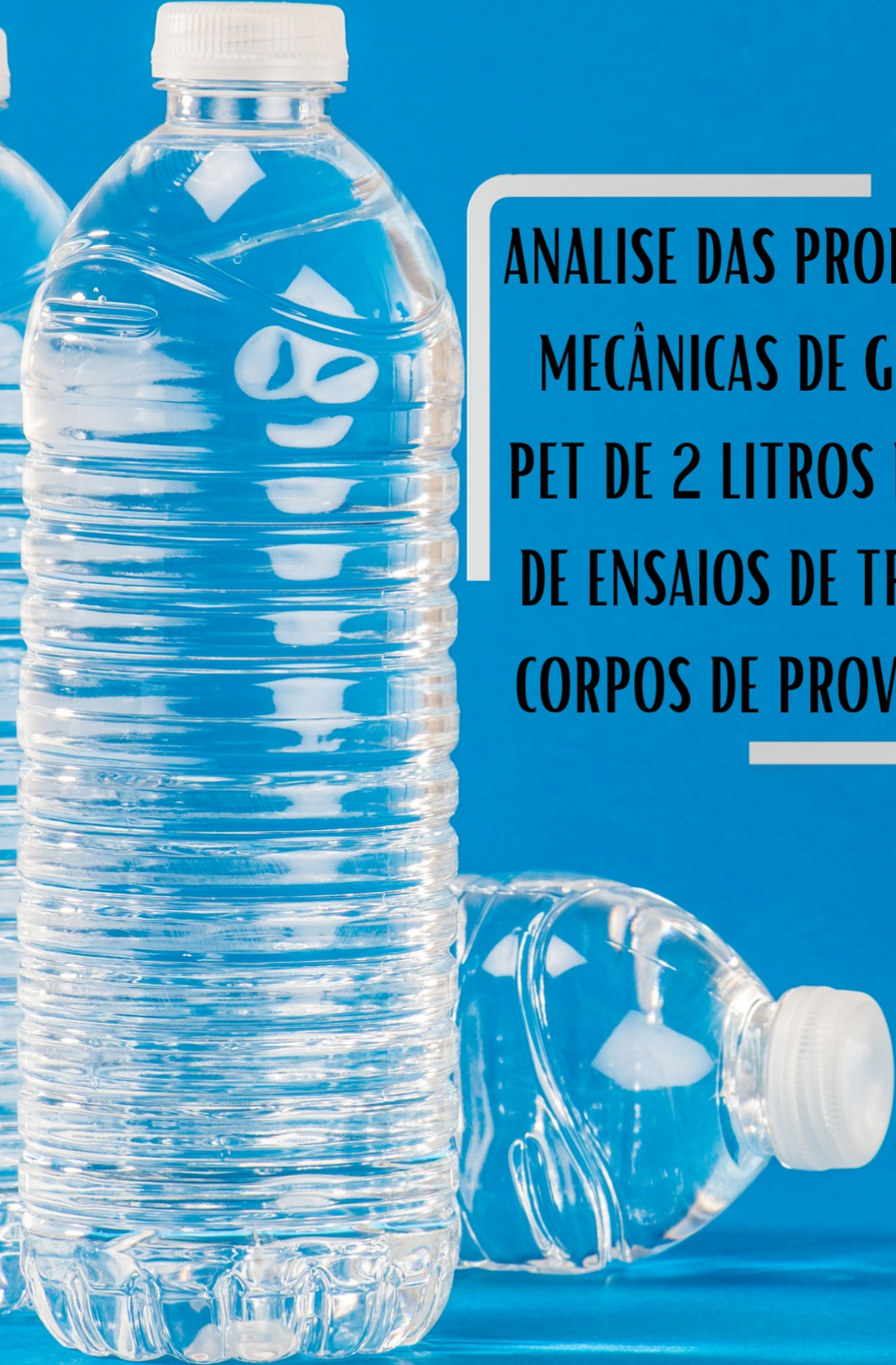


Fayra Duanne Souza Silva
Wagner da Cunha Siqueira
Selma Alves Abrahão



ANALISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE GARRAFAS PET DE 2 LITROS POR MEIO DE ENSAIOS DE TRAÇÃO EM CORPOS DE PROVA TIPO IV



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Fayra Duanne Souza Silva
Wagner da Cunha Siqueira
Selma Alves Abrahão

ANALISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE GARRAFAS PET DE 2 LITROS POR MEIO DE
ENSAIOS DE TRAÇÃO EM CORPOS DE PROVA TIPO IV

1ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

1ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Silva, Fayra Duanne Souza
S586A ANALISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE GARRAFAS PET DE 2 LITROS
POR MEIO DE ENSAIOS DE TRAÇÃO EM CORPOS DE PROVA TIPO IV
/ Fayra Duanne Souza Silva. Wagner da Cunha Siqueira. Selma Alves Abrahão. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2023

53 f.: il

DOI: 10.37423/2023.edcl693

ISBN: 978-65-5367-270-3

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. astm-d638 2. politereftalato-de-etileno-(pet) 3. reciclagem. I. Silva, Fayra Duanne Souza II. Siqueira, Wagner da Cunha III. Abrahão, Selma Alves IV. Título

CDU: 620

<https://doi.org/10.37423/2023.edcl693>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

MSc Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Wesley Pacheco Calixto

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

MSc Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

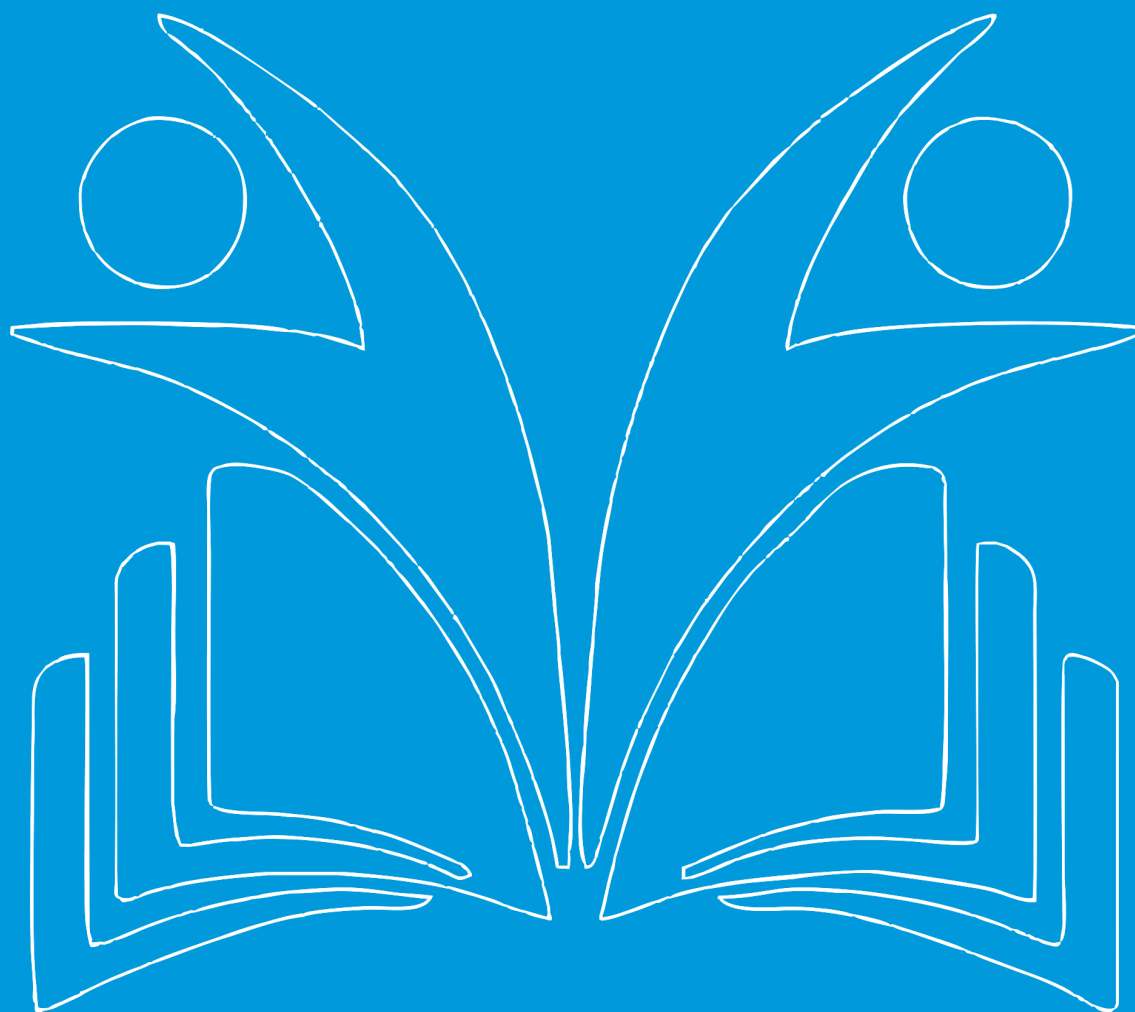
MSc Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio



10.37423/2023.edcl693



“O sucesso é a soma de pequenos esforços, repetidos dia após dia.”

