

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

EDUARDO DE BARROS CARPINSKI

WESLEY VINICIUS RODRIGUES

**RELAÇÃO ENTRE O ENVELHECIMENTO NATURAL DE CURTO
PERÍODO E A RESISTÊNCIA MECÂNICA DE DIFERENTES
POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS COMERCIAIS**

PONTA GROSSA

2022

**EDUARDO DE BARROS CARPINSKI
WESLEY VINICIUS RODRIGUES**

**RELAÇÃO ENTRE O ENVELHECIMENTO NATURAL DE CURTO
PERÍODO E A RESISTÊNCIA MECÂNICA DE DIFERENTES
POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS COMERCIAIS**

**Relationship between short period natural aging and the mechanical strength
of different commercial thermoplastic polymers**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof^a Ms. Sandra Mara Kaminski Tramontin

PONTA GROSSA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

EDUARDO DE BARROS CARPINSKI
WESLEY VINICIUS RODRIGUES

**RELAÇÃO ENTRE O ENVELHECIMENTO NATURAL DE CURTO
PERÍODO E A RESISTÊNCIA MECÂNICA DE DIFERENTES
POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS COMERCIAIS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Mecânica da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data aprovação: 23/06/2022

Sandra Mara Kaminski Tramontin
Mestrado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Heliety Rodrigues Borges Barreto
Mestrado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Gilberto Zammar
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

PONTA GROSSA

2022

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a professora e orientadora Prof^a Ms. Sandra Mara Kaminski Tramontin pela orientação e incentivo.

A Pigatto Plásticos para Engenharia pela doação das chapas de ABS e a EWC Equipamentos Industriais pela fabricação dos corpos de prova.

Aos membros da banca pela disponibilidade e considerações que agregaram nosso trabalho.

E as famílias pelo apoio e reconhecimento nessa importante jornada. Por fim, a todos que contribuíram de alguma forma para realização desse trabalho.

RESUMO

Os polímeros têm tido cada vez mais destaque devido às suas propriedades, podendo substituir outros materiais como os metálicos e cerâmicos com um maior custo benefício e eficácia. O ABS (Acrilonitrila, Butadieno e Estireno) é um dos materiais mais utilizados pelas indústrias, principalmente automotivas, pois tem como principais características a resistência ao impacto, resistência à corrosão e alta rigidez, além de resistência a água, soluções alcalinas e salinas. O Policarbonato é um material muito utilizado na produção de peças técnicas, equipamentos de proteção individual e eletrodomésticos, pois tem como principais características a resistência ao impacto, a altas temperaturas, resistência aos raios ultravioletas e boa usinabilidade. O Polipropileno é um material que pode ser utilizado em diversas aplicações, pois são materiais que têm um baixo peso específico e uma alta processabilidade, porém acarreta em uma baixa resistência ao impacto. Suas principais aplicações são em utilidades domésticas, embalagens e rótulos. Dessa forma, serão comparados as consequências da degradação por envelhecimento natural e o comportamento de três diferentes polímeros nas mesmas condições por um curto período de tempo. Além de avaliar possíveis variações em suas propriedades entre duas cidades do estado do Paraná. Foram utilizados laboratórios, equipamentos de ensaio de tração e balança de precisão disponibilizados pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. Os resultados obtidos permitiram avaliar que os materiais tiveram alterações significativas com o passar do tempo, o Polipropileno apresentou uma perda de resistência mecânica ainda em exposição, pois observou um início de empenamento a partir dos trinta e cinco dias. Os três materiais apresentaram perda de coloração e superfícies mais porosas com o passar dos dias de exposição.

Palavras-chaves: Polímeros; Termoplásticos; Envelhecimento de materiais;

ABSTRACT

Polymers have been increasingly highlighted due to their properties, being able to replace metallic materials such as the metallic and ceramic ones, with a greater cost benefit and efficiency. ABS (Acrylonitrile, Butadiene and Styrene) is one of the materials most used by industries, mainly automotive, having as one of its main features the resistance to impact and corrosion as well as high rigidity, besides resistance to water, different and saline solutions. Polycarbonate is a material widely used in the production of technical parts, personal protective equipment and household appliances, whose main characteristics are impact resistance, high temperatures, resistance to different rays and good machinability. Polypropylene is a material that can be used in several applications, as they are materials that have a low specific weight and high processability, but have low impact resistance. Its main applications are in housewares, packaging and labels. Therefore, the consequences of degradation by natural aging and the behavior of three different polymers under the same conditions for a short period of time will be compared, in addition to evaluating possible variations in their properties between two cities in the state of Paraná. Laboratories, traction testing equipment and precision scales provided by Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa were used. The results obtained allowed us to evaluate that the materials had significant changes over time, the Polypropylene showed a loss of mechanical strength while still on display, as it observed a beginning of warping after thirty-five days. The three materials showed loss of color and more porous surfaces over the days of exposure.

Keywords: Polymers; thermoplastics; Aging of materials;

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados mensais das variáveis em Cascavel.....	28
Tabela 2 – Dados mensais das variáveis em Jaguariaíva.....	28
Tabela 3 – Dados referentes a variação de massa (em g) de Policarbonato.....	30
Tabela 4 – Dados referentes a variação de massa (em g) do Polipropileno	30
Tabela 5 – Dados referentes a variação de massa (em g) do ABS.....	30
Tabela 6 – Dados ensaios tração ABS referência	31
Tabela 7 – Dados ensaios tração ABS 30 dias	32
Tabela 8 – Dados ensaios tração ABS 60 dias	32
Tabela 9 – Dados ensaios tração ABS 90 dias	33
Tabela 10 – Dados ensaios tração polipropileno referência	34
Tabela 11 – Dados ensaios tração polipropileno 30 dias.....	35
Tabela 12 – Dados ensaios tração polipropileno 60 dias.....	36
Tabela 13 – Dados ensaios tração polipropileno 90 dias.....	37
Tabela 14 – Dados ensaios tração policarbonato referência.....	39
Tabela 15 – Dados ensaios tração policarbonato 30 dias.....	40
Tabela 16 – Dados ensaios tração policarbonato 60 dias.....	41
Tabela 17 – Dados ensaios tração policarbonato 90 dias.....	42
Tabela 18 – Dados semanais em Jaguariaíva	52
Tabela 19 – Dados semanais em Cascavel.....	52
Tabela 20 – Percentagem a variação de massa Policarbonato	54
Tabela 21 – Percentagem a variação de massa Polipropileno	54
Tabela 22 – Percentagem a variação de massa ABS	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Dados totais de exposição.....	29
Gráfico 2 – Curva tensão x deformação ABS referência.....	31
Gráfico 3 – Curva tensão x deformação ABS 30 dias	32
Gráfico 4 – Curva tensão x deformação ABS 60 dias	33
Gráfico 5 – Curva tensão x deformação ABS 90 dias	34
Gráfico 6 – Curva tensão x deformação polipropileno referência.....	35
Gráfico 7 – Curva tensão x deformação polipropileno 30 dias	36
Gráfico 8 – Curva tensão x deformação polipropileno 60 dias	37
Gráfico 9 – Curva tensão x deformação polipropileno 90 dias	38
Gráfico 10 – Curva tensão x deformação policarbonato referência.....	39
Gráfico 11 – Curva tensão x deformação policarbonato 30 dias	40
Gráfico 12 – Curva tensão x deformação policarbonato 60 dias	41
Gráfico 13 – Curva tensão x deformação policarbonato 90 dias	42

LISTA DE FOTOGRAFIA

Fotografia 1 – Produção dos corpos de prova.....	23
Fotografia 2 – Exposição ao envelhecimento em Cascavel/PR.....	24
Fotografia 3 – Exposição ao envelhecimento em Jaguariaíva/PR.....	24
Fotografia 4 – Balança digital de precisão UTFPR.....	26
Fotografia 5 – Máquina universal de ensaios mecânicos	27
Fotografia 6 – Amostra empenamento polipropileno em exposição	28
Fotografia 7 – Ensaio de tração em polipropileno em 0, 30, 60 dias.....	38
Fotografia 8 – Corpos de prova após ensaio tração sem exposição ao ambiente.....	43
Fotografia 9 – Ensaio de tração nos corpos de prova com 90 dias de exposição	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivo Específico	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Aplicação dos polímeros no meio ambiente	15
3.2	Descarte	15
3.3	Degradação	16
3.3.1	Fatores de degradação	16
3.4	Propriedades químicas dos polímeros	17
3.4.1	Resistência à Oxidação	17
3.4.2	Resistência à Radiação Ultravioleta	17
3.4.3	Resistência à Água.....	17
3.4.4	Inflamabilidade	18
3.4.5	Morfologia	18
3.5	Classificação dos polímeros	18
3.5.1	Termoplásticos	18
3.5.2	Termofixos	19
3.5.3	Elastômeros	19
3.6	Polímeros na engenharia	19
3.6.1	Acrinolitrina, Butadieno e Estireno (ABS).....	20
3.6.2	Policarbonato	21
3.6.3	Polipropileno	21
3.7	Ensaio de envelhecimento natural	22
4	MATERIAIS E METODOS	22
4.1	Fabricação das amostras	22
4.2	Exposição ao envelhecimento	23
4.3	Aspecto Visual	25
4.4	Perda de massa	25
4.5	Ensaio de tração	26
5	RESULTADOS	27
6	CONCLUSÃO	45
	SUGESTÕES TRABALHOS FUTUROS	47

REFERÊNCIAS	48
ANEXO A – Dados de exposição ao ambiente coletados.....	52
ANEXO B – Variação em perda de massa.....	54

1 INTRODUÇÃO

Com a evolução e as necessidades, o homem teve que buscar novas fontes de pesquisa e buscar materiais que fossem cada vez mais duráveis em sua utilização diária e, dentre esses estavam os polímeros, que tem uma vasta variedade de aplicações, pelas suas propriedades, versatilidade e valor (WANG, et al., 2018, p. 92- 100).

Os polímeros são importantes materiais que estão atuando em diversos setores da indústria com aplicações diversas. Estes possuem ótimas propriedades que permitem a fabricação de diversos tipos de produtos de acordo com sua necessidade e com ótimo custo benefício (COUTO, 2006, p.339).

Com a demanda dos polímeros crescendo em diversas aplicações de Engenharia, conseqüentemente resultam na busca pela melhoria em suas propriedades mecânicas, térmicas, físicas e de resistência ao envelhecimento, para que seja possível utilizar de aplicações ainda inexploradas e suportar condições mais rigorosas (KILIARIS; PAPASPYRIDES, 2010, p. 902-958).

A durabilidade dos materiais poliméricos e sua resistência são alguns fatores que levam a utilização em regiões externas. Alguns fatores como o calor, a radiação ultravioleta, a presença de oxigênio, a umidade, os volumes pluviais e o tipo de ambiente influenciam no processo de degradação dos polímeros quando expostos, causando envelhecimento natural (VASCONCELOS, et al., 2020, p. 2).

De acordo com a aplicação, os materiais plásticos apresentam algumas desvantagens, são elas a elevada inflamabilidade, deformidade e envelhecimento quando são expostos às condições climáticas (WANG, et al., 2018, p. 92-100).

O envelhecimento natural causa danos nos materiais poliméricos, entre eles podem ocorrer a descoloração, perda de brilho, de propriedades mecânicas como resistência à tração, dureza, impacto, extensibilidade, maior absorção de água, o desenvolvimento de trincas no material, entre outras modificações químicas e mecânicas (VASCONCELOS, et al., 2020, p. 2; WANG, et al., 2018, p. 92-100).

Para se definir as características de um material, é essencial ter suas propriedades mecânicas, como a resistência a carga, a ductilidade e a dureza. Uma maneira de determinar estas propriedades é por meio de um ensaio mecânico, onde pode-se encontrar os dados de limite de escoamento, limite de resistência e o módulo de elasticidade (VLACK, 1984, p. 2-7).

Com o ensaio mecânico de tração pode-se determinar a resistência de um material por meio de carregamento mecânico. Onde as amostras de material são colocadas em uma máquina

de ensaios tracionados a velocidade constante. O material irá resistir à deformação até que a carga aplicada seja superior ao limite de resistência do material, entrando em colapso e rompendo. A partir da curva tensão-deformação é possível determinar o comportamento do material e extrair os dados para determinação de suas propriedades mecânicas (ASKELAND; WRIGH, 2014, p. 160-164).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Fazer um estudo comparativo das variações de desempenho de diferentes materiais poliméricos e analisar seu comportamento quando expostos ao envelhecimento natural.

