (OTTERBACH, 2011)

- Matriz de alimentação axial tipo espiral: Semelhante às matrizes para extrusão de perfis, é indicada para alta produção. Consiste em um mandril interno com vários canais helicoidais com profundidade decrescentes na direção da saída da matriz. O efeito final é de uma massa extremamente homogênea e sem linhas de solda.

**Anel de resfriamento:** O resfriamento do balão, realizado externamente, é obtido pelo ar emergente de um anel de resfriamento montado diretamente na saída da matriz. O volume de ar, velocidade de ar, direção do fluxo de ar, tanto quanto suas temperaturas determinam a eficácia do resfriamento. O ar não deve somente resfriar a massa uniformemente, mas também suportá-la, contribuindo para a estabilidade do balão. (OTTERBACH, 2011)

A utilização conjunta de resfriamento interno do balão (IBC - Inertial Bubble Cooling) apresenta nítidas vantagens sobre o sistema convencional, principalmente o aumento da produção. O ar incluso dentro do balão se aquece durante o processamento, podendo fazer com que o filme esteja mais quente do que o esperado quando passar pelos rolos puxadores. Isto pode ocasionar bloqueio (as duas faces do filme achatado pelos rolos aderem, grudam) e redução da produtividade. (OTTERBACH, 2011)

Segundo OTTERBACH (2011), devido ao elevado custo, o sistema IBC é pouco usado no Brasil, e esse sistema apresenta as algumas características que ajudam no processo, são elas:

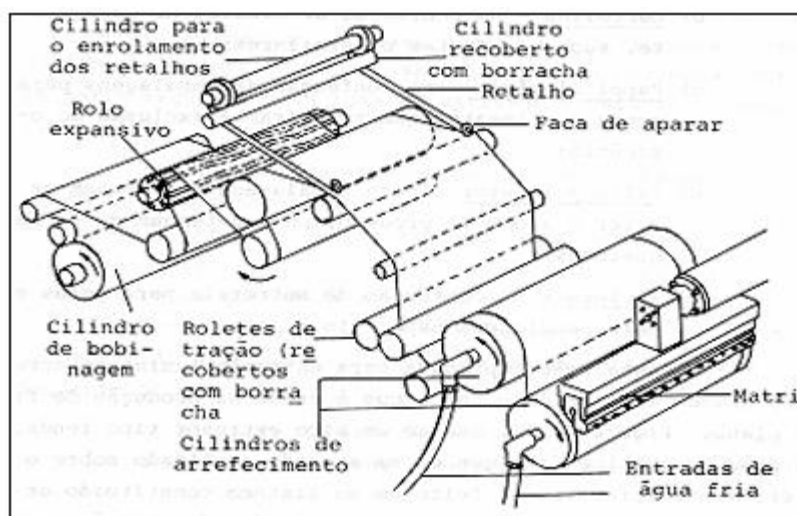
- Introdução de ar de resfriamento na área plástica do filme.
- Extração de ar quente interno do balão, onde sensores de alta sensibilidade, que regulam o fluxo volumétrico de ar asseguram um diâmetro constante ao longo do tempo.

**Sistema de resfriamento:** Logo após a saída do produto da matriz, dá-se início ao processo de resfriamento, onde costuma ser feito de duas formas diferentes: por imersão em água ou pelo contato com cilindros resfriados. Em princípio, a distância entre a matriz e o sistema de refrigeração deve ser a mínima possível, a fim de se evitar a contração transversal do filme que lhe reduz a largura. Da magnitude dessa contração depende a quantidade de material que deverá ser aparada das laterais, e portanto, a perda do processo. Por outro lado, porém, um intervalo muito curto entre a matriz e o sistema de refrigeração poderá provocar o rasgamento do filme nos lábios da matriz, além de prejudicar, inevitavelmente, a qualidade ótica do filme. (OTTERBACH, 2011)

**Cilindros resfriados:** Neste sistema o filme quente é resfriado por contato direto com cilindros de aço mantidos à baixa temperatura, geralmente em torno de 10°C. Estes cilindros ou rolos,

também chamados de chill-rolls (Fig.5), eles exercem uma pequena força de puxamento do filme, que poderá ou não alterar as propriedades físicas do mesmo. Os cilindros de refrigeração devem ser altamente polidos para que sua superfície espelhada não transmita imperfeições à superfície do filme, o que prejudicaria seu brilho e sua transparência. (OTTERBACH, 2011)