(Robert Collier)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus pelas bênçãos de conquistar mais essavatória. Por me dar saúde, força, coragem e sabedoria para enfrentar todos os desafios encontrados durante essa caminhada. Sem Ele nada disso seria possível.

Agradeço à minha mãe, Fátima, pelo apoio, carinho, amor, incentivo, e confiança depositada em mim todo esse tempo. Agradeço aos meus irmãos Vallone e Fred, à minha madrinha Diva por todo amor, confiança e apoio ao longo dessa jornada.

Agradeço também aos demais familiares por todo suporte e carinho.

Aos meus avôs Coló (*in memoriam*) e Ilídio (*in memoriam*) minha eterna gratidão por todo amor e ensinamentos que carregarei pela vida inteira.

Ao Hudson, por todo o companheirismo, amor, dedicação, conselhos e todo o cuidado nos momentos difíceis da jornada.

Aos amigos de longa data de Porteirinha. Obrigada pela amizade, por acreditarem em mim até mesmo quando eu duvidava. Eu amo vocês.

Aos amigos que a faculdade me permitiu ter. Obrigado por fazer meus dias mais felizes, por todo o incentivo e ensinamentos nesses anos.

Ao meu Orientador professor D.Sc. Wagner da Cunha Siqueira, por ter contribuído com minha formação.

Sou grata pela confiança em mim depositada, pela orientação, paciência, pelos ensinamentos transmitidos com competência e muita dedicação.

Aos Professores do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental pela aprendizagem e ensinamentos. Ao IFNMG – *Campus* Januária, por minha formação acadêmica, por todo o conhecimento adquirido e pela infraestrutura ofertada.

Aos membros da banca avaliadora deste trabalho, por terem aceitado o convite e contribuído com as correções necessárias para aprimoramento dessa pesquisa.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a minha conquista. Muito obrigado!

Resumo: Há muitos anos o plástico vem se tornando um dos materiais mais utilizados do mercado devido suas excelentes propriedades, com tudo, a má gestão dos resíduos pós-consumo tornou-se um grande problema ambiental da atualidade. Existem diversas soluções para o combate a esse problema, a reciclagem é um deles. Na tentativa de diminuir os impactos causados por esse resíduo, propondo a aplicação de garrafas PET recicladas na elaboração de novos produtos, é importantíssimo conhecer as propriedades mecânicas do mesmo. As propriedades mecânicas retratam o comportamento do material quando submetido a diferentes esforços, assim, este trabalho tem como objetivo fazer a caracterização do Politereftalato de Etileno (PET) ao submetê-lo ao teste de tração aplicando diferentes cargas até a ruptura. A metodologia aplicada neste estudo consistiu na confecção de corpo de prova definida pela norma ASTM D638, seguido por ensaio de tração de 8 marcas diferentes de garrafa PET, com 10 repetições. Os corpos de prova eram submetidos a esforços até seu rompimento. Foram obtidos a partir dos ensaios os valores de média, desvio padrão e coeficiente de variação, para as variáveis de carga de ruptura kg, alongamento de ruptura mm e largura final mm, para todas as amostras. As cargas suportadas variaram de 17,925 kg para a marca Kuat até 21,265 kg para a marca Sukita, utilizando amostra de PET de 6 mm de largura. A marca que apresentou maior deformação no alongamento foi a Coca Cola e menor Fanta. Se tratando da largura final as marcas que se destacaram foram a Fanta com maior deformação e a Mate Couro com menor deformação.

Palavras chave: ASTM D638, politereftalato de etileno (PET), reciclagem.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVO GERAL.....	11
2.1.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3. REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1.QUESTÃO AMBIENTAL	11
3.2.POLITEREFTALATO DE ETILENO – PET.....	13
3.3. RECICLAGEM DO PLÁSTICO PET.....	14
3.4. PROPRIEDADES MECÂNICAS E ENSAIO DE TRAÇÃO	15
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
4.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	16
4.2. EQUIPAMENTO DE AFERIÇÃO DE CARGAS.	17
4.3. COLETA E PREPARAÇÃO DOS MATERIAIS PARA O TESTE DE TRAÇÃO	19
4.3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	19
4.3.2. PREPARAÇÃO DO MATERIAL	20
4.3.3. CORPO DE PROVA	22
4.4. ENSAIO	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1. MÁQUINA DE AFERIÇÃO DE CARGAS	26
5.2 RESULTADOS DA MÉDIA DOS VALORES (CARGAS DE RUPTURA, ALONGAMENTO DE RUPTURA E LARGURA DOS CORPOS DE PROVA) DOS CORPOS DE PROVA DE PET.	27
5.3. ALONGAMENTO DE RUPTURA E LARGURA DOS CORPOS DE PROVA DE PET PARA CADA MARCA DE REFRIGERANTE.	31
6. CONCLUSÃO.....	46
7. REFERÊNCIAS	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Maiores produtores de resíduos plásticos no mundo, milhões de toneladas/ano. ..	12
Figura 2 - Estrutura química do PET.	13
Figura 3 - Índice de reciclagem de diversos plásticos para os anos de 2018, 2019 e 2020.	14
Figura 4 - Equipamento de aferição de cargas.	17
Figura 5 - Garras metálicas de fixação do corpo de prova.	18
Figura 6 - Chapas estriadas soldadas ao centro das garras.	18
Figura 7 - Garrafas PET de diferentes marcas de refrigerante: (1) Kuarã; (2) Coca Cola; (3) Guaranã; (4) Sukita; (5) Fanta; (6) Mate Couro; (7) Pepsi e (8) Nick.....	19
Figura 8 - Processo para desamassar garrafas: (A) garrafa amassada; (B) inflar com bomba; (C) imergir garrafa na água quente; (D) garrafa desamassada.	20
Figura 9 - Preparação do material: (A) pesagem da garrafa; (B) separação da área de rótulo da garrafa; (C) corte da área do rótulo; (D) pesagem da área do rótulo.	21
Figura 10 - Desenho do corpo de prova no programa AutoCAD.....	22
Figura 11 - Corpos de prova em MDF com corte a laser.	23
Figura 12 - Confeção das amostras: (A) delimitação do contorno do corpo de prova; (B) marcação com caneta no corpo de prova.	24
Figura 13 - Suporte utilizado para montagem do ensaio.	24
Figura 14 - Placa metálica utilizada para estabilização.	25
Figura 15 - Corpo de prova rompido em papel milimetrado.	26
Figura 16 - Média das Cargas de Ruptura em kg.	27
Figura 17 - Média do alongamento de ruptura mm.	29
Figura 18 - Média da largura final em mm.	30
Figura 19 - Gráfico de deformação no alongamento x carga das amostras de PET do refrigerante Coca Cola.	32
Figura 20 - Gráfico de deformação na largura x carga das amostras de PET do refrigerante Coca Cola.	32
Figura 21 - Gráfico de deformação no alongamento x carga das amostras de PET do refrigerante Guaranã.	34
Figura 22 - Gráfico de deformação na largura x carga das amostras de PET do refrigerante Guaranã.	35

Figura 23 - Gráfico de deformação no alongamento x carga das amostras de PET do refrigerante Sukita.	36
Figura 24 - Gráfico de deformação na largura x carga das amostras de PET do refrigerante Sukita.	36
Figura 25 - Gráfico de deformação no alongamento x carga das amostras de PET do refrigerante Pepsi.	37
Figura 26 - Gráfico de deformação na largura x carga das amostras de PET do refrigerante Pepsi.	38
Figura 27 - Gráfico de deformação no alongamento x carga das amostras de PET do refrigerante Nick.	39
Figura 28 - Gráfico de deformação na largura x carga das amostras de PET do refrigerante Nick.	40
Figura 29 - Gráfico de deformação no alongamento x carga das amostras de PET do refrigerante Mate Couro.	41
Figura 30 - Gráfico de deformação na largura x carga das amostras de PET do refrigerante Mate Couro.	41
Figura 31 - Gráfico de deformação no alongamento x carga das amostras de PET do refrigerante Kuat.	42
Figura 32 - Gráfico de deformação na largura x carga das amostras de PET do refrigerante Kuat.	43
Figura 33 - Gráfico de deformação no alongamento x carga das amostras de PET do refrigerante Fanta.	44
Figura 34 - Gráfico de deformação na largura x carga das amostras de PET do refrigerante Fanta.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores das medições de peso das garrafas (g).....	21
Tabela 2 - Valores das medições de peso da área de rótulo (g).	22
Tabela 3 - Área do rótulo (cm ²).	27
Tabela 4 - Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação das cargas de ruptura kg/ MPa.	27
Tabela 5 - Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação do alongamento final em mm das amostras.	29
Tabela 6 - Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação da largura final em mm das amostras.	30
Tabela 7 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação das amostras de PET do refrigerante Coca Cola.	31
Tabela 8 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação das amostras de PET do refrigerante Guaraná.	33
Tabela 9 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação das amostras de PET do refrigerante Sukita.	35
Tabela 10 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação das amostras de PET do refrigerante Pepsi.	37
Tabela 11 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação das amostras de PET do refrigerante Nick.	38
Tabela 12 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação das amostras de PET do refrigerante Mate Couro.	40
Tabela 13 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação das amostras de PET do refrigerante Kuat.	42
Tabela 14 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação das amostras de PET do refrigerante Fanta.	44

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o grande avanço tecnológico têm estimulado uma produção cada vez mais significativa de novos produtos. Nessa conjuntura, os plásticos têm alcançado um espaço de grande importância em diversas áreas, como: saúde, informática, setor alimentício, setor automotivo, construção civil em diversos aspectos das engenharias.