2.2 Objetivo Específico

- Analisar a variação do comportamento físico e aspecto visual em localidades distintas pertencentes ao estado do Paraná.
- Demonstrar material polimérico que apresenta melhor desempenho a exposição ao envelhecimento em determinado período empregado.
- Avaliar perda de massa empregado nos corpos de prova dos materiais, modo comparativo com as localidades empregadas.
- Comparar resultados obtidos em relação as cidades de Cascavel e Jaguariaíva.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Aplicação dos polímeros no meio ambiente

Há anos o homem tem retirado da natureza elementos que são essenciais para sua existência e qualidade de vida. Desde o início do século passado tem se tornado cada vez mais frequente o uso dos polímeros pela sociedade, dando um pouco de atenção pode-se observar a quantidade de artefatos produzidos (SILVA, RABELO, 2017, p. 10).

Os polímeros têm se destacado entre os materiais por suas características químicas e físicas. Devido às suas propriedades, custo e praticidade, os materiais poliméricos estão substituindo outros materiais com eficácia (SILVA, RABELO, 2017, p. 10).

Os materiais poliméricos têm como características principais a substituição de materiais metálicos, cerâmicos e naturais de diversas aplicações domésticas, industriais, comerciais e aeroespaciais (PITT, BOING, BARROS, 2011).

O uso de materiais plásticos vem tendo um aumento significativo no mundo, com mais de 100 milhões de toneladas de plásticos produzidos no ano. O consumo de plásticos per capita no mundo é de 19 kg. Na Europa o consumo é de 60 kg, nos EUA é 80 kg e na Índia 2 kg (KALIA, RAIZADA, SONAKYA, 2000, p. 433-445). Segundo a Abiplast (2014), o consumo per capita no Brasil é de 34 kg.

3.2 Descarte

Um sério problema que acompanha o homem é a quantidade de lixo produzido, constituído em sua maioria por produtos originados de polímeros sintéticos, que podem levar centenas de anos para se decompor (DERVAL, 2002, p. 311-317).

Tendo como vantagem sua durabilidade, também representa um sério problema ecológico, pois os materiais são descartados e vão se acumulando ao longo do tempo na natureza (PIATTI, RODRIGUES, 2005).

Materiais sintéticos podem levar anos até sua degradação pelo meio-ambiente, com essa geração de resíduos também ocorre a preocupação do que fazer com eles, visto que ocorrem graves implicações ao meio ambiente e à saúde. Caso ocorra descarte ineficiente como incineradores e aterros sanitários, pode ocorrer lançamento de substâncias como gás carbônico e metano, causando implicações na qualidade de vida (PÊSSOA, 2018).

Devido a sua forma e baixa densidade, os plásticos correspondem entre 15 e 20% do volume do lixo urbano, o qual promove poluição visual devido ao descarte incorreto e ocupa

um espaço significativo em aterros sanitários (GRISA, 2011). Pode-se estimar que o tempo para que um plástico se decomponha seja entre 250 e 400 anos (TOSI, 2013).

3.3 Degradação

Uma das principais razões destes materiais terem o uso cada vez maior é a sua durabilidade, resultante de sua estabilidade estrutural que dispõem de resistência a diversos tipos de degradação, dependendo de séculos para se degradar (PIATTI, RODRIGUES, 2005).

A degradação é um conjunto de reações onde ocorre a quebra das ligações primárias do polímero e formam outras, resultando na redução de sua massa molar e alteração da estrutura química, alguns tipos de degradação são a despolimerização, térmica e ataque a grupos laterais (CANEVAROLO JR. S, 2002).

Um polímero se degrada através da mudança da sua estrutura química de acordo com o tempo, devido principalmente ao calor, ao efeito da luz, das tensões mecânicas do uso do material ou processamento, onde ocorrem alterações nas propriedades mecânicas e estéticas (FRANCHETTI, MARCONATO, 2006).

Através da degradação de um polímero resulta-se em diversos tipos de reações químicas, ela pode ser um processo de despolimerização, oxidação ou cisão de ligações químicas. Além de poder ser causada por diferentes eventos, com relação ao seu material, o uso e forma de processamento (DE PAOLI, 2008).

A degradação pode ocorrer simultaneamente a mais de um processo, como as degradações termo hidrolítica, termo oxidativa e foto-oxidativa. Estes podem ocorrer durante o processamento, o uso do produto e sua estocagem. Como exemplo, durante a ocorrência de processamento pode ocorrer degradação térmica, mecânica e oxidativa (BATALIOTTI, 2016).

O conhecimento sobre a degradação que o material sofrerá é essencial, pois as propriedades dos polímeros são determinadas pelo arranjo físico e massa molecular final (RABELLO, 2000).

3.3.1 Fatores de degradação

Com relação aos fatores que causam a degradação, está poderá ocorrer por meio de agentes físicos (radiação solar, temperatura, atrito mecânico), agentes químicos (água, ácidos, oxigênio, solventes, ozônio entre outros poluentes atmosféricos) e biológicos (microrganismos como fungos e bactérias) (BRANDALISE, 2008).

A degradação por agentes químicos refere-se ao processo induzido pela água, ar e outros agentes, em geral quanto maior for a temperatura e exposição a ela, maior será o efeito destes agentes (MOTHÉ, DIAS, 2009).

Em locais com temperaturas elevadas, ocorre o aumento da difusão e evaporação do plastificante, conseqüentemente as perdas ocorrem através da volatilidade, solubilidade, extração e efeitos de migração (MERSIOWSKY, WELLER, EJLERTSSON, 2001, p. 3064).

A degradação química e biológica na superfície de materiais pode ocorrer de acordo com suas propriedades, das condições físicas, químicas e ambientais do local onde o polímero está inserido (MERSIOWSKY, WELLER, EJLERTSSON, 2001, p. 3064).

Alguns tipos de degradação ocorrem de forma simultânea de acordo com o processamento do material e exposição ao ambiente de trabalho (MOTHÉ, DIAS, 2009).

3.4 Propriedades químicas dos polímeros

3.4.1 Resistência à Oxidação

Para polímeros possuírem resistência a oxidação é necessária que contenham macromoléculas, ou seja, apenas ligações simples entre átomos de carbono, por exemplo em polietileno e polipropileno. Quando há presença de dupla ligação entre átomos de carbono (denominados polímeros insaturados), em especial em borrachas, pode ocorrer através de tais insaturações a quebra da cadeia molecular, afetando a resistência mecânica do material (MANNO, 1991, p.60).

3.4.2 Resistência à Radiação Ultravioleta

As estruturas insaturadas moleculares apresentam baixa resistência à exposição solar, gerando facilmente radicais livres. Podendo gerar fissuras e rachaduras em materiais de baixa densidade se expostos à luz do dia muito prolongado. Ainda eventualmente devido a formação de ligações cruzadas ocorre a modificação das propriedades mecânicas pelo enrijecimento do material (MANNO, 1991, p.61).

3.4.3 Resistência à Água

Para avaliação da resistência à água de polímeros analisa a absorção de umidade que tal material sofre. Polímeros que apresentam alta absorção de água não é recomendado o uso

em atividades que necessitam de precisão, pois ao absorver a umidade este aumenta de tamanho, consequentemente aumentando seu peso e também pode ocorrer micro fraturas na superfície. Quando um polímero apresenta grupos de moléculas capazes de formar pontes de hidrogênio a absorção da água é feita com mais facilidade. Por exemplo, peças de nylon, celulose, madeira (MANNO, 1991, p.62).

3.4.4 Inflamabilidade

Quando o polímero orgânico sofre aquecimento, este sofre modificações físicas e químicas gerando produtos voláteis. Devido a composição química presente nos polímeros pode ser facilitada ou não sua decomposição. Em vista disso, polímeros termorrígidos apresentam resistência maior em gerar combustão, sendo assim tais tipos poliméricos são utilizados na confecção para uso elétrico. Polímeros que apresentam anéis aromáticos e sem a presença de cadeias parafínicas, ocorre o retardamento da propagação da inflamabilidade do material (MANNO, 1991, p.64).

3.4.5 Morfologia

Nesse estado as cadeias poliméricas estão de forma aleatória e desordenada. Enquanto que em estruturas cristalinas suas cadeias poliméricas são altamente regulares, onde cada cristalino é resultado de linhas dobradas das cadeias. Suas propriedades alteram quando um material é cristalinizado, devido ao empacotamento das moléculas, gerando características típicas como rigidez, baixa fricção, dureza, resistência a quebras. Materiais cristalinos são sempre opacos (BORRELLY, 2002).

3.5 Classificação dos polímeros

3.5.1 Termoplásticos

São formados estes polímeros por cadeias moleculares longas com ligações fracas de Van der Waals. Quando o material é aquecido, as forças moleculares das ligações se enfraquecem se tornando maleável, após o resfriamento se solidifica novamente. Exemplos de termoplásticos: polietileno, PVC, poliamida (nylon), poliacetal, polipropileno e policarbonato (BORRELLY, 2002).

3.5.2 Termofixos

São formados através de duas etapas, sendo a primeira as cadeias longas, com condições reativas. Quando está ocorrendo a moldagem sob pressão e calor, ocorre o segundo estágio da reação de formação da cadeia chamado “crosslinking” (ligações cruzadas entre as cadeias) (BORRELLY, 2002).

Após ser resfriado, este tipo de polímero não é possível amolecer novamente, devido a estrutura fixa e reticulada formada. Exemplo de termofixos: fenol- formaldeído, resinas epoxy, melamina-formaldeído (BORRELLY, 2002).

3.5.3 Elastômeros

Elastômeros são polímeros conhecidos como borrachas, onde possuem cadeias longas com alta flexibilidade para sofrer grandes deformações. As cadeias são presas por meio da vulcanização (reação entre duplas ligações de uma cadeia polimérica com a outra), de um jeito similar às ligações dos polímeros termofixos, dificultando o escorregamento das cadeias, porém permitindo a maleabilidade das mesmas. É possível obter elastômeros a partir de polímeros termoplásticos, mantendo as características de flexibilidade e moldagem (BORRELLY, 2002).

3.6 Polímeros na engenharia

A demanda por materiais poliméricos nas aplicações em engenharia cresceu, devido a maior procura em materiais que apresentam melhores propriedades sejam físicas, químicas e resistência térmica (KILIARIS; PAPASPYRIDES, 2010).

Na substituição dos polímeros dos produtos convencionais, sendo aços, ferros, deve-se levar em consideração diversos fatores de utilização do tipo da peça que irá ser exigida. Devendo analisar os polímeros quais características podem se encaixar para desempenhar tais funções desejadas (CARVALHO, 2011).

Na área de construção civil a procura por materiais poliméricos tem aumentado cada vez mais, devido às características que os polímeros possuem, como resistência à corrosão, formas que podem possuir, baixa condutividade térmica, redução nos custos das obras (KÖHLER-HAMMER; KNIPPERS; HAMMER, 2016).

Para tal é necessária análise em materiais poliméricos que tenham bons níveis de inflamabilidade. Isto faz com que haja limitações na utilização de polímeros em construções civis (BARBOSA, 2013). A resistência dos materiais poliméricos quanto a exposição à radiação

solar, umidade, oxigênio são fatores determinantes para tal uso devido ao envelhecimento natural que irá ocorrer (VASCONCELOS et al, 2020; LUCAS et al, 2008).

Existem diversas áreas em polímeros que podem ser usados em construções prediais, o PVC por exemplo, pode ser utilizado em instalações hidráulicas, para manuseio de água em temperatura ambiente, na utilização em instalações elétricas utilizado para passagem de fios e cabos nas paredes, perfis de esquadrias (HIPOLITO; HIPOLITO; LOPES, 2013).

Além disso, o setor automobilístico está aderindo cada vez mais a utilização de polímeros na produção de peças para seus veículos. Podendo ser empregados na fabricação de para-choques, airbags. De acordo com as propriedades, sendo boa durabilidade, flexibilidade, possuir baixo custo, com o polipropileno produz peças sendo caixas de bateria, corpo filtro de ar, porta luvas (HEMAIS, 2003, p. 109-111).

Preocupados com os descartes de materiais e ter um maior aproveitamento das matérias primas, são comercializados polímeros recicláveis sendo Polietileno Tereftalato (PET), por ser características de material resistente e leve, este é empregado em diversos setores da engenharia, como na produção de embalagens para bebidas carbonatada e embalagens para de cosméticos, têxtil (PASSATORE, 2013).

3.6.1 Acrinolitrina, Butadieno e Estireno (ABS)

O ABS é um dos materiais mais utilizados pelas indústrias, principalmente automotiva, devido a suas propriedades. É constituído por uma fase elastômera possuindo uma excelente tenacidade, estabilidade dimensional, resistência ao impacto, ocorre com relativa facilidade, efeitos de hidrogenação, nitração e sulfonação (SANCHEZ, et al., 1999, p. 118; LANDI, 2003).