**Figura 5.** Extrusão de filmes utilizando cilindros refrigerados.



**Fonte:** (OTTERBACH, 2011)

**Banho de imersão:** O resfriamento também pode ser feito através da imersão do filme em um tanque com água circulante. Nesse processo o importante é que a circulação de água não cause perturbações à passagem do filme extrudado, de forma a não modificar sua espessura. (OTTERBACH, 2011)

**Torre:** A torre é composta por diversos equipamentos fundamentais ao processamento de filmes tubulares, como os rolos puxadores, a saia (responsável pelo gradual achatamento do balão), o cesto de calibragem, bem como outros acessórios de importância secundária. A altura da torre é determinada em função das características do processo e da matéria-prima, por isso as torres modernas possuem regulagem de altura, para ampliar os tipos de matéria-prima processáveis. (OTTERBACH, 2011)

**Estabilizadores de balão:** Um anel adequadamente projetado, uma estabilização adicional do filme tubular entre a linha de cristalização e os rolos puxadores é essencial para evitar a formação de dobra no filme. O diafragma um tipo de íris que é colocado logo acima da linha de cristalização,

com abertura regulável para tocar toda a circunferência de balões de diâmetros diferentes, de acordo com o necessário. (OTTERBACH, 2011)

**Saia:** O filme tubular deve ser esfriado uniformemente e sem dobras até os rolos, para que seja corretamente bobinado. Para isto, a torre é dotada de um sistema de achatamento gradual do filme. (OTTERBACH, 2011)

**Rolos puxadores:** Os rolos de achatamento e arraste servem para puxar o filme em direção aos rolos bobinadores, determinar a espessura do filme por estiramento e evitar a saída de ar do interior do balão, um rolo é de metal e o outro de borracha, para pressionar toda a superfície do filme que passa entre os mesmos. (OTTERBACH, 2011)

**Bobinadeira:** É um equipamento isolado da extrusora e da torre, porém fundamental para o processo, pois o filme já processado e resfriado onde fica armazenado temporariamente. (OTTERBACH, 2011)

#### ***2.4- Processo de extrusão do filme tubular***

No processo de extrusão do filme tubular o material é extrudado verticalmente através de uma matriz com a forma de um anel, onde o jato de ar soprado constantemente faz com que o material expanda formando um balão. Roletes localizados acima ou abaixo da matriz achatam o filme que posteriormente é bobinado. A largura e espessura do filme depende muito da velocidade da extrusora e do tamanho do balão, que pode ser controlado na matriz. (RODA, 2012)

Na confecção de filmes plásticos tubulares o plástico é extrudado e forma um balão vertical (Fig.6), de secção circular cujas superfícies externa e interna podem ser resfriados com ar frio. O ar frio a uma temperatura controlada a tipicamente entre 15 a 18°C é soprado na superfície externa do balão através de uma abertura circular no chamado anel de ar. (OTTERBACH, 2011)

**Figura 6.** Matriz de uma extrusora formando um balão.



**Fonte:** (RODA, 2012)



Este balão, por sua vez será achatado gradativamente por um conjunto conhecido como saia, para tornar-se plano, possibilitando assim o bombeamento. (MUNDO DO PLÁSTICO, 2018)

Segundo MUNDO DO PLÁSTICO (2018), existem algumas técnicas para a obtenção de filmes tubulares que vão depender da matéria-prima utilizada ou das características técnicas do filme, são elas:

- **Extrusão de filme tubular ascendente:** Nesse caso, no processo de extrusão, o filme sai da extrusora que está embaixo e é resfriado com ar, e depois segue para os roletes que estão acima.
- **Extrusão de filme tubular descendente:** A extrusora fica acima da estrutura e os roletes embaixo, aproveitando-se da força da gravidade para diminuir o tracionamento.
- **Extrusão de filmes planos:** consiste na extrusão de polímeros por meio de uma matriz plana para formar um filme ou chapa lisa. Este filme é resfriado por um jato de ar que sai de uma lâmina ou caixa na superfície de um rolo de resfriamento.
- **Processo de co-extrusão:** é baseado na obtenção de filmes com camadas de diferentes materiais. Os filmes podem ser produzidos com maiores propriedades de barreira, maior resistência mecânica e rigidez.