O Politereftalato de Etileno – PET é um polímero da família dos poliésteres, considerado um dos termoplásticos mais versáteis do mercado. Este possui diversas vantagens, como: excelentes propriedades mecânicas e resistência química, boa processabilidade, estabilidade térmica, fácil coloração e é facilmente reciclável (OLIVEIRA, 2016). O PET é um material utilizado sob diversas formas como: filmes, lâminas, revestimentos e garrafas. Tendo, portanto, uma elevada produção nas últimas décadas, tornando seu consumo alarmante e a necessidade de reciclagem cada vez mais importante.

Segundo o sétimo censo de reciclagem do PET no Brasil, promovido pela Associação Brasileira da Indústria do PET (ABIPET), em 2012 o país recuperou 58,9% de PET, totalizando 331.000 toneladas. Isso possibilitou ao Brasil o segundo lugar de maior reciclador de PET. O método de reaproveitamento do PET mais praticado no Brasil é a reciclagem mecânica, segundo a ABIPET.

A utilização dos plásticos “pós-consumo” não possui apenas o viés de redução de resíduos sólidos em aterros, como também sua capacidade de substituição de materiais tradicionais, desde que detenha a viabilidade técnica e econômica (SANTOS, 2005).

Diante de um mercado de desenvolvimento de produtos eficientes e da demanda de reutilização, faz-se necessário conhecer de forma precisa e integral as propriedades mecânicas dos materiais, a fim de atestar a integridade estrutural e vida útil (TAVARES, 2016).

A comprovação de resistência mecânica dá ao PET várias possibilidades de ser reutilizado. Para a indústria podemos citar, cordas, telas para proteção/ contenção animal e para produção agrícola vertical, telas para controle de erosão e de reforço de solo para drenagem etc. Os testes mecânicos cumprem importante papel no momento de caracterização, sendo o ensaio de tração um dos mais utilizados.

O ensaio de tração consiste em aplicar nas extremidades de um corpo de prova um esforço de velocidade e temperatura constante, alongando-se a amostra até a ruptura. Com o teste de tração é possível conhecer o comportamento de um material quando submetido a um esforço.

A partir dos dados encontrados é possível determinar como o material irá reagir quando submetido a testes diários. Isso dá a quem utiliza e reutiliza o Politereftalato de Etileno a clareza para tomada de decisão quanto a sua utilização. Assim, o presente trabalho buscou estudar o comportamento do PET de diferentes garrafas de dois litros, de oito marcas de refrigerante por meio do teste de tração em corpo de prova definido pela norma ASTM D638.

2. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo estudar as propriedades mecânicas de garrafas de refrigerante PET de 2L de diferentes marcas por meio do ensaio de tração a diferentes cargas aplicadas.

2.1.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolvimento de máquina de aferição de cargas aplicadas no teste de tração.
- Ensaio de tração.
- Obter carga de ruptura, alongamento de ruptura e largura final da seção estreita dos corpos de prova de PET de oito marcas de refrigerante.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1.QUESTÃO AMBIENTAL

Ao longo dos anos os materiais poliméricos alcançaram uma importância significativa para a sociedade. Os polímeros estão presentes em todos os aspectos do cotidiano, variando desde os plásticos de alto desempenho até os de uso comum (KLERING, 2022). O crescimento populacional e da aquisição de novas tecnologias, geram um volume exacerbado de resíduos, o que aumenta a necessidade de um gerenciamento adequado e urgente (PESSOA; RIBAS 2022).

Zanin e Mancini (2015) relatam que a produção desses materiais tão úteis é tão importante quanto a preocupação com o seu destino final, ressalta ainda que, o significado desse tema tem ganhado cada vez mais força, sendo reconhecido por toda sociedade, tornando-se um problema ambiental urbano desafiador da atualidade.

O consumo de plástico no Brasil é grande e para dar conta de tamanho consumo a produção tem que ser elevada, segundo a ABIPLAST (2012) a produção mundial em 2011 alcançou 280 milhões de toneladas, com crescimento de 4% em relação ao ano anterior. A produção de plástico no Brasil equivale a 2% da produção mundial.

Segundo Atlas do Plástico (2020) entre os anos de 1950 e 2017, foi produzida aproximadamente 9,2 bilhões de toneladas de plástico, em média 400 milhões de toneladas de plástico ano. Essa pesquisa apresenta também os países que mais produzem lixo plástico, conforme demonstrado na (Figura 1) os Estados Unidos assumem a liderança e o Brasil fica em quarto lugar.

Figura 1 - Maiores produtores de resíduos plásticos no mundo, milhões de toneladas/ano.



Fonte: Atlas do Plástico, 2020.

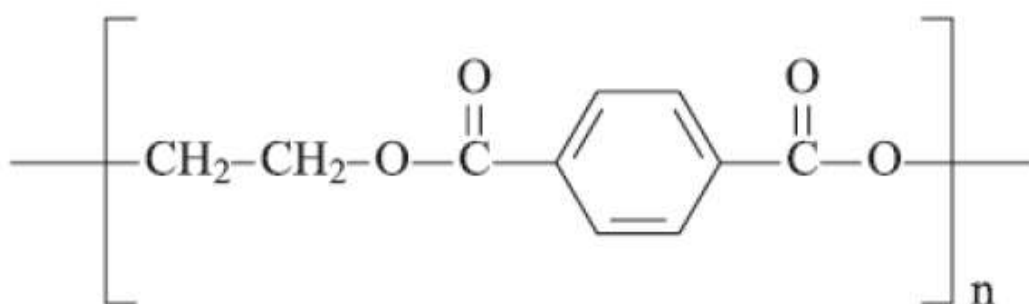
Em 2010, foi criada a Lei nº 12.305, denominada como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), na qual define as diretrizes e responsabilidades relacionadas ao gerenciamento de resíduos sólidos domésticos e públicos. A PNRS, apresenta os princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para uma gestão completa e para o controle de resíduos sólidos gerados, com a finalidade de garantir o desenvolvimento sustentável. Ademais, a PNRS, ressalta que a seguinte ordem deve ser cumprida: não geração de resíduos, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e em último caso disposição dos materiais que já não possuem utilidades (BRASIL, 2010).

3.2.POLITEREFTALATO DE ETILENO – PET

Conhecido mundialmente pela abreviação PET, o Politereftalato de Etileno é um poliéster bastante conhecido por sua multifuncionalidade e grande resistência mecânica, foi sintetizado por dois químicos britânicos, J. T. Dickson e J. W. Whinfield, através da reação de glicóis e ácidos dibásicos (SIMIELLI e SANTOS, 2010).

O PET é um polímero pertencente à família dos poliésteres, possui em sua cadeia anéis benzênicos e grupos ésteres. A cadeia alifática junto com o oxigênio na cadeia principal de sua estrutura química (Figura 2) assegura a flexibilidade ao PET a temperaturas acima de sua transição vítrea. Já o conjunto benzênico presente na estrutura traz a rigidez, além de alta estabilidade hidrolítica a cadeia polimérica (ROMÃO et al, 2009; CALLE, 2015).

Figura 2 - Estrutura química do PET.



Fonte: CALLE, 2015

A produção do PET foi administrada principalmente pela empresa DuPont nos anos 50, com aplicações na indústria têxtil. Nos anos que se seguiram, houve grandes avanços no desenvolvimento tecnológico e na fabricação desse polímero, proporcionando seu uso para os mais variados fins (CALLE, 2015).

Quando comparada com outros materiais, o Politereftalato de Etileno possui mais vantagens. Essas vantagens incluem segundo a Associação Brasileira da Indústria do Plástico - ABIPLAST (2012), excelentes propriedades de barreira contra gases e odores; alta resistência mecânica e química; facilidade para transporte e manuseio; não quebram na linha de produção; apresenta segurança e praticidade; e baixo custo.

Em 1973 através dos processos de injeção e sopro desenvolvidos pela DuPont, o PET foi formulado como garrafas, revolucionando o mercado de embalagens, e principalmente de bebidas. Sua

comercialização começou nos Estados Unidos no ano de 1977, chegando no Brasil somente doze anos depois, em 1989 (CALLE, 2015)

Um exemplo significativo do uso do PET como embalagem é encontrado quando em 1978 a Coca Cola introduziu a garrafa PET de plástico descartável no mercado, substituindo a tão conhecida garrafa de vidro. Essa mudança tornou-se tendência para as indústrias de bebidas. No final de 1980 quase todas as garrafas reutilizáveis haviam desaparecido (ATLAS DO PLÁSTICO, 2020).