No ramo automotivo é empregado o ABS para painéis de instrumentos, suportes de lâmpadas, revestimento de colunas, além de maçanetas e suportes de espelho. Este possui uma temperatura de distorção em torno de 80 a 110 °C (SANCHEZ, et al., 1999, p. 1160).

É empregado o uso do ABS também para fabricação de maçanetas, portas de geladeiras, carcaça de eletrodomésticos (batedeira, telefone, porta forno microondas, gabinetes de computadores (LANDI, 2003).

Um dos efeitos que degrada mais os materiais orgânicos é a fotoxidação, onde pode reduzir drasticamente a vida útil do polímero causando modificações em sua estrutura química irreversíveis, podendo alterar cor, resistência, fazendo que suas propriedades sejam afetadas e não tenha o desempenho que foi designada (SANCHEZ, et al., 1999, p. 117).

No ABS está presente em sua matriz copolímero de estireno e acrilonitrila (SAN) e um elastômero, onde aumentando a concentração é possível melhorar as propriedades térmicas e químicas resultantes. Comercialmente a acrilonitrila gira em torno de 20 a 30% de sua composição na matriz. Por ser um polímero amorfo tem baixa contração durante o resfriamento no molde. As principais propriedades do ABS são a resistência química alta (depende da concentração de acrilonitrila), alta rigidez, resistência à corrosão, resistência ao impacto, boa dureza e boas propriedades dielétricas (LANDI, 2003; HEMAIS, 2003, p. 112).

Em média o ABS é resistente à água, soluções alcalinas, soluções salinas, mas ocorre ataque químico entrar em contato com hidrocarbonetos aromáticos, acetona, éteres (LANDI, 2003).

3.6.2 Policarbonato

É um termoplástico constituído de longas cadeias lineares poliésteres de ácido carbônico e fenóis. Normalmente é produzido policarbonato por meio de injeção e extrusão de chapas, mas também pode ser realizado moldado em sopro. É caracterizado por possuir excelentes resistências ao impacto, a altas temperaturas, boa estabilidade dimensional térmica, resistente aos raios ultravioletas, boa usinabilidade, boa capacidade de absorção de energia. Sendo assim pode ser empregado para produção de peças técnicas industriais, componentes eletroeletrônicos, óculos de segurança, impressoras, tigelas, escudos de polícia e uso em blindagens (PASSATORE, 2013; REIS, 2014).

A radiação Ultravioleta afeta o comportamento do policarbonato, devido que a radiação atua aumentando a capacidade de deformação. Sendo que quanto maior a exposição maior frágil o policarbonato ficará devido a ação do ultravioleta, onde fragiliza a cadeia moleculares (TURTON; WHITE, 2001).

3.6.3 Polipropileno

É um termoplástico mais importante para diversas implicações, devido suas características ter uma alta rigidez, baixo peso específico, facilidade de reciclagem, alta processabilidade, podendo ser estirado (podendo ser utilizada para fabricação de filmes e fibras). Pode ser classificado como homopolímero, sendo o tipo de polipropileno mais utilizado, possuindo uma limitação por apresentar baixa resistência ao impacto. Além disso, pode ser do tipo copolímero que apresenta maior resistência ao impacto em relação ao homopolímero. (Orefice, R. 2007; Bhering, Barbosa, 2017)

Principais aplicações do polipropileno são, embalagens, rótulos, automobilístico, utilidades domésticas, tecidos, construção civil, seringa de injeção (Orefice, R. 2007).

3.7 Ensaio de envelhecimento natural

Fatores que influenciam no envelhecimento natural são a radiação solar (UV), microrganismos, bactérias, fungos, umidade, oxigênio, água, poluição. As exposições à luz solar são feitas com a face do corpo voltada para a linha do Equador, em ângulo variam de 0° a 90° (normalmente usual 45°). Para determinar o ângulo ideal de acordo pela norma ASTM D1435, ângulo igual da latitude ou latitude menos 10°, visando o maior tempo de exposição solar com maiores incidências de radiação solar (BORRELLY, 2002).

Tempo de exposição ideal é de mínimo um ano, de modo que os resultados tenham melhor caracterização do material em que ele estará inserido. Mas pode-se realizar tempo de exposição menor, porém estes resultados obtidos não significam que é o comportamento do material na situação empregada (ASTM D1435).

4 MATERIAIS E METODOS

4.1 Fabricação das amostras

Os materiais utilizados para os experimentos são o ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), disponibilizado em formato de chapa pela empresa Pigatto Plásticos Para Engenharia e o Policarbonato e Polipropileno, que foram adquiridos em formato de chapa junto à empresa Peage Plásticos Para Engenharia. Os corpos de prova foram produzidos, conforme Fotografia 1, e destinados às cidades de exposição pela empresa EWC Equipamentos Industriais utilizando uma Fresadora CNC M-5 Travis com o sistema operacional Fagor, resultando em 48 amostras de cada material com suas dimensões de acordo com a norma ASTM D638 (2014), norma esta que também denomina os testes a serem executados, velocidade do procedimento e quantidade mínima de corpos de prova.

Fotografia 1 - Produção dos corpos de prova



Fonte: EWC Equipamentos Industriais (2021)

4.2 Exposição ao envelhecimento

Os materiais poliméricos estudados foram expostos ao envelhecimento natural seguindo a norma técnica ASTM D1435, com mapeamento das condições climáticas em duas regiões distintas no estado do Paraná entre os meses de fevereiro a maio de 2022, para que seja possível avaliar se o envelhecimento em exposições ultravioletas afetará o comportamento mecânico de cada composto polimérico dependendo do seu tempo de exposição e sua localização.

Um dos locais utilizados para a exposição foi a cidade de Cascavel, pertencente à região Oeste do Paraná, conforme Fotografia 2, cujas coordenadas geográficas são a latitude de 24° 53 'S e longitude 53° 23' W. Com bioma composto pela Mata Atlântica, clima predominante subtropical, com verão quente e altitude de 780 m acima do nível do mar. Possui temperatura de janeiro a março variando de 19°C a 28°C, com precipitação entre 110 a 200 mm e no período de abril a junho apresenta temperatura entre 13,5 °C a 23°C com precipitação entre 92 a 182 mm (IBGE, 2021; EMBRAPA, 2021; SIMEPAR, 2021)

Fotografia 2 - Exposição ao envelhecimento em Cascavel/PR



Fonte: Autoria própria (2022)

A outra cidade utilizada é Jaguariaíva, localizada na região Campos Gerais, conforme Fotografia 3, cujas coordenadas geográficas são a latitude de 24° 14' 16" S e longitude 49° 43' 21" W. Com bioma constituído pelo Cerrado e Mata Atlântica. Com clima predominante de temperado úmido, com verão quente, altitude de 840 m acima do nível do mar. Possui temperatura de janeiro a março variando de 16°C a 26,5°C, com precipitação entre 120 a 205 mm e no período de abril a junho apresenta temperatura entre 11°C a 21°C e precipitação entre 80 a 155 mm (IBGE, 2021; EMBRAPA, 2021; SIMEPAR, 2021)

Fotografia 3 - Exposição ao envelhecimento em Jaguariaíva/PR



Fonte: Autoria própria (2022)

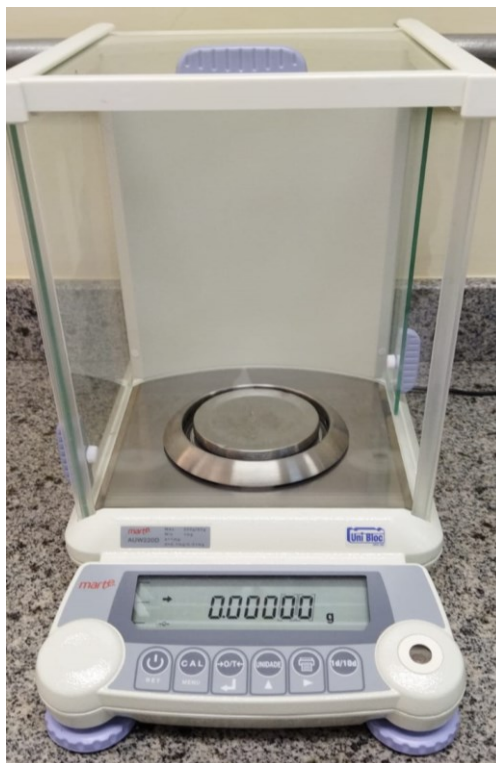
Em suas respectivas cidades os corpos de prova foram expostos em um ângulo de 45° com a horizontal, pelos períodos de zero, 30, 60 e 90 dias. Para análise dos ambientes em que foram expostos os corpos de prova, foi anotado diariamente a variação do ambiente de exposição coletando dados de umidade, temperatura (em °C), índice de UV e quantidade de chuva (em mm), recolhidos diariamente através do site da SIMEPAR e tiveram seus valores comparados com o aplicativo meteored. Após cada período, 6 corpos de provas de cada material foram retirados da exposição, embalados e enviados à cidade de Ponta Grossa, Paraná, onde foram realizados os ensaios de tração, perda de massa e aspecto visual.

4.3 Aspecto Visual

Para a análise das alterações no aspecto visual dos corpos de prova de acordo com cada período de exposição, foram analisados os conjuntos após a retirada dos mesmos e avaliado a olho nu.

4.4 Perda de massa

Para que fosse possível avaliar se ocorreu perda de massa nos corpos de prova de acordo com o tempo de exposição e o ambiente em que estava inserido, foi utilizado uma balança digital de precisão da marca marte, modelo AUW220D, conforme Fotografia 4, com cinco dígitos de precisão, que se encontra no Laboratório de Caracterização de Materiais, situado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no Campus de Ponta Grossa. Para realização das medições, cada corpo de prova foi inserido individualmente na bandeja da balança, as portas inseridas ao redor da bandeja foram fechadas para que não ocorresse interferência do meio externo e a partir do momento que ocorria a estabilidade dos valores, este seria anotado para que fosse possível fazer uma comparação posterior.

Fotografia 4 - Balança digital de precisão UTFPR

Fonte: Autoria própria (2022)

4.5 Ensaio de tração

A avaliação do desempenho mecânico dos materiais estudados por meio da resistência à tração foi realizada no laboratório de ensaios destrutivos que está situado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), no Campus Ponta Grossa, através de uma máquina universal de ensaios mecânicos da marca EMIC, modelo DL10000, conforme Fotografia 5, a temperatura ambiente para que não houvesse a influência da temperatura e consequentemente erros de análise.

Para o desenvolvimento do ensaio foi utilizada a norma ASTM D 638 que estipula a utilização da velocidade de ensaio de 5mm/min e aplica ao ensaio quatro corpos de prova, deixando outros dois para contra prova. Cada corpo de prova foi inserido a máquina individualmente e em um primeiro momento suas extremidades foram presas as garras de fixação para testes, posteriormente foi conferido o alinhamento para que gerasse o mínimo de erro possível. A partir do momento em que a máquina iniciou o alongamento do corpo de prova a uma taxa constante, o mesmo se deformou até sua ruptura, gerando então um gráfico de tensão-deformação para cada conjunto de corpos de prova utilizados.