No processo de verificação da qualidade do filme plástico alguns detalhes devem ser inspecionados, itens importantes como: brilho, transparência, espessura, uniformidade da espessura e planicidade, resistência à tração e ao impacto, soldabilidade, propriedades de barreira a gases, entre outros, tendo em vista que eles estão relacionados ao destino final do filme produzido, seja ele embalagens, sacos para lixo, sacolas, filmes técnicos, etc. (MUNDO DO PLÁSTICO, 2018)

### ***2.5- Estabilidade do material***

O controle de variáveis durante o processo é de fundamental importância, pois sem esses controles não seria possível localizar algum problema ocorrido durante o processamento. (VERCELLINO, 2014)

As propriedades obtidas em um filme não são apenas resultados das características obtidas no polímero utilizado, mas estão relacionados com o esforço mecânico que o filme sofre ao passar pela matriz da extrusora, assim com a taxa de resfriamento afeta a nucleação do polímero, influenciando na orientação molecular do filme formado. (VERCELLINO, 2014)

O PP é um material muito versátil, apresenta estabilidade ao calor e a esterilização, mas para apresentar essas propriedades o material passa por um rigoroso processo em sua fabricação, ele é aquecido a uma temperatura de 50 a 90°C na presença do solvente heptano, o processo é chamado de semifluido e é o que dá origem aos polímeros. (SOUZA, 2018)

No caso do PP em que a maioria das vezes sua extrusão é descendente, ou seja, a extrusora fica em cima e os roletes em baixo, sua refrigeração é feita com água e a rápida refrigeração proporcionada com isso produz um filme com maior transparência, enquanto o processo descendente aproveita da força da gravidade e diminui o tracionamento. (RODA, 2012)

Para COLOMBO (2019), um dos mais importantes aspectos a serem levados em consideração é o coeficiente de fricção e constante controle de temperatura, que se trata da resistência que se obtém no processo de deslizamento de uma superfície para outra, se em alguma hipótese esse parâmetro esteja fora da faixa aceitável o filme pode sofrer deformação devido a contração irregular, perda de aparência, arrebentar por falta de estabilidade, pode ficar defeituoso por não apresentar a mesma espessura entre outros. Por esse motivo torna-se indispensável a periódica manutenção dos equipamentos, analisando rolos, bobinas, saídas de material, saída de água, saídas de ar entre outros fatores importantes para suportar a fabricação dos filmes e evitar a geração de resíduos e demais impactos que podem danificar o produto e causar deformação devido a contração irregular.

### ***2.6- Temperatura de Resfriamento***

Por isso o sistema de resfriamento deve ser projetado para fornecer a temperatura necessária com o fluxo apropriado, no lugar certo e "no momento exato", elas devem ser sincronizadas digitalmente com as máquinas que realizam o processo de extrusão para permitir que o processo seja gerenciado automaticamente, esse controle automático permite que o material fique uniforme e sem defeitos, estas unidades automatizadas permitem também que os processadores pesquisem para cada produto os melhores parâmetros de resfriamento capazes de maximizar a qualidade e o tempo de ciclo. (GUIMARÃES, 2017)

### ***2.7- Geladeira Industrial para extrusora***

Uma geladeira industrial para extrusora se encarrega de controlar esse calor, auxiliando o processo de fabricação, oferecendo proteção para os equipamentos e garantindo a melhor qualidade possível das peças finais. A função principal da geladeira industrial para extrusora é, obviamente, produzir água gelada para auxiliar no processo de fabricação e proteger equipamentos e produtos.

A geladeira industrial para extrusora entra com a água gelada nesse processo, mantendo a temperatura estável para evitar a fabricação de peças defeituosas por conta do calor excessivo. (MAQFRIO, 2015)

### **3- Materiais**

- Resina de Polipropileno Virgem - RFD 6140k (Petrocuyo);

### **4- Método Experimental**

No teste da bolsa foi verificado que ocorreu a deformação do material na bolsa de espessura 0,15 e a partir disso foi feito duas amostras sendo que uma amostra foi produzida com espessura 0,06 para que fosse utilizada como parâmetro de análise em comparação a de espessura 0,15mm.

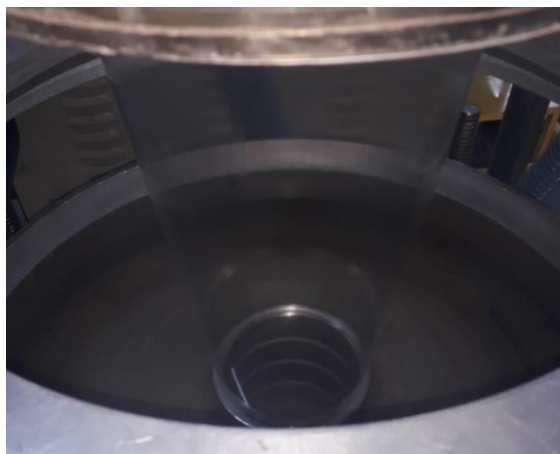
Para a bolsa de 0,06mm de espessura usou-se uma temperatura de resfriamento aproximadamente 22°C e 26°C , já na bolsa de 0,15mm de espessura seu resfriamento foi de 30°C e 35°C.