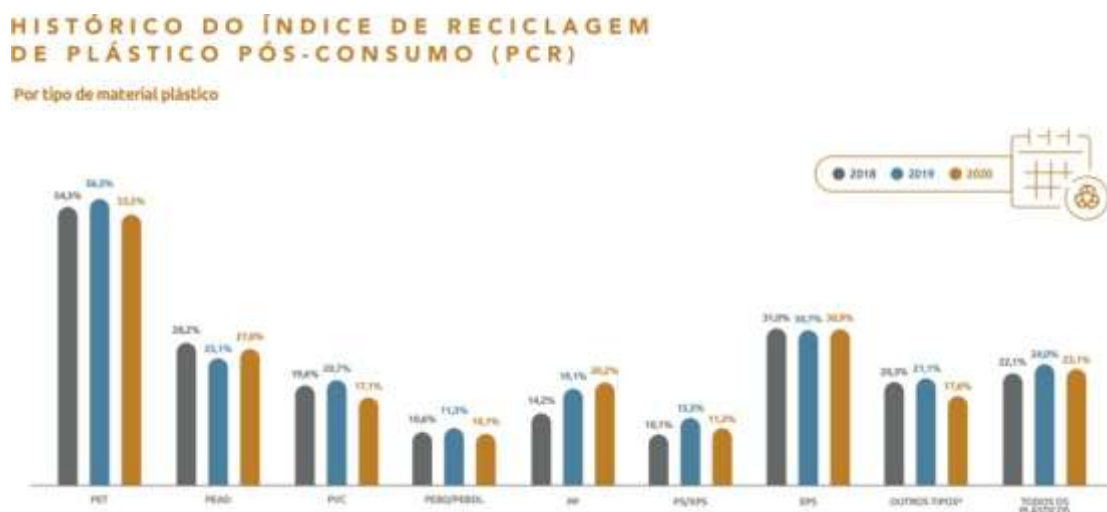
A importância do PET é vinculada principalmente em relação às suas propriedades, como resistência mecânica, baixa densidade, ser flexível para uso, baixo custo e por ser um produto altamente reciclável (FERREIRA, 2017).

3.3. RECICLAGEM DO PLÁSTICO PET

Com o crescente uso do PET e os transtornos gerados a partir da sua disposição, a reciclagem torna-se um excelente recurso, reduzindo o volume disposto, aumentando a vida útil dos aterros, além de permitir o reaproveitamento dos resíduos. Oliveira (2016) ressalta que a reciclagem expressa a principal e melhor solução para o tratamento de resíduos plásticos.

Um levantamento sobre consumo de plásticos, reciclagem e produção de plásticos pós-consumo é realizado anualmente pela Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST). Segundo a Abiplast (2021) o PET foi o plástico com maior índice de reciclagem nos anos 2018, 2019 e 2020 (Figura 3) e a produção de plástico reciclado pós-consumo brasileira em 2020 foi de 884 mil toneladas, sendo a região sudeste responsável por 492.290 toneladas.

Figura 3 - Índice de reciclagem de diversos plásticos para os anos de 2018, 2019 e 2020.



Fonte: ABIPLAST (2021).

Chisholm(1994) menciona que a embalagem PET quando reciclada tem incontáveis vantagens ao se comprar com as demais, tratando-se de energia e água consumida, os benefícios sociais e principalmente ambientais.

Várias pesquisas têm sido desenvolvidas a fim de conhecer as capacidades de uso do material reciclado PET. Teixeira (2019) ressalta que muitas vezes esses materiais alternativos apresentam características semelhantes ou, até mesmo, superiores ao material utilizado tradicionalmente para o mesmo propósito.

Entre essas pesquisas utilizando PET podemos citar: A empresa de tintas Suvinil (2002) que implementou a resina PET (principal componente) na fabricação de esmaltes e vernizes, reduzindo em 40% afluentes químicos na produção desses produtos; A Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) em parceria com a Empresa Brasileira de Reciclagem (EBR) em 2003 desenvolveram tubos produzidos a partir da reutilização do plástico de garrafas, transformando-os em tubos para redes de água, o resultado foi tubos com maior rigidez e custo de 15 a 20% menor que o PVC.

Santos (2005) frisa que para o PET pós-consumo o mercado gira em torno da produção de fibras para fabricação de cordas; fios de costura; cerdas de vassouras e escovas; autopeças; lâminas para termoformadores e formadores a vácuo. Outro meio de utilização da resina do PET é citado por Teixeira (2019) que em seus estudos concluiu que é possível utilizar fibras de PET na aplicação de reforço de solo em obras geotécnicas.

Existe uma imensa rede de reutilização disponível para o PET já que ele é 100% reciclável, como na indústria têxtil, garrafas, cabides, cordas, vassouras, caixas d'água, tubos e conexões, tintas, mármore sintéticos, cadeiras de transporte coletivo, cases, entre outros (ABIPET, 2022).

3.4. PROPRIEDADES MECÂNICAS E ENSAIO DE TRAÇÃO

Segundo Lokensgard (2013) as propriedades mecânicas de um material retratam como ele irá se comportar quando submetidos a diferentes cargas, sejam elas concentradas em um ponto ou distribuídas ao longo do material. Hibbeler (2010) diz que a resistência de um material é analisada conforme sua capacidade de suportar uma carga sem que haja deformação suficiente para alterar as características para a qual o material foi criado, ou mesmo sua ruptura.

A propriedade de resistência de um material é uma característica do próprio material, podendo ser determinada por métodos experimentais. Um dos testes mais importantes para conhecer as propriedades e fazer caracterizações dos materiais é o ensaio de tração (FERREIRA, 2017). A Biopdi

(2022) define o ensaio de tração como, aplicação de uma força axial num corpo de prova padronizado, provocando deformação no material, alongando até fraturar. Devido sua fácil execução este ensaio é amplamente utilizado.

Biopdi (2022) ressalta que conhecer as propriedades mecânicas de um material é um trabalho importante para profissionais que desenvolvem produtos, fazem verificação de matéria prima ou de um produto finalizado. O ensaio de tração serve para averiguação de propriedades, riscos, falhas e comportamento de um material sob determinadas condições.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Januária, localizado no município de Januária – MG, na Fazenda São Geraldo, S/N, km 06. Com o objetivo de se obter o comportamento das garrafas de refringente PET de dois litros de diferentes marcas, submetidas a diferentes forças de tração que promovesse a ruptura do corpo de prova, o trabalho foi conduzido da seguinte forma:

4.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Este trabalho seguiu os Princípios Básicos da Experimentação (repetição, casualização e controle local) onde para a interpretação dos dados obtidos, foi utilizado uma Estatística Descritiva, que tem por objetivo descrever os resultados observados. Entre os resultados observados estão: cargas de ruptura; alongamento de ruptura e da largura final da seção estreita do corpo de prova, a descrição dos resultados está expressa em curvas de cargas aplicadas x alongamento de ruptura, cargas aplicadas x largura final da seção estreita e coeficiente de variação.

A Análise Descritiva é utilizada para organizar, resumir e descrever características importantes de um conjunto de informações observadas ou fazer comparações entre conjuntos (REIS e REIS, 2002). A Estatística Descritiva é aquela que apresenta um conjunto de técnicas para obtenção, organização, redução, classificação, apuração e apresentação dos dados (COSTA, 2011). As ferramentas mais comuns nesse método são tabelas, gráficos e outros recursos visuais, além de porcentagens, índices e médias.

Segundo Rigonatto (2022) o coeficiente de variação analisa a dispersão dos dados obtidos em termos relativos, ele será dado em %. Quanto menor for o valor do coeficiente de variação, mais homogêneos serão os dados, ou seja, menor será a dispersão em torno da média. De uma forma geral, se o CV:

- For menor ou igual a 15% → baixa dispersão: dados homogêneos.
- For entre 15 e 30% → média dispersão.
- For maior que 30% → alta dispersão: dados heterogêneos.

4.2. EQUIPAMENTO DE AFERIÇÃO DE CARGAS.

O ensaio de tração é normalmente realizado em máquina de ensaios mecânicos, como o IFNMG Campus Januária não possui tal equipamento foi necessário desenvolver em laboratório equipamento de aferição de cargas para teste de tração.

O equipamento desenvolvido (Figura 4) foi composto por uma armação metálica de metalon de 40 mm onde foram fixados um visor digital do modelo EP-0011 e uma célula de carga modelo TS com capacidade de 5 toneladas, ambos da marca AEPH do Brasil Indústria e Comércio LTDA. O visor e a célula de carga foram alimentados por uma fonte de 12V. Antes de realizar o ensaio foi feita a calibração do conjunto visor e célula de carga conforme recomendação do fabricante, essa calibração é necessária para se estabelecer a precisão das leituras obtidas no visor, para o teste foi utilizada uma precisão de 0,05 kg.

Figura 4 - Equipamento de aferição de cargas.



Fonte: Acervo próprio.