Fotografia 5 - Máquina universal de ensaios mecânicos

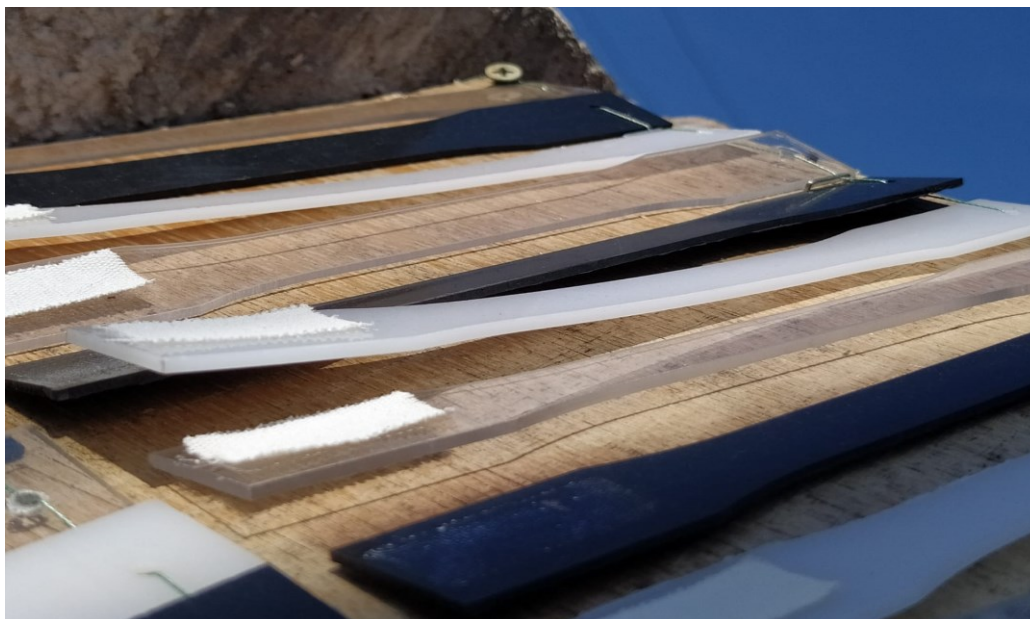


Fonte: Autoria própria (2022)

5 RESULTADOS

Após os determinados períodos de exposição dos corpos de prova ao tempo ambiente, observou-se que alguns corpos de prova, principalmente de polipropileno, apresentaram empenamentos, conforme Fotografia 6, em ambas as cidades de exposição. Na cidade de Cascavel, Paraná, os corpos de prova ficaram expostos à radiação ultravioleta em média por 7 horas. Enquanto que na cidade de Jaguariaíva, Paraná, os corpos de prova ficaram em média expostos por 9 horas.

Fotografia 6 - Amostra empenamento polipropileno em exposição



Fonte: Autorial própria (2022)

Nas Tabelas 1 e 2 apresenta-se os valores acumulados mensalmente e total, além disso no anexo A mostrasse os valores detalhados semanalmente, em Cascavel e Jaguariaíva, respectivamente.

Tabela 1 - Dados mensais das variáveis em Cascavel

Cascavel				
Mês	Chuva Acumulada (mm)	Temperatura Média (°C)	Índice UV	Umidade
Março	184,9	26,0	9,5	67%
Abril	124,8	23,7	7,4	67%
Mai	143,8	19,6	5,2	65%
Total	453,5	23,1	7,4	66%

Fonte: SIMEPAR e Meteored (2022)

Tabela 2 - Dados mensais das variáveis em Jaguariaíva

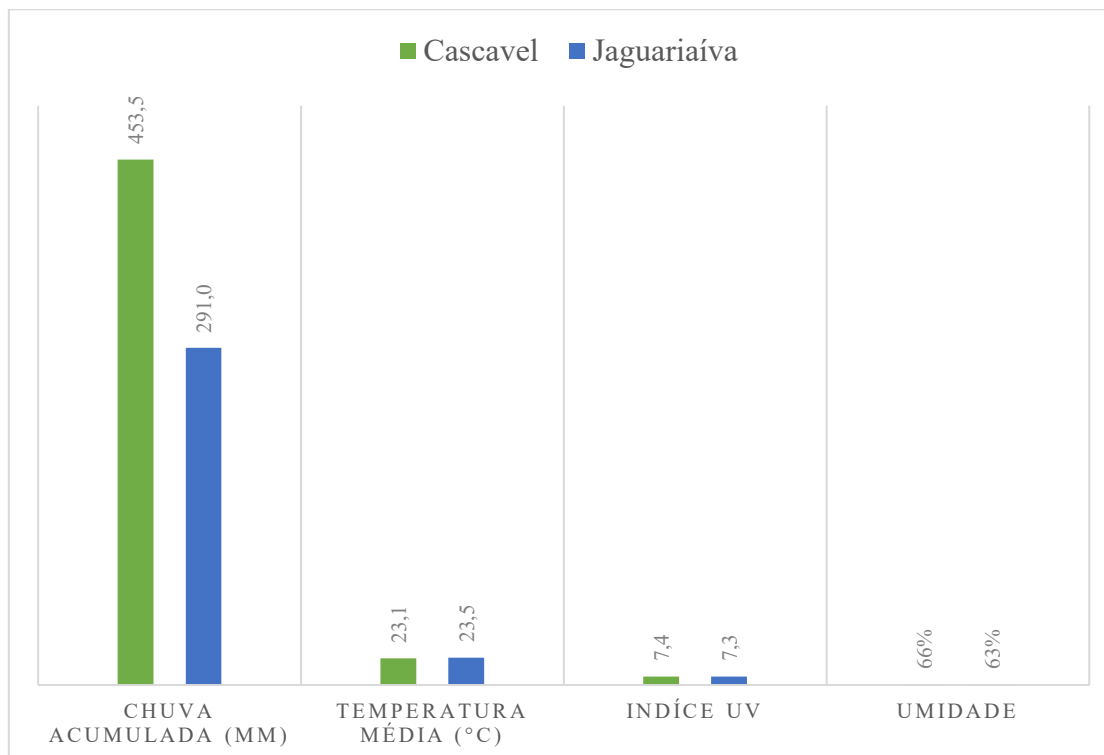
Jaguariaíva				
Mês	Chuva Acumulada (mm)	Temperatura Média (°C)	Índice UV	Umidade
Março	142,7	25,9	8,8	67%
Abril	63,1	23,6	7,1	64%
Mai	85,2	21,0	5,9	57%

Total	291,0	23,5	7,3	63%
--------------	-------	------	-----	-----

Fonte: SIMEPAR e Meteored (2022)

No Gráfico 1 tem-se os valores totais comparativos entre as cidades durante os 90 dias de exposição.

Gráfico 1 - Dados totais de exposição



Fonte: SIMEPAR e Meteored (2022)

A partir dos dados, observa-se que Cascavel teve maior concentração de chuva em relação a Jaguariaíva. Enquanto os outros dados analisados se mantiveram muito próximos entre si. Em vista disso, percebe-se os resultados acima terão um impacto nos corpos de prova.

Com auxílio da balança de precisão determinou-se se ocorreu perda de massa com pesagem de cada material. Alguns dados de massa apresentados obtiveram divergência entre si, podendo ser consequência a composição da chapa em que foi cortado o material, pelo processo de degradação a exposição ou que material obteve um acúmulo de umidade ou resíduos (sujeiras) do ambiente que podem ter sido precipitados durante as chuvas, em vista que ao tato os corpos de prova tiveram um aspecto pouco áspero. Conforme Tabela 3, e anexo B apresenta-se dados obtidos das pesagens dos corpos de provas de policarbonato e relação perda de massa de cada corpo de prova, respectivamente.

Tabela 3 - Dados referentes a variação de massa (em g) de Policarbonato

Cascavel					Jaguariaíva				
Corpo de prova	0 dias	30 dias	60 dias	90 dias	Corpo de prova	0 dias	30 dias	60 dias	90 dias
1	6,0974	6,0052	6,0042	6,0618	1	6,0811	6,0815	6,0085	6,0990
2	6,0988	6,0106	6,0047	6,0821	2	6,0828	6,0855	6,0469	6,1104
3	6,1014	6,1035	6,0660	6,1104	3	6,0964	6,1022	6,0497	6,1275
4	6,1015	6,1044	6,0867	6,2012	4	6,1157	6,1068	6,0765	6,1027
5	6,1036	6,1245	6,0993	6,2022	5	6,1403	6,1313	6,0824	6,1363
6	6,1587	6,1763	6,1716	6,2462	6	6,1916	6,1416	6,1048	5,9976

Fonte: Autoria própria (2022)

Na Tabela 4 apresenta-se os dados da pesagem dos corpos de prova do polipropileno

Tabela 4 - Dados referentes a variação de massa (em g) do Polipropileno

Cascavel					Jaguariaíva				
Corpo de prova	0 dias	30 dias	60 dias	90 dias	Corpo de prova	0 dias	30 dias	60 dias	90 dias
1	4,8182	4,7868	4,7703	4,9995	1	4,7790	4,7758	4,7942	4,8334
2	4,8466	4,7900	4,8831	4,9857	2	4,7962	4,8578	4,8151	4,8521
3	4,8529	4,8935	4,8062	4,8643	3	4,9118	4,8701	4,8970	4,8164
4	4,8837	4,9137	4,8366	4,8560	4	4,9188	4,9287	4,9061	4,8393
5	4,9052	4,9334	4,8171	4,9974	5	4,9254	4,9530	4,9602	4,8913
6	4,9244	4,9338	4,7697	4,8899	6	4,9772	4,9559	5,0085	4,9769

Fonte: Autoria própria (2022)

Na Tabela 5 apresenta-se os dados da pesagem dos corpos de prova do ABS.

Tabela 5 - Dados referentes a variação de massa (em g) do ABS

Cascavel					Jaguariaíva				
Corpo de prova	0 dias	30 dias	60 dias	90 dias	Corpo de prova	0 dias	30 dias	60 dias	90 dias
1	3,9177	3,8993	3,8324	4,1532	1	3,8948	3,9463	3,9005	3,9013
2	3,9299	3,9221	4,0170	4,1806	2	3,9031	3,9628	3,9229	3,9477
3	3,9455	3,9780	4,0465	4,1311	3	3,9330	3,9638	3,9421	3,9784
4	4,0504	4,0556	4,0640	4,1797	4	3,9616	3,9781	3,9634	3,9310
5	4,0653	4,0667	4,0696	4,1890	5	3,9817	3,9871	4,0592	4,0000
6	4,0708	4,0727	4,0942	4,0441	6	3,9908	3,9900	4,0799	3,9752

Fonte: Autoria própria (2022)

Com o ensaio de tração obteve-se dados de tensão máxima e como cada material se comporta em cada estágio de exposição. Tem-se uma comparação do que a composição

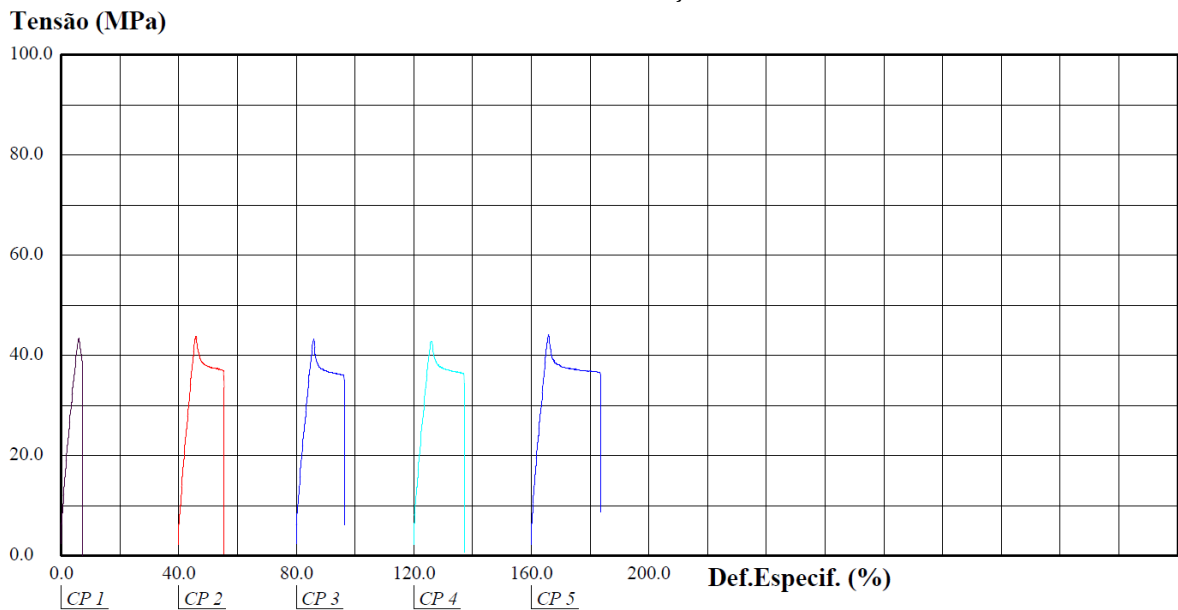
ambiental afeta ou não as propriedades físicas de cada material. Na Tabela 6 e Gráfico 2, apresenta-se dados referentes ao ABS de referência e gráfico tensão-deformação.