Para dar-se início ao processo de extrusão, primeiramente foi feito a formulação da matéria-prima, onde foi usado 25kg da resina de Polipropileno RFD 6140K, conforme era necessário para o desenvolvimento do produto para o cliente.

O material foi colocado em um misturador onde permaneceu por aproximadamente 20 minutos. Após esse período o material foi enviado à uma extrusora onde passou pelo cilindro aquecido, passando pela rosca transportadora, até que ocorreu a fusão do material, formando uma massa sólida e homogênea, que em seguida foi transportada para a matriz. O material fundido passou pela abertura e formou um filme na forma de um balão, onde sua largura e espessura puderam ser controlados através da saída de ar pela matriz.

## 5- Resultados e Discussões

**Figura 7.** Filme sendo formado na extrusora durante o teste.



**Fonte:** Própria

Na (Fig.7) é possível verificar o filme sendo formado na extrusora, filme de aparência transparente e opaca.

**Figura 8.** A esquerda a amostra da bolsa fina de 0,06mm e a direita a bolsa grossa de 0,15mm.



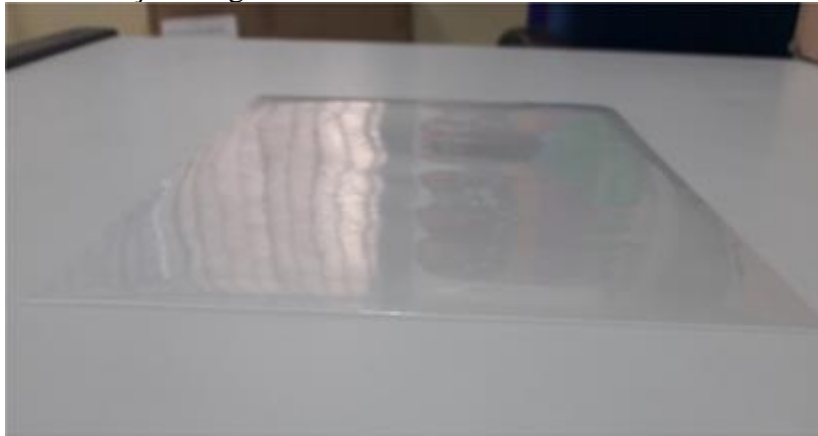
**Fonte:** Própria

Após a extrusão, obteve-se duas amostras de bolsas, uma fina com espessura de 0,06mm e uma grossa com espessura de 0,15mm (Fig.8), onde ambas possuíam uma superfície fina, lisa e sem deformações, dava para se notar a diferença entre ambas também pelo tato, devido a suas gramaturas.

Na bolsa com espessura de 0,06mm era possível verificar que ela continha uma cor brilhante e bem transparente. Já a bolsa com espessura de 0,15mm, não ficou com a mesma transparência do filme fino, ficando com uma aparência mais opaca, porém não atrapalhava na estética do produto.

O grau de cristalinidade dependerá também da temperatura e das condições do processo de fabricação, quanto mais rápido for o resfriamento menor será a cristalinidade, enquanto o estiramento do filme aumenta a cristalinidade. (FARIA, 2008)

**Figura 9a.** A amostra da bolsa de 0,06mm sem defeitos e abaixo a bolsa de 0,15mm com deformação devido a contração irregular.



(Fig.9a) **Fonte:** Própria



(Fig.9b) **Fonte:** Própria

Na bolsa fina a alta velocidade imposta pelo resfriamento não atrapalhou em seu resfriamento, não alterou a contração do polímero e o material final obtido saiu dentro das conformidades exigidas pelo cliente (Fig.9a), já a bolsa grossa quando imposta a alta velocidade de resfriamento, mesmo sendo a temperatura da água em 18°C, fez com que a contração do material formasse o deformação devido a contração irregular do produto final (Fig.9b).

Segundo (GUIMARÃES 2017), o sistema de resfriamento deve ser projetado para fornecer a cada ferramenta a temperatura necessária com o fluxo apropriado, no lugar certo e no momento exato, elas devem ser sincronizadas digitalmente com as máquinas que realizam o processo de extrusão para permitir que o processo seja gerenciado automaticamente, esse controle automático favorece para que o material fique uniforme e sem defeitos.