Para fixação do corpo de prova utilizado, foi desenvolvido por meio de barras chatas, as garras de fixação do corpo de prova. As barras metálicas (Figura 5), possuem as seguintes dimensões,

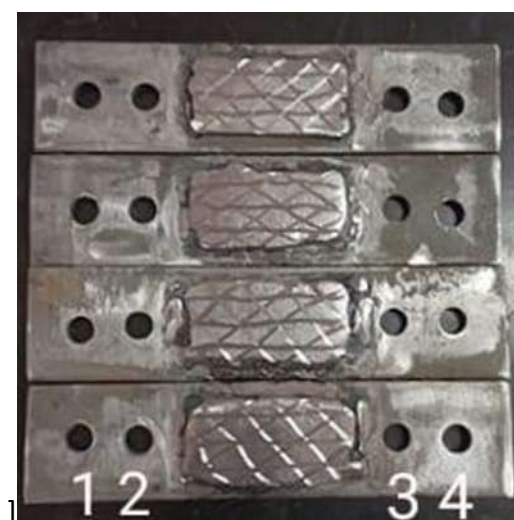
comprimento 16,8 cm e altura 4,7 cm, essas barras foram utilizadas aos pares, ligadas a célula de carga através de correntes. No centro de cada uma das barras chatas foi soldado chapas menores, a qual foram estriadas utilizando uma lixadora composta com disco de corte para metais (Figura6). Posteriormente foi adicionado um pedaço de lixa no centro da chapa menor para maior aderência do corpo de prova.

Figura 5 - Garras metálicas de fixação do corpo de prova.



Fonte: Acervo Próprio

Figura 6 - Chapas estriadas soldadas ao centro das garras.



Fonte: Acervo Próprio

As garras possuem quatro furos cada, sendo dois furos para colocação de parafusos (furos 2 e 3), que permitiam o aperto necessário para afixar o corpo de prova. Os furos 1 e 4 foram utilizados para fixação de ganchos soldados nas correntes que sustentavam as garras. Por terem parafusos em ambas as chapas, superior e inferior, onde o corpo de prova fica fixado, as amostras ficam com a área de rompimento livre.

Na parte inferior é utilizado mais um par de garrafas idênticas às supracitadas, nelas são fixadas as correntes de sustentação e essas correntes são ligadas a um tambor de polietileno com capacidade de 50 litros. O tambor serve como coletor da água (cargas), que foi o peso/carga utilizado.

4.3. COLETA E PREPARAÇÃO DOS MATERIAIS PARA O TESTE DE TRAÇÃO

4.3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Todo o PET utilizado nesse experimento foi obtido através de reaproveitamento.

Para o experimento, foram selecionadas de forma aleatória 8 marcas de refrigerante comercializados no município de Januária, sendo utilizadas 4 unidades de cada. As marcas selecionadas foram: Kuat, Coca Cola, Guaraná, Sukita, Fanta, Mate Couro, Pepsi, e Nick respectivamente (Figura 7).

Entre os grupos de amostras utilizadas, foram utilizadas garrafas de PET de cor verde (garrafa PET que possuem pigmentação com corante) e garrafas transparentes, na qual não há presença de corante.

Figura 7 - Garrafas PET de diferentes marcas de refrigerante: (1) Kuat; (2) Coca Cola; (3) Guaraná; (4) Sukita; (5) Fanta; (6) Mate Couro; (7) Pepsi e (8) Nick.



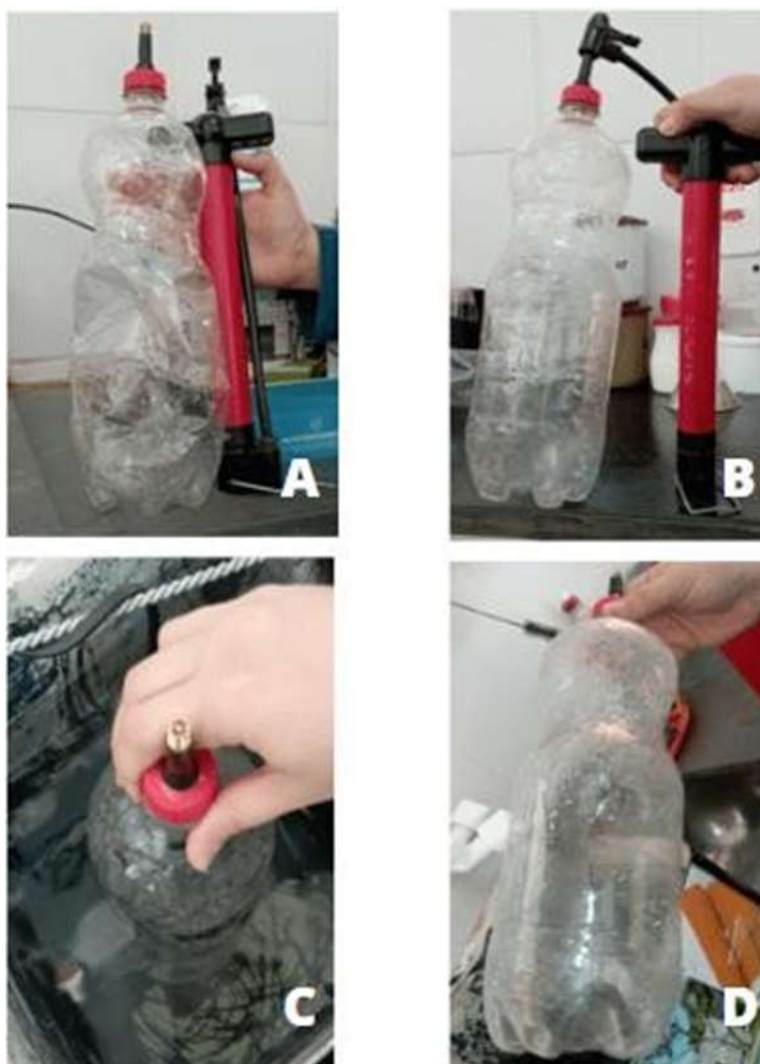
Fonte: Acervo Próprio

Após a obtenção do material, deu-se início ao processo de higienização das garrafas, retirando tampa, lacre de segurança e rótulo. O resíduo de cola dos rótulos foi retirado utilizando a gasolina como solvente. A lavagem foi realizada com detergente sob água corrente. Verificado a necessidade houve a repetição do processo.

As garrafas utilizadas encontravam-se em bom estado de conservação, porém com amassados. Para dar maior uniformização nas garrafas, principalmente na área de trabalho que consiste na região do rótulo de cada marca, foi realizado um procedimento de desamassar as garrafas. Esse processo consiste em encher a garrafa já limpa com ar, utilizando pino de bicicleta adaptado em tampa de

garrafa e bomba de bicicleta. Estando a garrafa cheia de ar, esta foi imersa em água quente por aproximadamente 10 segundos. Retirou-se o ar e deixou as garrafas secarem a temperatura ambiente (Figura 8).

Figura 8 - Processo para desamassar garrafas: (A) garrafa amassada; (B) inflar com bomba; (C) imergir garrafa na água quente; (D) garrafa desamassada.

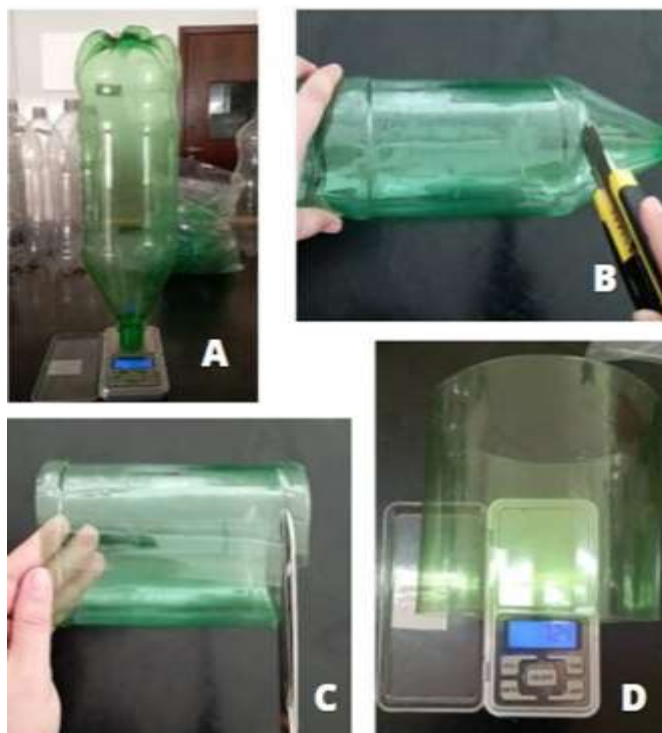


Fonte: Acervo Próprio

4.3.2. PREPARAÇÃO DO MATERIAL

Estando os PETS limpos e secos foi realizado o procedimento de pesagem das garrafas. Inicialmente, pesou-se a garrafa inteira em balança de precisão. Posteriormente, definiu-se linha de corte, seguindo a área de rótulo de cada marca de refrigerante. Esse processo ocorreu utilizando estilete seguido por tesoura. Com a área do rótulo separada da garrafa, realizou-se a pesagem da mesma e obtiveram-se as dimensões da área do rótulo (comprimento e altura) utilizando uma régua (Figura 9).

Figura 9 - Preparação do material: (A) pesagem da garrafa; (B) separação da área de rótulo da garrafa; (C) corte da área do rótulo; (D) pesagem da área do rótulo.



Fonte: Acervo Próprio

Nas tabelas 1, 2 e 3, estão demonstrados os valores obtidos do peso das garrafas (g), peso da área dos rótulos (g) e área dos rótulos (cm²).

Tabela 1—Valores das medições de peso das garrafas (g).