Tabela 6 - Dados ensaios tração ABS referência

ABS Referência			
Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)
1	19,41	43,6	7,41
2	22,85	43,9	15,52
3	21,93	43,2	16,46
4	18,53	42,9	17,30
5	21,08	44,3	23,76
Média	20,76	43,58	16,09
Desv. Padrão	1,777	0,554	5,833

Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

Gráfico 2 - Curva tensão x deformação ABS referência



Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

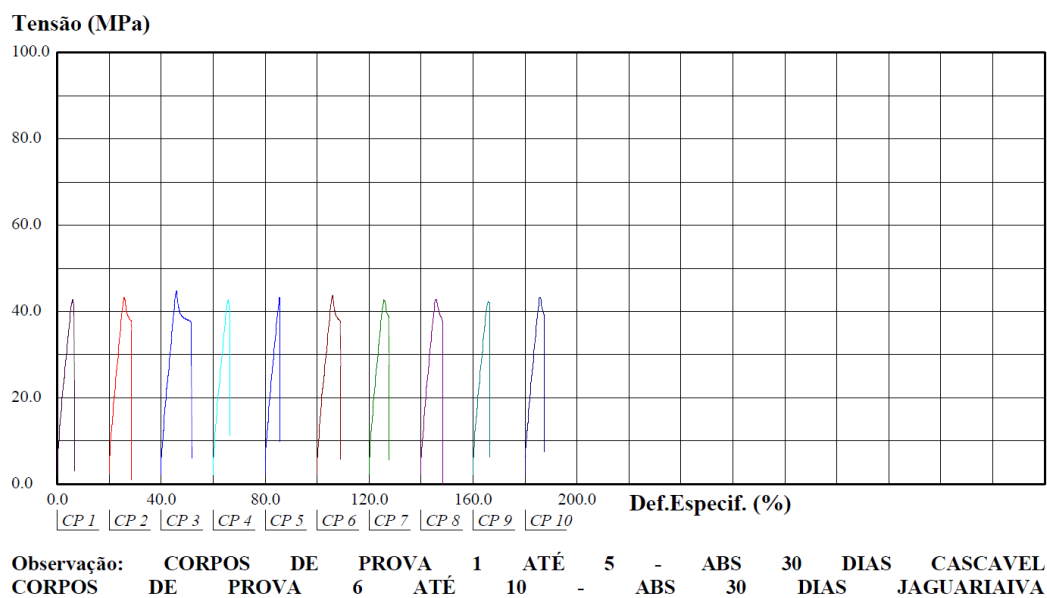
Na Tabela 7 e Gráfico 3, dados referentes ao ABS com corpos de provas expostos durante 30 dias.

Tabela 7 - Dados ensaios tração ABS 30 dias

Cascavel				Jaguariaíva			
Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)	Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)
1	19,71	42,7	6,6	6	20,75	43,8	9,15
2	24,04	43,4	8,66	7	22,14	42,7	7,74
3	25,69	44,9	11,8	8	21,66	42,9	8,33
4	21,28	42,7	6,47	9	19,82	42,4	6,52
5	20,59	43,2	5,77	10	28,14	43,4	7,64
Média	22,262	43,38	7,86	Média	22,502	43,04	7,876
Desv. Padrão	2,509	0,904	2,452	Desv. Padrão	3,275	0,559	0,967

Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

Gráfico 3 - Curva tensão x deformação ABS 30 dias



Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

Na Tabela 8 e Gráfico 4, dados referentes ao ABS com corpos de provas expostos durante 60 dias.

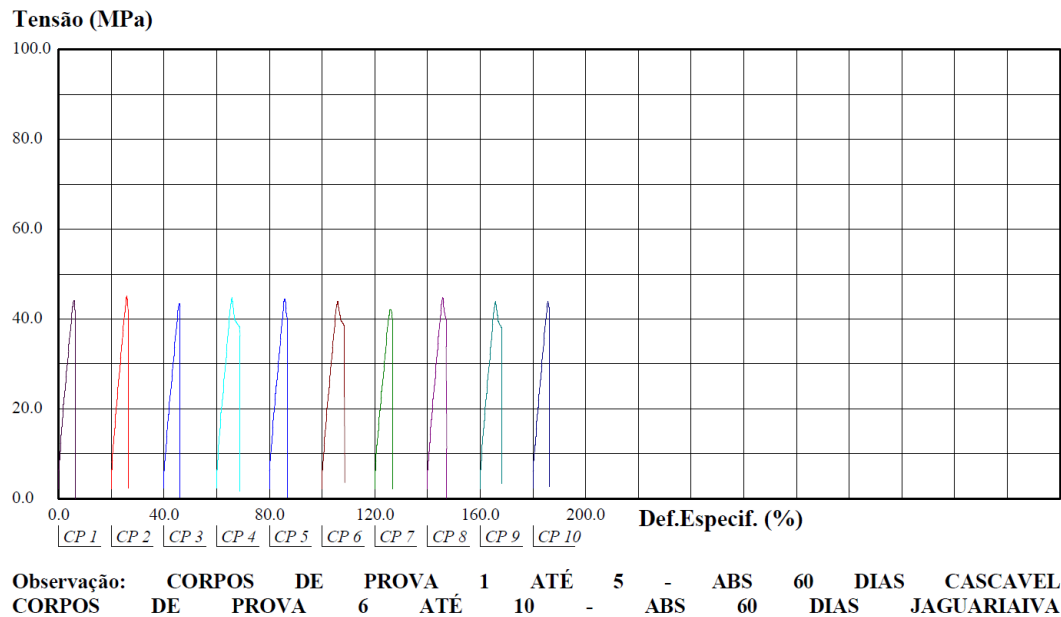
Tabela 8 - Dados ensaios tração ABS 60 dias

Cascavel				Jaguariaíva			
Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)	Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)
1	21,19	44,3	6,52	6	17,5	43,9	8,63
2	18,39	45,1	6,41	7	16,86	42,2	6,93

3	18,85	43,6	6,25	8	19,59	44,9	7,28
4	29,27	44,9	8,89	9	29,7	43,9	8,38
5	19,98	44,4	6,96	10	18,58	43,9	6,23
Média	21,536	44,46	7,006	Média	20,446	43,76	7,49
Desv. Padrão	4,457	0,586	1,086	Desv. Padrão	5,277	0,974	1,005

Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

Gráfico 4 - Curva tensão x deformação ABS 60 dias



Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

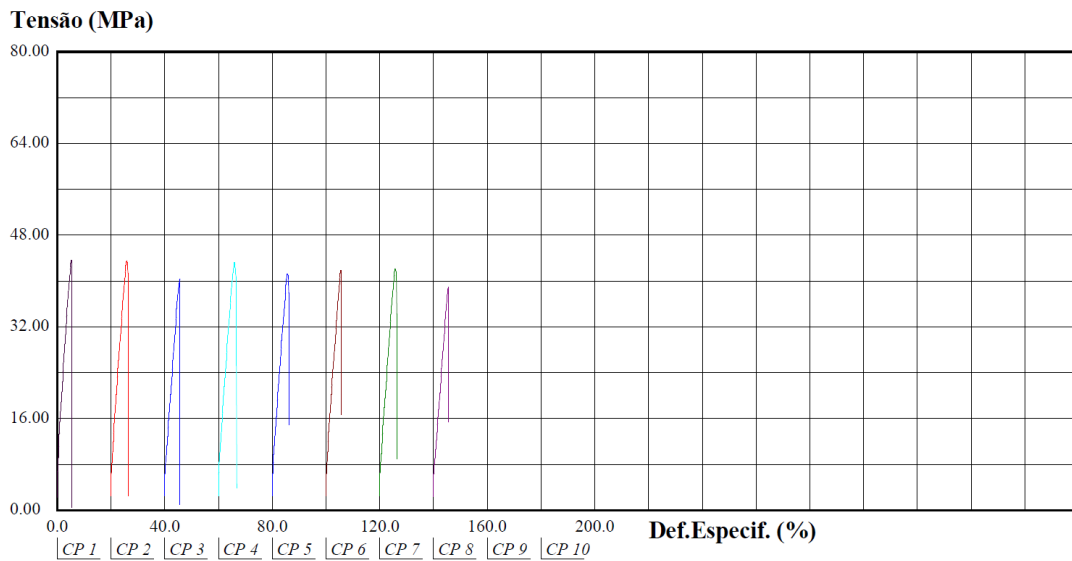
Na Tabela 9 e Gráfico 5, dados referentes ao ABS com corpos de provas expostos durante 90 dias.

Tabela 9 - Dados ensaios tração ABS 90 dias

Corpo de Prova	Cascavel			Jaguariaíva			
	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)	Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)
1	20,01	43,7	5,57	5	15,55	41,2	6,16
2	25,14	43,6	6,41	6	18,3	41,9	5,85
3	12,75	40,3	5,85	7	15,89	42,2	6,42
4	15,44	43,2	6,8	8	15,16	39,0	5,64
Média	18,335	42,7	6,1575	Média	16,225	41,075	6,0175
Desv. Padrão	5,437	1,615	0,553	Desv. Padrão	1,415	1,445	0,343

Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

Gráfico 5 - Curva tensão x deformação ABS 90 dias



Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

A partir dos dados apresentados o material ABS apresenta ductilidade em sua característica, porém quando exposto ao ambiente reduz sua ductilidade tornando o material frágil de acordo com o aumento no período de exposição.

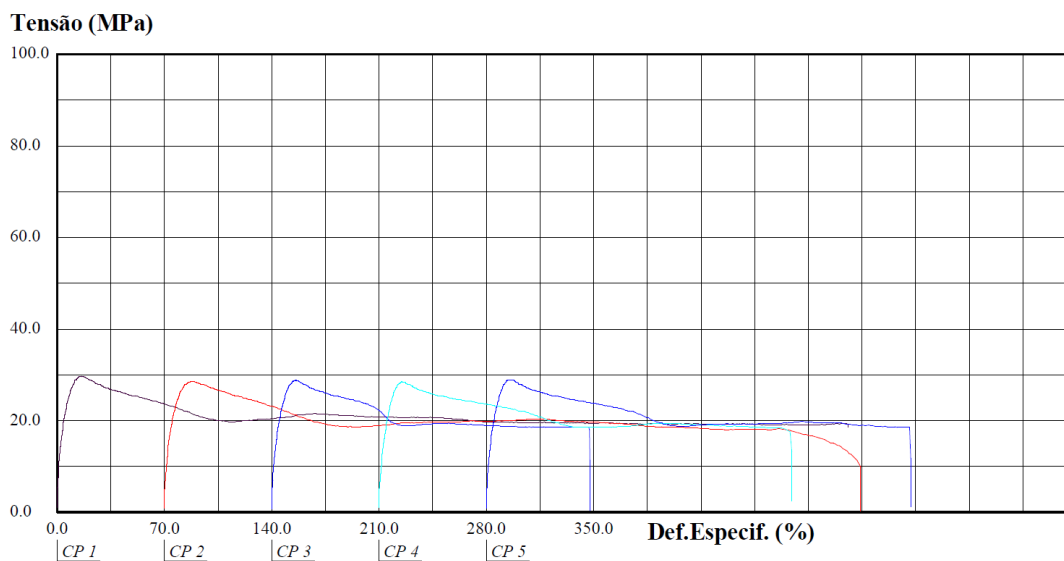
Em sequência apresenta-se na Tabela 10 e Gráfico 6, dados referentes ao polipropileno de referência.

Tabela 10 - Dados ensaios tração polipropileno referência

Polipropileno referência			
Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)
1	11,94	29,8	-
2	12,59	28,6	441,87
3	9,02	28,8	207,6
4	8,3	28,6	269
5	11,63	29,1	276,6
Média	10,696	28,98	298,768
Desv. Padrão	1,908	0,502	100,279

Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

Gráfico 6 - Curva tensão x deformação polipropileno referência



Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

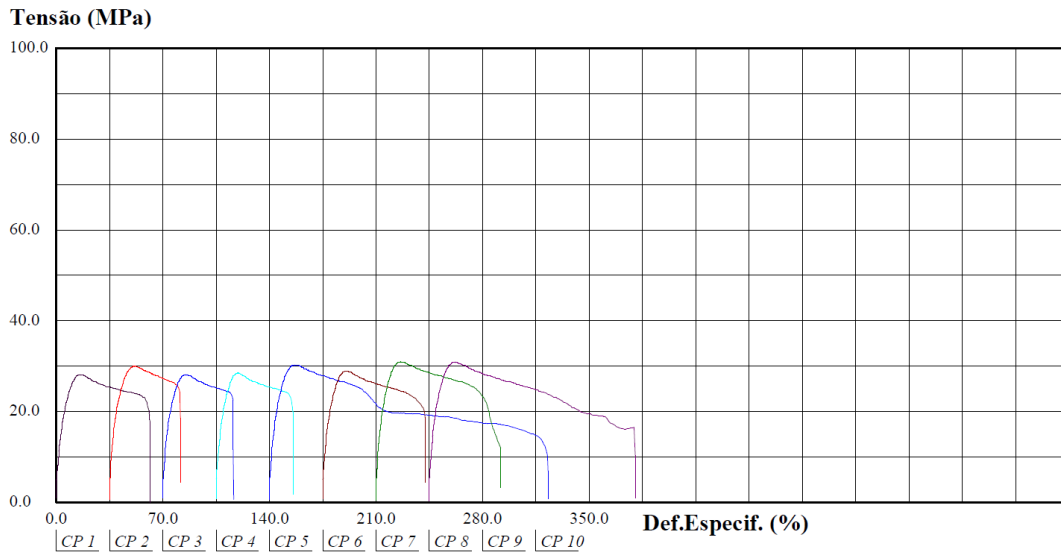
Na Tabela 11 e Gráfico 7, dados referentes ao polipropileno com corpos de provas expostos durante 30 dias.