## **6- Conclusão**

A metodologia utilizada nesse trabalho atuou como uma análise para observar a influência da temperatura da água no resfriamento para que resolvesse a deformação do material. Observou-se que a velocidade de resfriamento do material influenciou nas características do produto final.

Com ajuste no processo a temperatura foi estabilizada para 30°C na bolsa de espessura 0,15mm e foi resolvido o problema, portanto foi concluído que o tempo de resfriamento é um item importante do processo, que deve ser controlado para que não ocorra a deformação conforme foi observada no estudo.

## **7- Agradecimentos**

Agradeço à 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 Sr. Antonio Carlos Mazaro pela sugestão do tema e aos colegas de turma que compartilharam os aprendizados ao longo dos anos de graduação. Quero agradecer em especial ao meu orientador, prof. Renato Germano, que me auxiliou e me aconselhou durante o desenvolvimento deste.

## **8- Referências Bibliográficas**

ABDEL-BARY, E. M. **Handbook of Plastic Films**. Shrewsbury: Rapra Technology Limited, 2003.

BRITTO, H. Extrusão plástica. **Mecânica de fabricar**, 2015. Disponível em: <<http://mecanicadefabricar.blogspot.com/2015/10/extrusao-plastica.html>>. Acesso em: 27 Jun 2020.

COLOMBO, Luiz Bonifácio. **Análise comparativa do consumo de pigmento branco com diferentes concentrações de dióxido de titânio, no processo de extrusão de filmes flexíveis**. Engenharia Química, 2019.

FARIA, J. D. A. F. **Materiais plásticos para embalagens**. Faculdade de Engenharia de Alimentos Unicamp. Campinas. 2008.

FERRETI EXTRUSORAS. Extrusoras Ferreti, 2019. Disponível em: <<http://www.extrusorasferreti.com.br/extrusoras/>>. Acesso em: 27 Jun 2020.

GUIMARÃES, Bruna Clarissa. **Influência da temperatura de preaquecimento no processo de soldagem GMAW em múltiplos passes sobre a microestrutura do aço inoxidável martensítico CA6NM e o metal de solda AWS 5.22 EC410NiMo**. 2017.

LANGE, J. G. Speight, Norbert Adolph. 2005. McGraw-Hill, ed. **Lange's handbook of chemistry**. (16): 2.807. 1623 páginas. ISBN 0071432205.

MUNDO DO PLÁSTICO. Extrusão de filmes balão e tubular: você sabe como fazer? **Mundo do Plástico**, 2018. Disponível em: <<https://mundodoplastico.plasticobrasil.com.br/gest-o/extrus-o-de-filmes-bal-o-e-tubular-voc-sabe-como-fazer>>. Acesso em: 27 Jun 2020.

NASCIMENTO, U. A. D.; TIMÓTEO, G. A. V.; RABELLO, M. S. **Efeito de plastificantes à base de Poliisobutenos nas propriedades físicas e mecânicas do Polipropileno**. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, p. 257-261. 2013.

OTTERBACH, J. C. H. **Processo de transformação de plásticos por extrusão de filmes tubulares**. Escola de Educação Profissional SENAI Nilo Bettanin. Rio Grande do Sul. 2011.

RODA, D. T. A extrusora e o processo de extrusão. **Tudo Sobre Plástico**, 2012. Disponível em: <<https://www.tudosobreplasticos.com/processo/extrusao.asp>>. Acesso em: 27 Jun 2020.

ROSSINI, E. L. **Obtenção da blenda polimérica PET/PP/PE/EVA a partir de "Garrafas PET" e estudo das modificações provocadas pela radiação ionizante**. Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares. São Paulo, p. 46-47. 2005.

SOUZA, L. A. D. Polipropileno. **Mundo Educação**, 2018. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/polipropileno.htm>>. Acesso em: 27 Jun 2020.

TURRA, B.; MIORANZA, C.; COLTRE, S. M. A inovação como vantagem competitiva: Estudo de caso com uma pequena empresa. **Revista Brasileira de Gestão e Inovação**, Paraná, v. 5, n. 1, p. 2, Set/Dez 2017.

VERCELLINO, M. V. **Modelagem, simulação e otimização de processo de extrusão de filmes plásticos tubulares**. Escola de Engenharia de Lorena. Lorena. 2014.

MAQFRIO. Geladeira Industrial para Extrusora. MaqFrio,2015. Disponível em: <<https://www.maqfriorefrigeracao.com.br/geladeira-industrial-extrusora>>. Acesso em: 16 Jul2020.