PESO DAS GARRAFAS (g)							
MARCAS							
Coca Cola	Sukita	Kuat	Guaraná	Fanta	Pepsi	Mate Couro	Nick
38,09	40,03	38,33	40,28	37,97	40,18	42,76	42,74
38,15	39,98	38,35	39,94	37,89	40,16	47,06	43,59
38,12	40,22	38,42	39,9	37,93	40,48	46,78	42,75
37,82	40,02	38,42	39,94	38,17	40,09	42,76	42,57
38,105	40,025	38,385	39,94	37,95	40,17	44,77	42,745 Média

Tabela 2 -Valores das medições de peso da área de rótulo (g).

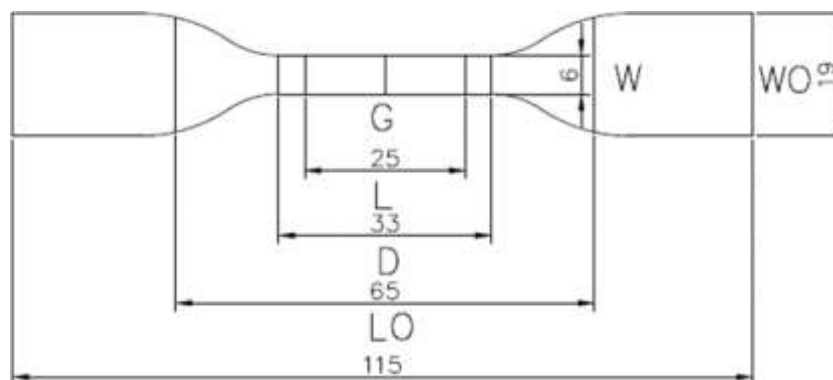
PESO ÁREA DO RÓTULO (g)							
MARCAS							
Coca Cola	Sukita	Kuat	Guaraná	Fanta	Pepsi	Mate Couro	Nick
7,44	7,14	6,93	7,33	7,38	7,06	12,19	11,63
7,54	7,34	7,24	7,25	7,16	7,18	13,06	13,58
7,3	7,28	6,83	7,08	7,98	7,3	14,32	13,37
7,1	7,23	6,95	7,28	7,06	7,29	12,57	11,86
7,37	7,255	6,94	7,265	7,27	7,235	12,815	12,615 Média

Tabela 3 -Área do rótulo (cm²).

ÁREA DO RÓTULO (cm ²)							
MARCAS							
Coca Cola	Sukita	Kuat	Guaraná	Fanta	Pepsi	Mate Couro	Nick
269,45	228	272	210,16	249,64	214,5	372,1	374,54
267,12	228	272	212,38	263,11	213	357,6	375,76
262,28	213,75	272	211,64	265,44	211,64	360,96	372,68
266,28	210,9	275,2	214,5	254,4	215,25	360	378,84

4.3.3. CORPO DE PROVA

O corpo de prova utilizado segue a norma ASTM D638 ano 2010. Essa norma define o método de teste padrão para propriedades de tração de plásticos, reforçados e não reforçados na forma de corpos de prova em halteres. Seguindo as definições estabelecidas na diretriz, o corpo de prova escolhido para esse ensaio foi o tipo IV. Tendo conhecimento das medidas,foi desenhado no programa AutoCADO projeto do corpo de prova (Figura 10)e posteriormente, através de máquina de corte a laser em MDF o corpo de prova foi confeccionado (Figura11).

Figura 10 - Desenho do corpo de prova no programa AutoCAD.


Fonte: Acervo Próprio

Dimensões do corpo de prova tipo IV segundo a norma ASTM D638: W- Largura da seção estreita: 6 mm

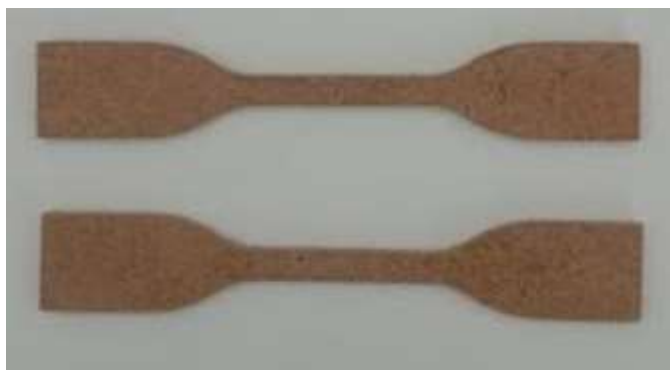
WO - Largura total: 19 mm

G - Comprimento padrão: 25 mm

L - Comprimento da seção estreita: 33 mm D - Distância entre as garras: 65 mm

LO - Comprimento total: 115 mm

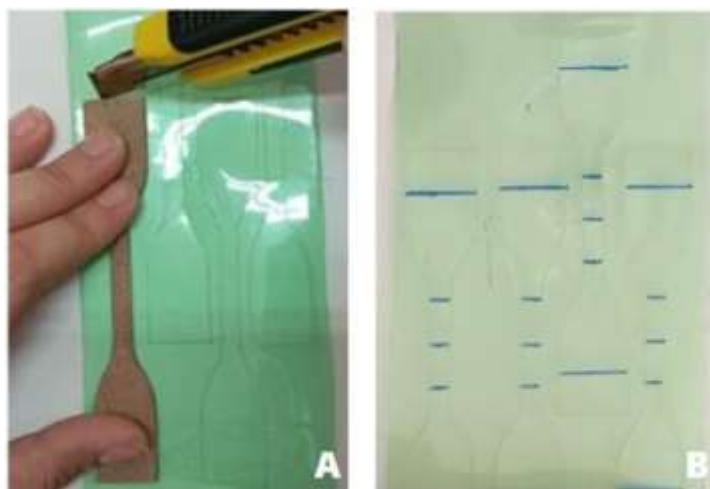
Figura 11 - Corpos de prova em MDF com corte a laser.



Fonte: Acervo Próprio

Para confecção dos corpos de prova, foi utilizada a área dos rótulos obtidos em cada garrafa selecionada. Tal área foi escolhida por se tratar de uma superfície normalmente sem nenhum designer estético da garrafa, ou seja, lisa, e por ser uma região conhecida de todas as marcas. O molde em MDF confeccionado conforme a norma ASTM D638, foi posicionado em cima da área de rótulo e desenhado com auxílio de estilete, posteriormente foi recortado com o auxílio de um estilete e uma tesoura. Após o recorte, fazendo-se o uso de caneta permanente e régua, marcou-se em cada corpo de prova o centro, comprimento da seção estreita e área das garras (Figura 12).

Figura 12 - Confeção das amostras: (A) delimitação do contorno do corpo de prova; (B) marcação com caneta no corpo de prova.



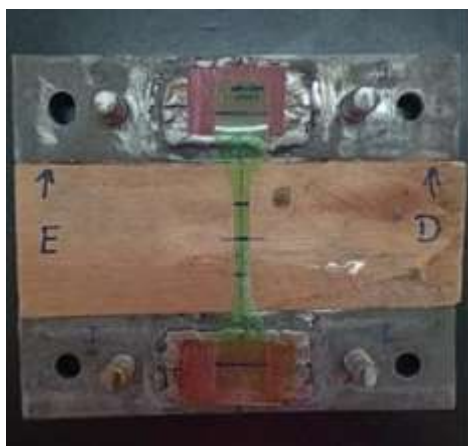
Fonte: Acervo Próprio

4.4. ENSAIO

Para cada marca foram selecionados 10 corpos de prova e cada corpo de prova foi submetido a cargas até atingir seu rompimento, a ordem do teste ocorreu seguindo os Princípios Básicos da Experimentação (repetição, casualização e controle local).

Para manter o padrão no posicionamento do corpo de prova nas garras de fixação, foi confeccionada uma estrutura de alinhamento (Figura 13) utilizada no momento de preparação do teste. Essa estrutura tem marcação central e assim foi possível verificar o posicionamento do centro das garras e do corpo de prova.

Figura 13 - Suporte utilizado para montagem do ensaio.



Fonte: Acervo Próprio

Para maior precisão e otimização dos processos no decorrer do ensaio e pelo fato da célula de carga utilizada ter uma capacidade de cinco toneladas, ou seja, ser menos sensível a pequenas cargas, antes de iniciar o teste, pesou-se a água e a armazenou em recipientes. Três recipientes comportavam 5 litros/cada e cinco menores comportavam 500 gramas/cada. Temos então dois meios de verificação de peso/ carga suportada pelo corpo de prova, a água antes pesada na balança e o obtido no visor digital.

A carga foi colocada da seguinte maneira: foram adicionados 5 kg de água com pausa de 1 minuto contabilizados no cronômetro, repetindo carga e tempo de espera 3 vezes, totalizando 15 kg. Posteriormente, foram adicionadas às cargas de 500 g com pausa de 1 minuto entre elas, repetindo esse procedimento até o rompimento do corpo de prova. Com o

rompimento do corpo de prova, cessava-se a colocação de carga e pesava-se a quantidade de água que não foi depositada no tambor, por diferença massa, calculou-se a quantidade de carga depositada nos recipientes de 500 g e assim, obtendo-se a carga total.