Tabela 11 - Dados ensaios tração polipropileno 30 dias

Cascavel				Jaguariaíva			
Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)	Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)
1	7,72	28,2	61,79	5	10,86	30,4	172,16
2	9,75	30	46,55	6	10,51	28,9	67,29
3	9,71	28,2	46,48	7	13,06	31,1	77,99
4	9,39	28,6	50,83	8	13,23	31	134,69
Média	9,1425	28,75	51,4125	Média	11,915	31	113,033
Desv. Padrão	0,962	0,854	7,211	Desv. Padrão	1,429	1,015	49,280

Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

Gráfico 7 - Curva tensão x deformação polipropileno 30 dias



Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

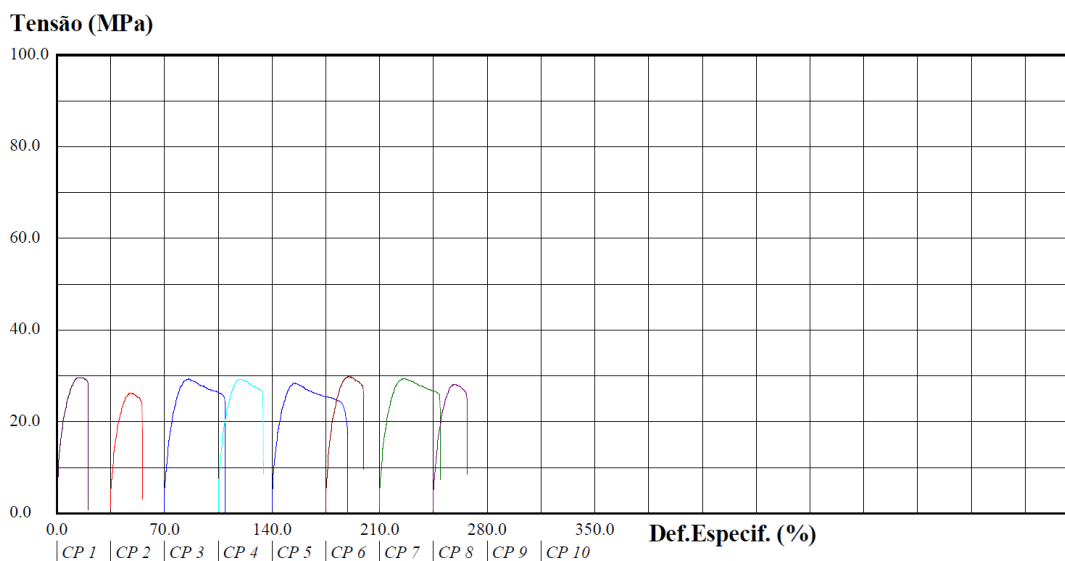
Na Tabela 12 e Gráfico 8, dados referentes ao polipropileno com corpos de provas expostos durante 60 dias.

Tabela 12 - Dados ensaios tração polipropileno 60 dias

Cascavel				Jaguaruaíva			
Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)	Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)
1	10,65	29,7	20,54	5	9,27	28,5	49,61
2	12,29	26,3	20	6	9,71	29,9	24,69
3	8,29	29,4	70	7	10,01	29,4	39,5
4	9,93	29,3	39,44	8	9,68	28,2	22,25
Média	10,29	28,675	37,495	Média	9,6675	29	34,0125
Desv. Padrão	1,659	1,592	23,480	Desv. Padrão	0,304	0,787	12,893

Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

Gráfico 8 - Curva tensão x deformação polipropileno 60 dias



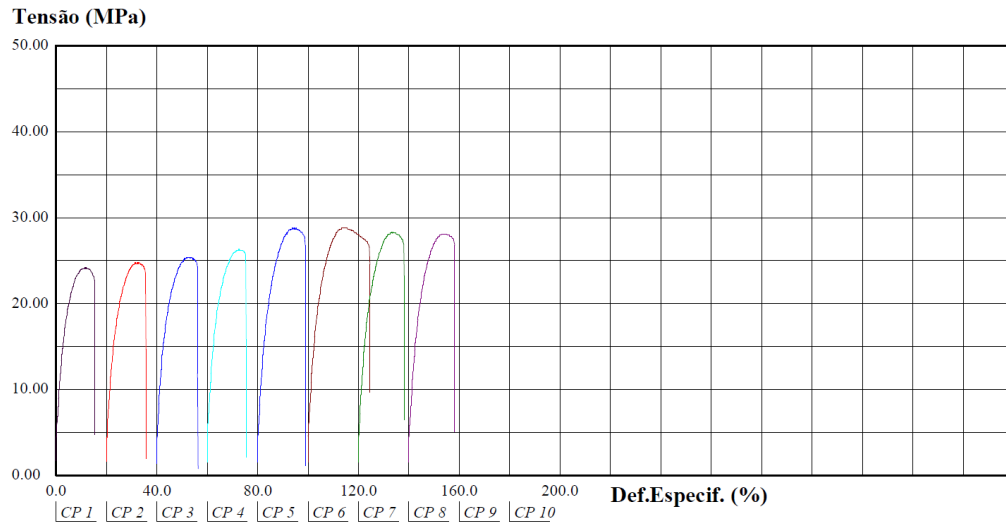
Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

Na Tabela 13 e Gráfico 9, dados referentes ao polipropileno com corpos de provas expostos durante 90 dias.

Tabela 13 - Dados ensaios tração polipropileno 90 dias

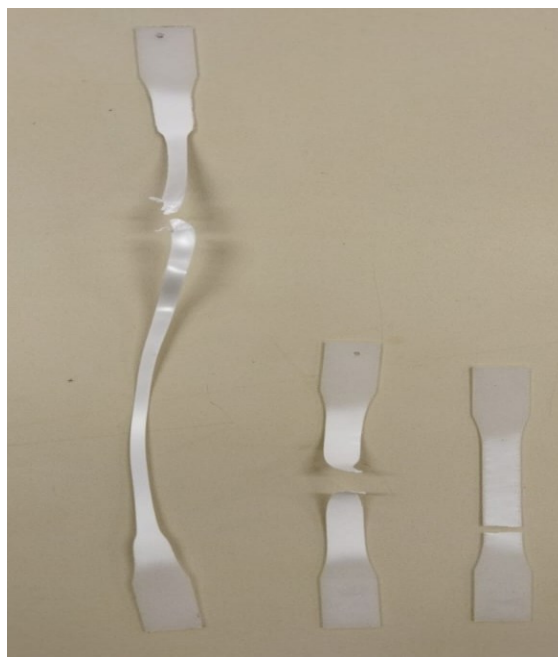
Cascavel				Jaguariaíva			
Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)	Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)
1	11,19	24,3	15,38	5	9,98	28,8	19,0
2	8,9	24,8	15,73	6	12,98	28,8	24,58
3	9,73	25,4	16,35	7	9,69	28,4	18,24
4	10,29	26,3	15,54	8	10,56	28,1	18,31
Média	10,028	25,2	15,75	Média	10,803	28,525	20,033
Desv. Padrão	0,963	0,860	0,425	Desv. Padrão	1,496	0,340	3,051

Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

Gráfico 9 - Curva tensão x deformação polipropileno 90 dias

Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

Além disso, o material polipropileno que tem características de bom alongamento, podendo ser transformado em um filme, ao realizar ensaio de tração os corpos de prova de referência apresentaram bom alongamento, com isso para realização do ensaio teve que aumentar o curso da máquina para conseguir o rompimento do material, porém quanto maior tempo de exposição as características físicas do material foram afetadas drasticamente como visto na Fotografia 7 de modo que material acabou se rompendo de forma frágil.

Fotografia 7 - Ensaio de tração em polipropileno em 0, 30, 60 dias

Fonte: Autoria própria (2022)

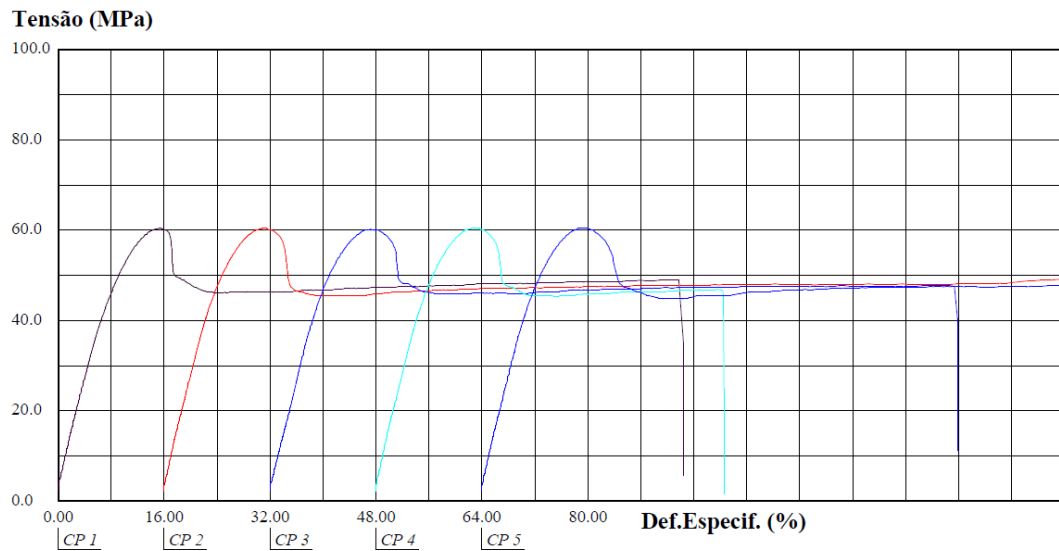
Por fim, apresenta-se na Tabela 14 e Gráfico 10, dados referentes ao policarbonato de referência.

Tabela 14 - Dados ensaios tração policarbonato referência

Policarbonato referência			
Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)
1	25,57	60,5	94,46
2	22,53	60,5	144,97
3	39,33	60,4	163,72
4	21,84	60,6	52,55
5	24,09	60,6	71,89
Média	26,672	60,52	105,518
Desv. Padrão	7,222	0,084	47,441

Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

Gráfico 10 - Curva tensão x deformação policarbonato referência



Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

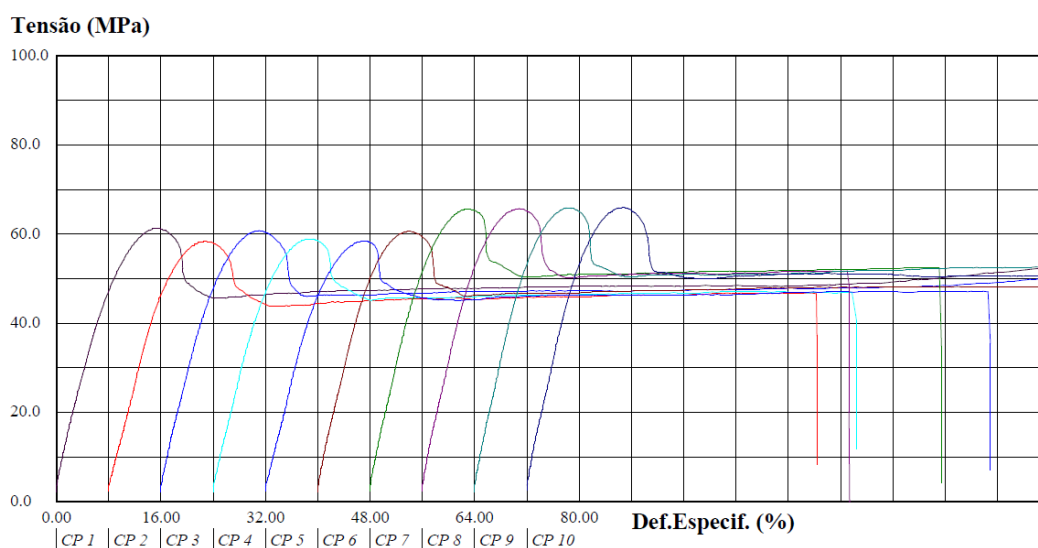
Na Tabela 15 e Gráfico 11, dados referentes ao polipropileno com corpos de provas expostos durante 30 dias.

Tabela 15 - Dados ensaios tração policarbonato 30 dias

Cascavel				Jaguariaíva			
Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)	Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)
1	17,79	61,3	162,55	6	18,5	60,7	167,03
2	17,62	58,5	108,4	7	18,77	65,7	87,52
3	17,24	60,8	149,09	8	19,11	65,8	65,35
4	17,95	59	98,48	9	19,45	65,9	146,96
5	36,96	58,5	110,93	10	18,5	66	119,47
Média	21,512	59,62	125,89	Média	18,866	64,82	117,266
Desv. Padrão	8,640	1,333	28,121	Desv. Padrão	0,412	2,306	41,663

Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

Gráfico 11 - Curva tensão x deformação policarbonato 30 dias



Observação: CORPOS DE PROVA 1 ATÉ 5 - POLICARBONATO 30 DIAS CASCAVEL
CORPOS DE PROVA 6 ATÉ 10 - POLICARBONATO 30 DIAS JAGUARIAIVA

Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

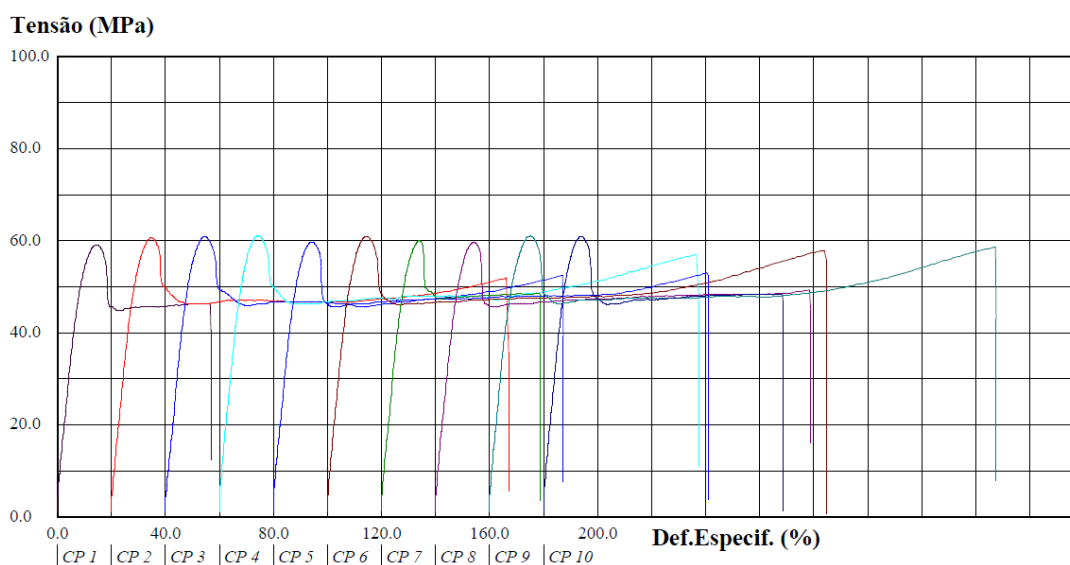
Na Tabela 16 e Gráfico 12, dados referentes ao polipropileno com corpos de provas expostos durante 60 dias.

Tabela 16 - Dados ensaios tração policarbonato 60 dias

Cascavel				Jaguariaíva			
Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)	Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)
1	20,84	59,2	56,83	6	20,16	61	184,87
2	36,84	60,7	147,1	7	19,44	60	58,92
3	40,27	60,9	147,36	8	18	59,8	139,06
4	17,58	61,2	177,54	9	17,89	61,2	187,67
5	19,3	59,8	161,04	10	17,89	60,9	88,81
Média	26,966	60,36	137,974	Média	18,676	60,58	131,866
Desv. Padrão	10,711	0,832	47,046	Desv. Padrão	1,058	0,634	57,337

Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

Gráfico 12 - Curva tensão x deformação policarbonato 60 dias



Observação: CORPOS DE PROVA 1 ATÉ 5 - POLICARBONATO 60 DIAS CASCAVEL
CORPOS DE PROVA 6 ATÉ 10 - POLICARBONATO 60 DIAS JAGUARIAIVA

Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

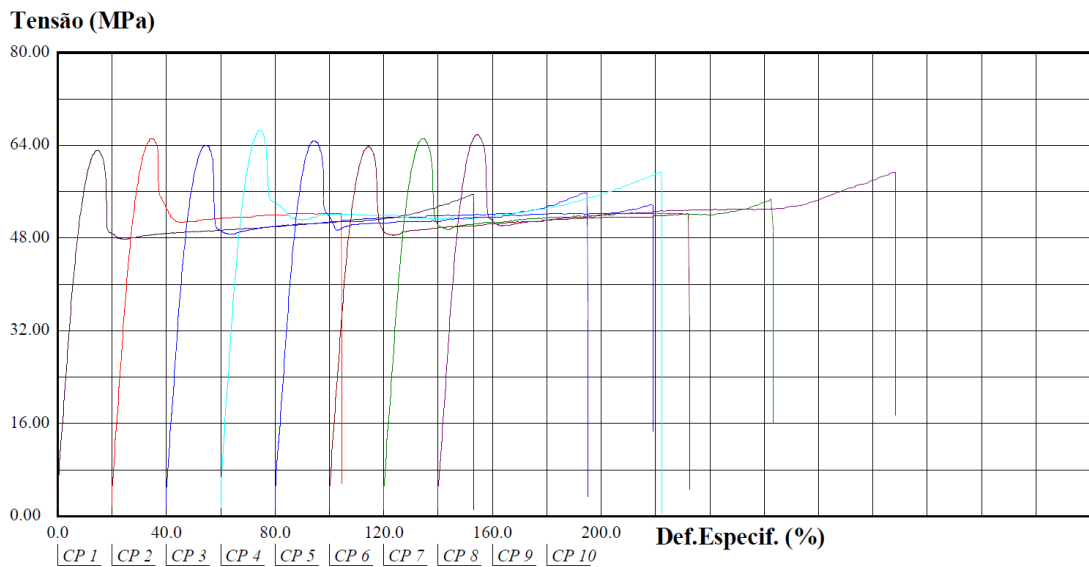
Na Tabela 17 e Gráfico 13, dados referentes ao polipropileno com corpos de provas expostos durante 90 dias.

Tabela 17 - Dados ensaios tração policarbonato 90 dias

Cascavel				Jaguariaíva			
Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)	Corpo de Prova	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Along. Ruptura (%)
1	17,76	63,2	153,28	5	40,13	64,8	139,29
2	19,68	65,2	84,64	6	24,86	63,8	132,66
3	30,3	64,1	155,4	7	18,59	65,1	143,49
4	23,06	66,6	162,4	8	43,38	65,8	168,32
Média	22,7	64,775	138,93	Média	31,74	64,875	145,94
Desv. Padrão	5,520	1,466	36,403	Desv. Padrão	11,918	0,830	15,572

Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

Gráfico 13 - Curva tensão x deformação policarbonato 90 dias

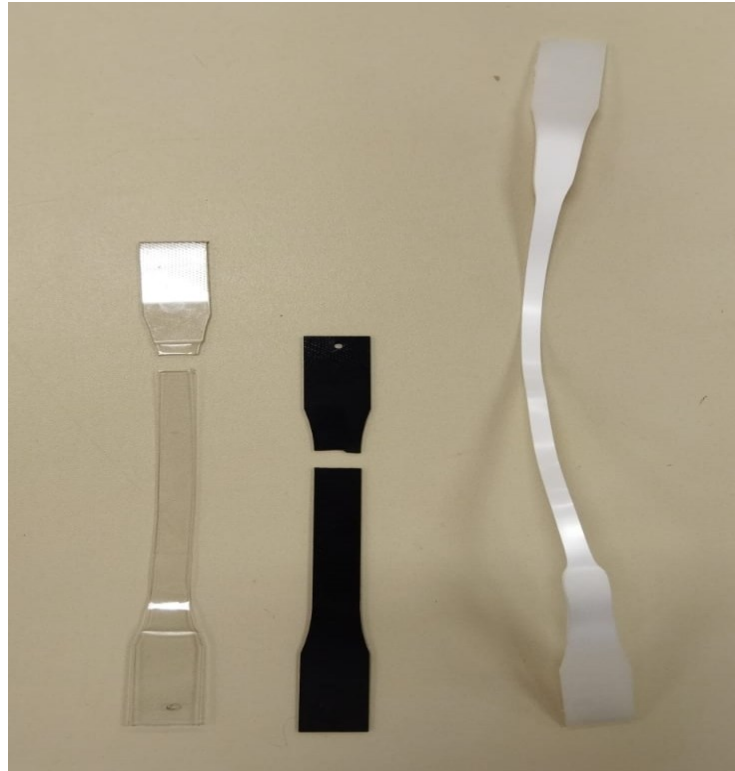


Fonte: Gerado pela máquina tração Emic DL10000 (2022)

Assim, tem-se o policarbonato que apresentou a maior tensão de escoamento, além de bom alongamento na região plástica após atingir a tensão de ruptura. O tempo de exposição não afetou sua tensão, onde ocasionou uma pequena diminuição da região plástica até sua ruptura.

Nas Fotografias 8 e 9 ilustra a perda das suas propriedades físicas, sendo o resultado ensaio de tração nos corpos de prova sem exposição ao ambiente, observa-se que material polipropileno não se rompeu pois chegou em curso máximo da máquina, e após 90 dias, respectivamente.

Fotografia 8 - Corpos de prova após ensaio tração sem exposição ao ambiente



Fonte: Autoria própria (2022)

Fotografia 9 - Ensaio de tração nos corpos de prova com 90 dias de exposição



Fonte: Autoria própria (2022)

As diferenças entre características das cidades apresentaram poucas variações física entre si, levando assim somente à uma variação em seu aspecto visual, onde os corpos de prova expostos na cidade de Jaguariaíva tiveram uma perda significativa maior em sua coloração com relação aos corpos expostos em Cascavel.

6 CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados os corpos de prova expostos em Jaguariaíva obtiveram uma perda em sua coloração significativamente maior com relação aos expostos em Cascavel, isso provavelmente se dê pelo maior período de exposição à UV diário. Em relação ao aspecto físico, o material que apresentou maior variação de comportamento mecânico foi o polipropileno onde alguns corpos de prova apresentaram empenamento em ambos locais de exposição as condições ambientais.

Desse modo, conclui-se que o material não apresentou alterações significativas em suas propriedades físicas foi o policarbonato, além de apresentar maior tensão de escoamento, ao longo do período de exposição obteve apenas uma pequena redução da área entre limite de elástico e plástico. O ABS se mostrou comportamento intermediário dentre os estudados, devido apresentar uma fragilidade ao longo do tempo de exposição, reduzindo sua área plástica sem afetar muito sua tensão de escoamento. Além disso, todos os corpos de prova, em ambas as cidades, obtiveram um aspecto superficial alterado, áspero e opaco, podendo estar relacionados devido chuvas ou acúmulos de partículas.

Com relação as massas dos corpos de prova, obteve-se resultados onde alguns perderam massa considerando os valores de referência. Porém, outros apresentaram ganho de massa, isso pode ser devido a esse acúmulo de partículas aparentemente ocasionada, ao processo de degradação ocorrido ao decorrer da exposição.

A partir do ensaio de tração pode-se determinar que alguns materiais se expostos as condições ambientais como chuva e luz solar, com passar do tempo irão degradar suas propriedades físicas. Assim, é importante que ao projetar um componente, avalie-se suas condições de trabalho, pois, a exposição poderá alterar sua funcionalidade e ocasionar prejuízos e/ou acidentes.

Diante disso, o material que apresentou maior alteração em suas propriedades físicas foi o polipropileno. Sendo caracterizado por pertencer uma longa área plástica sem se deformar ou quebrar, tais resultados mostraram que com a exposição ocorreram alterações completamente bruscas em suas propriedades físicas, sendo quanto maior o tempo de exposição, maiores foram as alterações. Mostrando que este material se tornou extremamente frágil, com isso este não é apropriado ser utilizado em ambientes externos, com condições que se assemelham a condições ambientais, seja umidade e mudanças de temperatura.

Por fim, os ensaios mostraram que a diferença da região em que os corpos de provas estiveram expostos não ocasionaram em alterações físicas significativas entre si, somente em

relação aos seus aspectos visuais, estes resultados podem ter sido gerados pela pouca diferença de condições climáticas entre as regiões Oeste e Campos Gerais do Estado do Paraná.