Ao utilizar o recipiente de 500g é possível ter maior precisão na verificação do peso suportado mesmo se ocorrer o rompimento no momento do teste e não na pausa estabelecida. Nesse caso, o peso sobressalente é pesado e descontado.

Estando tudo pronto dar-se-á início ao teste de tração, colocando no protótipo as garras junto com o corpo de prova. A fim de oferecer maior estabilidade do corpo de prova ao protótipo no momento do teste, foi adicionado às garras uma placa de inox presa por imãs(Figura 14), esta não oferece resistência ao PET.

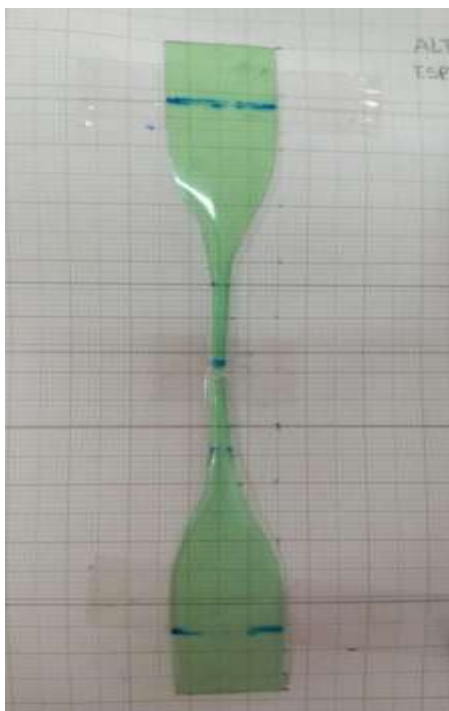
Figura 14 - Placa metálica utilizada para estabilização.



Fonte: Acervo Próprio

Quando a amostra é rompida, é retirada as garras e o tambor é esvaziado para novo teste. O corpo de prova rompido foi disposto em caderno de folhas milimetradas (Figura 15), possibilitando assim a apuração do alongamento de ruptura e da largura final da seção estreita. Igualmente, todos os testes foram realizados em temperatura ambiente de aproximadamente 28 °C.

Figura 15 - Corpo de prova rompido em papel milimetrado.



Fonte: Acervo Próprio

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para esse estudo, não foram ajustadas curvas que representassem um comportamento linear das cargas de rupturas identificadas, acredita-se que não ocorreu um efeito linear por não haver uma padronização construtiva das embalagens, sendo assim, não há clareza na quantidade de material utilizado em cada embalagem, dessa forma, foi realizado apenas uma análise descritiva dos resultados obtidos.

5.1. MÁQUINA DE AFERIÇÃO DE CARGAS

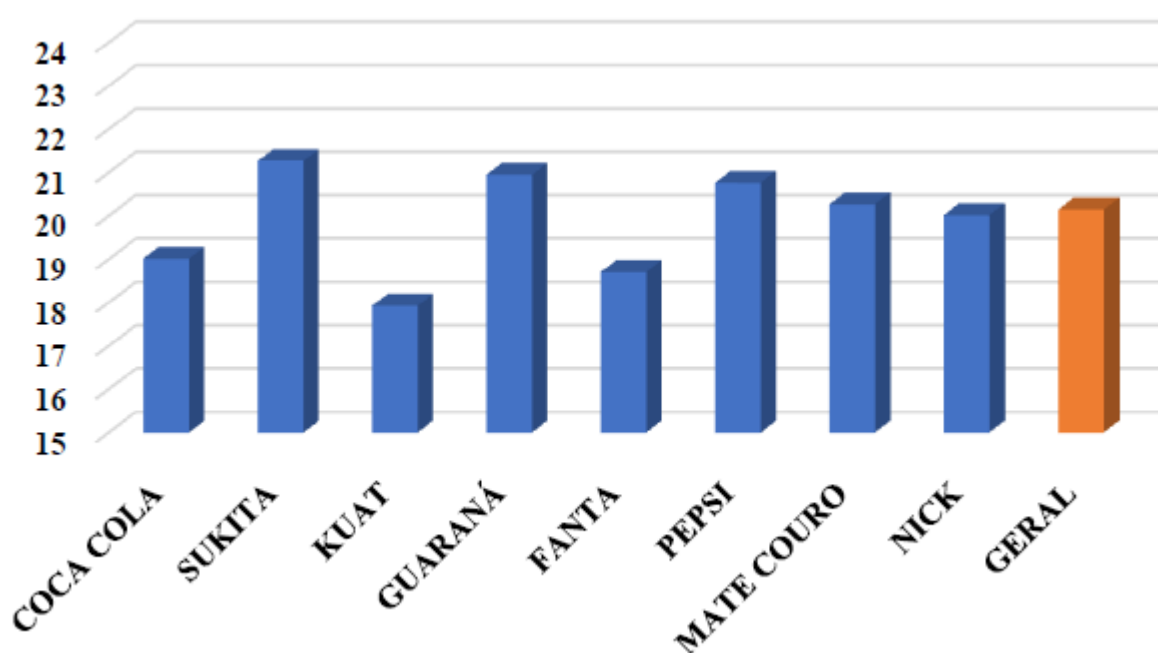
A máquina desenvolvida para fazer a aferição de cargas aplicadas nos corpos de prova de PET apresentou um bom desempenho e em nenhum momento apresentou falha estrutural. Ressalta-se que quando possível é indicado utilizar célula de carga de menor capacidade e ou utilizar

máquina tradicional para o teste de tração, visto que essa máquina traça as curvas de cargas de ruptura instantaneamente.

5.2 RESULTADOS DA MÉDIA DOS VALORES (CARGAS DE RUPTURA, ALONGAMENTO DE RUPTURA E LARGURA DOS CORPOS DE PROVA) DOS CORPOS DE PROVA DE PET.

Na figura 16, estão apresentadas as médias das cargas de rupturas dos dez corpos de provas utilizadas no estudo para cada marca analisada.

Figura 16 - Média das Cargas de Ruptura em kg.



Para cada marca analisada, foram obtidos os valores médios da carga de ruptura, desvio padrão e coeficiente de variação que estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação das cargas de ruptura kg/ MPa.

Cargas de Ruptura kg / MPa									
	Coca Cola	Guaraná	Sukita	Pepsi	Nick	Mate Couro	Kuat	Fanta	Geral
Média	19,015 (22,38)	20,950 (29,58)	21,265 (33,78)	20,765 (32,99)	20,015 (28,26)	20,265 (28,62)	1,925 (18,98)	18,705 (22,01)	20,140 (28,44)
Desvio Padrão	1,098	1,609	1,934	1,01807	2,2760834	2,352	0,617	1,814	1,193
Coef. De Variação (%)	6%	8%	9%	5%	11%	12%	3%	10%	6%

Para o grupo de marcas estudadas, observa-se que o coeficiente de variação obtido nas médias das cargas aplicadas (Tabela 4), apresentou valores abaixo de 15%, demonstrando baixa dispersão e dados homogêneos.

Entre as cargas obtidas, observa-se que a menor carga foi identificada para a marca Kumat com 17,925 kg/ 18,98 MPa, sendo a maior carga identificada para a marca Sukita com 21,265 kg/ 33,78 MPa. A diferença entre a menor e a maior carga identificada é de 18,63 %. As demais marcas obtiveram cargas de ruptura próximas a média geral de carga 20,140 kg/ 28,44 MPa.

As propriedades mecânicas dos polímeros são definidas pelo jeito com que esses materiais respondem aos testes aplicados, podendo ser do tipo tensão ou deformação. O tipo de resposta do material vai depender da estrutura química, temperatura, tempo e das condições de processamento na qual esse polímero foi submetido (JUNIOR, 2006)

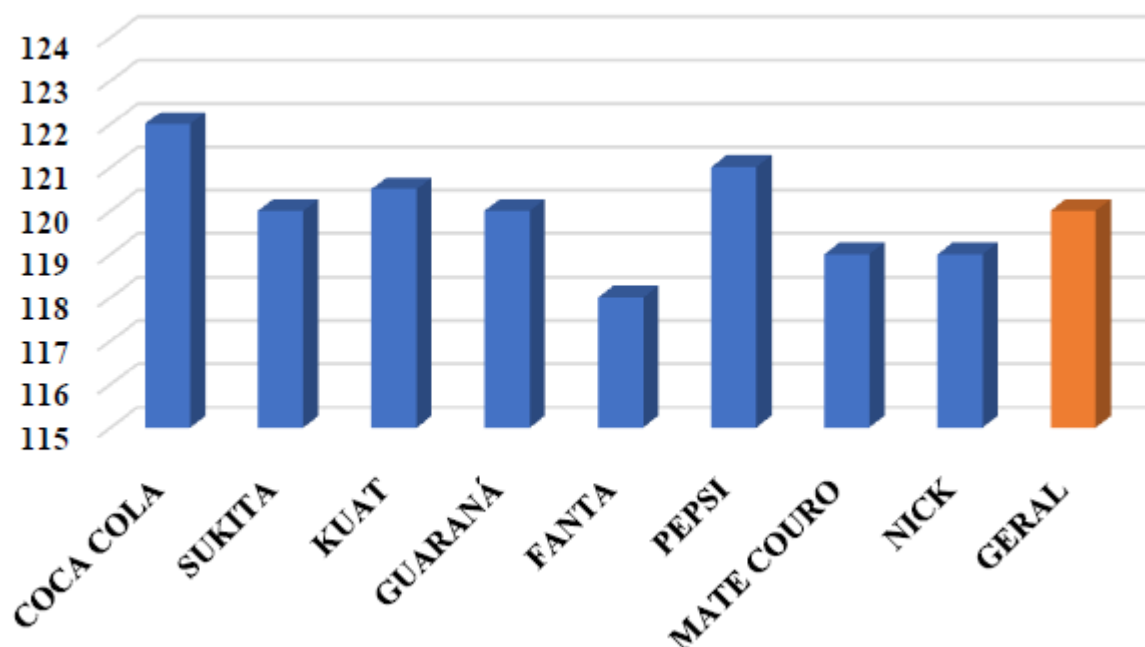
Em um trabalho desenvolvido por Moura (2011) o autor avalia a resistência à tração do PET quando este é modificado adicionando compósitos em sua composição, por exemplo, flocos de vidro. Ao comparar resultados de PET reciclado com PET com adição de flocos de vidro em sua matriz em diferentes proporções, o autor observou que a resistência à tração desses foi inferior. Sendo a resistência a tração do PET reciclado de $43,96 \pm 3,70$; PET/ 5% de flocos de vidro $27,14 \pm 2,93$; PET/10% de flocos de vidro $35,02 \pm 2,39$ e PET/20% flocos de vidro com $38,38 \pm 2,78$ MPa. Moura (2011), utilizou em seu experimento a norma ASTM D638, corpo de prova tipo I, tendo esse, 13 mm de largura da seção estreita.