SUGESTÕES TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros pode-se realizar o ensaio por um período maior de exposição, incluindo mais ensaios para determinação de característica do material, sendo o ensaio de tração, ensaios de dureza e impacto.

REFERÊNCIAS

- ABIPLAST. **ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico**. Disponível em: <<http://www.abiplast.org.br/site/os-plasticos>>. Acesso em: 19 de novembro de 2021.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D1435**: Standard Practice for Outdoor Weathering of Plastics. West Conshohocken, PA. ASTM, 1999.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D638**: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. West Conshohocken, PA. ASTM, 2010.
- ASKELAND, D. R., WRIGH, W. J. **Ciência e engenharia dos materiais**. 3a ed. São Paulo: Learnig, p. 160-164, 2014.
- BATALIOTTI, M. D. **Avaliação da degradação do polipropileno sob múltiplas extrusões com e sem antioxidante**. 2016. 43 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia) – Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Londrina, 2016.
- BRANDALISE, R. N. **Avaliação da degradação biótica e abiótica da mistura polimérica de polietileno de alta densidade com o poli (álcool vinílico)**. 2008. 161 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caxias do Sul, 2008.
- BHERING, V; et al, **Análise experimental do polipropileno em ensaio de tração à diferentes taxas de deformação e temperaturas**. Trabalho conclusão de Curso - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.
- BORRELLY, D.F., **Estudo Comparativo da Degradação de Poliestireno e de Poliestireno de alto Impacto por Envelhecimento Natural e Artificial**. 2002. 108 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica Da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.
- CANEVAROLO, JR. S. **Ciência dos polímeros: Um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. São Paulo: 2º Edição, 2002.
- CARVALHO. R.V.C, **Previsão Tecnológica A Médio/Longo Prazos Sobre A Evolução Das Propriedades E De Mercado Dos Polímeros De Engenharia**. 2011. 88 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2011.
- CHEN, J.; CAO, Y.; LI, H, **An Investigation on Wear Mechanism of POM/LLDPE Blends**. China, p. 48-53, 2004.
- COUTO, L. O., **Polímeros Biodegradáveis**. 2006. 339 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.
- DE PAOLI, M. A. **Degradação e estabilização de polímeros**. São Paulo: Artliber, 2008.
- DERVAL, S. et al. Avaliação da Biodegradação de Poli- β -(Hidroxibutirato), Poli- β -(Hidroxibutirato-co-valerato) e Poli- ϵ -(caprolactona) em Solo Compostado. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 12, no 4, p. 311-317, 2002.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Clima**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/especies_arboreas_brasileiras/arvore/CONT000fyu2dm8202wx5ok083drx4nt4a0ob.html>. Acesso em: 30 nov. 2021.

FRANCHETTI, S. M.; MARCONATO, J. C. Polímeros biodegradáveis - Uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. **Química Nova**, Vol. 29, No. 4, 811-816, 2006.

GRISA, A. M. C. et al. Degradação biológica do PVC em aterro sanitário e avaliação microbiológica. **Polímeros**, vol. 21, nº 3, p. 210-216, 2011.

HEMAIS, C.A. Polímero e a Indústria Automotiva. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 13, nº 2, p. 107-114, 2003.

HIPOLITO, I.S, HIPOLITO, R.S, LOPES, G.A. Polímeros na Construção Civil. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA. 10., 2013. Resende. **Anais...** Resende: Faculdades Dom Bosco, 2013. p. 16.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Panorama Cascavel**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/cascavel/panorama>>. Acesso em: 30 Nov. 2021.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Panorama Jaguariaíva**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/jaguariaiva/panorama>>. Acesso em: 30 Nov. 2021.

IRELAND, D. R., Critical Review of Instrumented impact Testing. **Journal of Dynamic fracture Toughness**, v.1, p. 47-62, 1977.

KILIARIS, P.; PAPASPYRIDES, C. D. Polymer/layered silicate (clay) nanocomposites: an overview of flame retardancy. **Progress in Polymer Science**, v. 35, p. 902-958, 2010.

KÖHLER-HAMMER, C.; KNIPPERS, J.; HAMMER, M. R. Bio-based plastics for building facades. **Start-Up Creation**, p. 329-346, 2016.

LANDI, T.R.L., **Efeito Da Radiação Ionizante Por Feixe De Elétrons Sobre O Terpolímero Acrilonitrila, Butadieno E Estireno – Abs.** 2003. 79 p. Dissertação (Mestrado) - Autarquia Associada À Universidade De São Paulo, São Paulo, 2003.

LUCAS, N. *et al* Polymer biodegradation: Mechanisms and estimation techniques. **Chemosphere**, v. 73, p. 429-442, 2008.

MANNO, E. B. **Polímeros como materiais de engenharia**. São Paulo: Blucher, 1991. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521216643/>>. Acesso em: 25 Nov. 2021.

MERSIOWSKY, I.; WELLER, M.; EJLERTSSON, J. Fate of plasticised pvc products under landfill conditions: a laboratory-scale landfill simulation reactor study. **Water Research**, Vol. 35, No. 13, pp. 3063–3070, 2001.

MOTHÉ, C. G.; DIAS, F. T. G.; MOTHÉ, M. G. Avaliação térmica e mecânica da degradação de materiais poliméricos na proteção ao meio ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS. 10., 2009, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Polímeros, 2009. 10 p.

KALIA, V. C.; RAIZADA, N.; SONAKYA, V.; Bioplastics. **Journal of Cientific & Industrial Research**, v. 59. p. 433-445, 2000.

ORÉFICE, R. L.; et. al, **Obtenção de compósitos de resíduos de ardósia e polipropileno**. Artigo técnico científico, Universidade Federal Minas Gerais, 2007.

PASSATORE, C.R. **Química dos Polímeros**, São Paulo: Escola Técnica Estadual De Tiquatira, 2013.

PESSÔA, V. A. F. **Reciclagem e reutilização de materiais poliméricos plásticos**. Projeto de graduação. 2018. 50 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia) – Universidade Federal do Rio De Janeiro. Rio de Janeiro, 2018.

PIATTI, T. M.; RODRIGUES, R. A. F. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**. Maceió: EDUFAL, 2005.

PITT, F.; BOING, D.; BARROS, A. Desenvolvimento histórico, científico e tecnológico de polímeros sintéticos e de fontes renováveis. **Revista da Unifebe**, Brusque (SC), nº 9, 18 p. out. 2011.

RABELLO, M. S. **Aditivos de Polímeros**. São Paulo: Artliber, 2000.

REIS, D.P., **Avaliação da reutilização e/ou reciclagem do policarbonato utilizado em blindagens automotivas**. 2014. 94 p. Dissertação (Mestrado) - Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Rio de Janeiro, 2014.

SANCHEZ, E. M. S., *et al.* Avaliação da Degradação Térmica e Fotooxidativa do ABS Automotivo. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, p.116-122, 1999.

SILVA, F.; RABELO, D. O uso sustentável de polímeros. **Revista Processos Químicos**, Goiânia (GO), p. 9-16, jan-jun. 2017.

SIMEPAR. **BOLETIM CLIMATOLÓGICOS**. Disponível em: <<http://www.simepar.br/>>. Acesso em: 05 Dez. 2021.

TOSI, P. H. et al. Término do uso de copos plásticos nas refeições da UNICAMP. **Ciência do Ambiente – UNICAMP**, Campinas (SP), p. 6, 2013.

TURTON, T. J.; WHITE, J. R. Degradation depth profiles and fracture of UV exposed polycarbonate, Plastics, Rubber and Composite. **Macromolecular Engineering**, v.30, n.4, p.175, 2001.

VASCONCELOS, G. C. M. S. et al. Effects of weathering on mechanical and morphological properties cork filled green polyethylene eco-composites. **Polímeros**, v. 30, n. 1, p. 1-11, 2020.

VLACK, L. H. V. **Princípio de Ciência e Tecnologia dos Materiais**. 4a. ed. Rio de Janeiro: Campus, p. 2-7, 1984.

WANG, B. et al. Monitoring the degradation of physical properties and fire hazards of high-impact polystyrene composite with different ageing time in natural environments. **Journal of Hazardous, Materials**, v. 352, p. 92-100, 2018.

ANEXO A – Dados de exposição ao ambiente coletados

Tabela 18 - Dados semanais em Jaguariaíva

Jaguariaíva				
Março				
Semana	Chuva (mm)	Temperatura Média (°C)	Índice UV	Umidade
1	40	28,1	10,4	63%
2	43,9	26,7	9,6	66%
3	15,5	25,7	8,4	69%
4	27	26,0	8,0	65%
5	16,3	23,0	7,7	74%
Total	142,7	25,9	8,8	67%
Abril				
6	18,9	21,3	6,3	75%
7	4,7	25,9	8,1	60%
8	28,3	19,9	6,6	72%
9	9,7	24,6	7,6	59%
10	1,5	26,4	7,2	56%
Total	63,1	23,6	7,1	64%
Maio				
11	8,2	26,0	7,0	60%
12	13,4	20,9	6,1	59%
13	38,3	20,1	5,0	68%
14	14,2	15,7	5,6	52%
15	11,1	22,3	5,8	50%
Total	85,2	21,0	5,9	57%

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 19 - Dados semanais em Cascavel

Cascavel				
Março				
Semana	Chuva (mm)	Temperatura Média (°C)	Índice UV	Umidade
1	42,8	28,7	9,9	63%
2	48	27,1	9,3	66%
3	31,9	26,4	9,3	68%
4	50,5	24,1	9,7	68%
5	11,7	23,3	9,3	70%
Total	184,9	26,0	9,5	67%
Abril				

6	22,8	20,8	7,0	77%
7	24,7	25,3	8,3	70%
8	28,6	21,1	7,3	67%
9	40,7	24,6	7,1	63%
10	8	26,8	7,2	60%
Total	124,8	23,7	7,4	67%
Maio				
11	3	25,5	7,0	61%
12	48,5	19,1	4,7	70%
13	24,9	18,4	5,3	70%
14	26,7	13,7	4,4	60%
15	40,7	21,2	4,7	63%
Total	143,8	19,6	5,2	65%

Fonte: Autoria própria (2022)

ANEXO B – Variação em perda de massa

Tabela 20 - Percentagem a variação de massa Policarbonato

Corpo de Prova	Cascavel			Corpo de Prova	Jaguariaíva		
	30 dias	60 dias	90 dias		30 dias	60 dias	90 dias
1	1,51%	1,53%	0,58%	1	-0,01%	1,19%	-0,29%
2	1,45%	1,54%	0,27%	2	-0,04%	0,59%	-0,45%
3	-0,03%	0,58%	-0,15%	3	-0,10%	0,77%	-0,51%
4	-0,05%	0,24%	-1,63%	4	0,15%	0,64%	0,21%
5	-0,34%	0,07%	-1,62%	5	0,15%	0,94%	0,06%
6	-0,29%	-0,21%	-1,42%	6	0,81%	1,40%	3,13%

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 21 - Percentagem a variação de massa Polipropileno

Corpo de Prova	Cascavel			Corpo de Prova	Jaguariaíva		
	30 dias	60 dias	90 dias		30 dias	60 dias	90 dias
1	0,65%	0,99%	-3,76%	1	0,07%	-0,32%	-1,14%
2	1,17%	-0,75%	-2,87%	2	-1,28%	-0,39%	-1,17%
3	-0,84%	0,96%	-0,24%	3	0,85%	0,30%	1,94%
4	-0,61%	0,96%	0,57%	4	-0,20%	0,26%	1,62%
5	-0,57%	1,80%	-1,88%	5	-0,56%	-0,71%	0,69%
6	-0,19%	3,14%	0,70%	6	0,43%	-0,63%	0,01%

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 22 - Percentagem a variação de massa ABS

Corpo de Prova	Cascavel			Corpo de Prova	Jaguariaíva		
	30 dias	60 dias	90 dias		30 dias	60 dias	90 dias
1	0,47%	2,18%	-6,01%	1	-1,32%	-0,15%	-0,17%
2	0,20%	-2,22%	-6,38%	2	-1,53%	-0,51%	-1,14%
3	-0,82%	-2,56%	-4,70%	3	-0,78%	-0,23%	-1,15%
4	-0,13%	-0,34%	-3,19%	4	-0,42%	-0,05%	0,76%
5	-0,03%	-0,11%	-3,04%	5	-0,14%	-1,95%	-0,46%
6	-0,05%	-0,57%	0,66%	6	0,02%	-2,23%	0,39%

Fonte: Autoria própria (2022)