Os resultados obtidos por Moura (2011) diferem dos resultados no trabalho desenvolvido em virtude dos corpos de prova utilizados no trabalho possuem largura superior ao do trabalho desenvolvido, o que interfere diretamente na resistência à tração.

Jucá (2017) ao estudar as propriedades mecânicas em diferentes temperaturas do PET, traçou curvas de tensão x deformação para grupos de temperaturas de 25 (temperatura ambiente), 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 graus Celsius. O autor em seu trabalho analisou o comportamento de cada grupo e se mostrou diferente em relação ao comportamento ao rompimento e a resistência. A maior resistência a tração encontrada pelo autor foi na temperatura de 40°C com valor de 213,15 MPa, superando em 18,7% em relação à amostra em temperatura ambiente, que obteve a segunda maior resistência com valor de 176,45 MPa. Todos os outros valores de resistência se mantiveram abaixo do encontrado no teste com 25°C e 40°C.

Afigura 17 traz os valores de alongamento de ruptura em milímetros de cada grupo de amostragem a média geral de alongamento.

Figura 17 - Média do alongamento de ruptura mm.



Para cada marca analisada, foram obtidos os valores médios do alongamento de ruptura, desvio padrão e coeficiente de variação que estão apresentados na tabela 5 em função das cargas aplicadas.

Tabela 5 -Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação do alongamento final em mm das amostras.

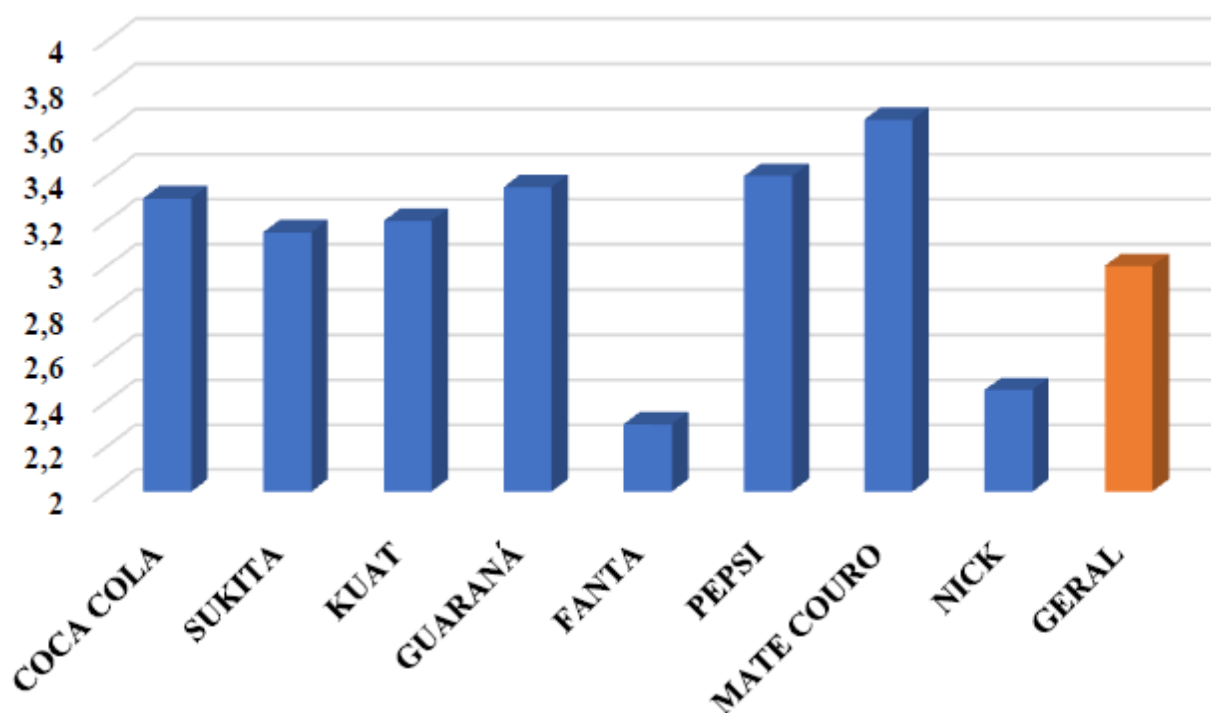
Alongamento de Ruptura mm									
	Coca Cola	Guaraná	Sukita	Pepsi	Nick	Mate Couro	Kuat	Fanta	Geral
Média	122,0	120,0	120,0	121,0	119,0	119,0	120,5	118,0	120,0
Desvio Padrão	1,3	2,3	2,4	1,8	2,0	2,5	2,0	1,8	1,3
Coef. De Variação (%)	1%	2%	2%	1%	2%	2%	2%	1%	1%

Conforme demonstrado na Figura 17, a marca estudada que apresentou maior alongamento de ruptura foi a Coca Cola, com um alongamento de 122 mm, 7 milímetros a mais do que o tamanho inicial da amostra, ou seja 6,08 %. Já a marca que apresentou menor alongamento foi a Fanta, 118 mm, resultando numa variação de 2,60% em relação ao tamanho inicial da amostra. A média geral de

alongamento de ruptura foi de 120 mm ou 4,34% em relação ao valor inicial. Todas as amostras tinham tamanhos iguais a 115 mm seguindo a norma ASTM 638.

A figura 18 traz os valores de largura final em milímetros de cada grupo de amostras e a média geral.

Figura 18 - Média da largura final em mm.



Para cada marca analisada, foram obtidos os valores médios da largura final de ruptura, desvio padrão e coeficiente de variação que estão apresentados na tabela 6 em função das cargas aplicadas.

Tabela 6 -Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação da largura final em mm das amostras.

Largura Final mm									
	Coca Cola	Guaraná	Sukita	Pepsi	Nick	Mate Couro	Kuat	Fanta	Geral
Média	2,7	2,7	2,9	2,6	3,6	2,4	2,8	3,7	3,0
Desvio Padrão	0,4	0,7	0,9	0,3	1,1	0,8	0,6	0,3	0,5
Coef. De Variação (%)	14%	26%	32%	10%	30%	33%	22%	8%	16%

A norma ASTM 638 também define as larguras do centro para os corpos de prova, assim seguindo as definições do corpo de prova tipo IV a largura inicial era de 6 milímetros para todas as amostras. A Figura 18 mostra o valor resultante da diferença de larguras das amostras.

A marca que teve a maior redução na largura foi a Fanta com valor resultante de 2,3 mm em média, aproximadamente 61,66% menor que o tamanho inicial. A marca que apresentou menor alteração foi a Mate Couro, seu valor final foi de 3,65 mm que equivale a 39,16% em relação ao tamanho inicial. A média geral da perda em largura ficou em 3 mm.

Zarur (2018) apresenta a partir do ensaio realizado com máquina de tração no PET o valor resultante para largura. No trabalho desenvolvido por Zarur (2018) a largura inicial do corpo de prova era de 13,1 mm e a largura final foi de 11,43 mm, tendo, portanto, uma redução de somente 12,74 %. Por conseguinte, é possível afirmar que a largura inicial interfere diretamente na deformação, sendo o Mate Couro a menor alteração com 39,16% e a amostra apresentada pelo trabalho citado com apenas 12,74%.

Foram utilizadas para cada grupo/ marca, 10 amostras. Os autores (MOURA, 2011; JUCÁ 2017) também utilizaram uma série de 10 corpos de prova para análise. Foram determinados os valores de média, desvio padrão e coeficiente de variação.

5.3. ALONGAMENTO DE RUPTURA E LARGURA DOS CORPOS DE PROVA DE PET PARA CADA MARCA DE REFRIGERANTE.

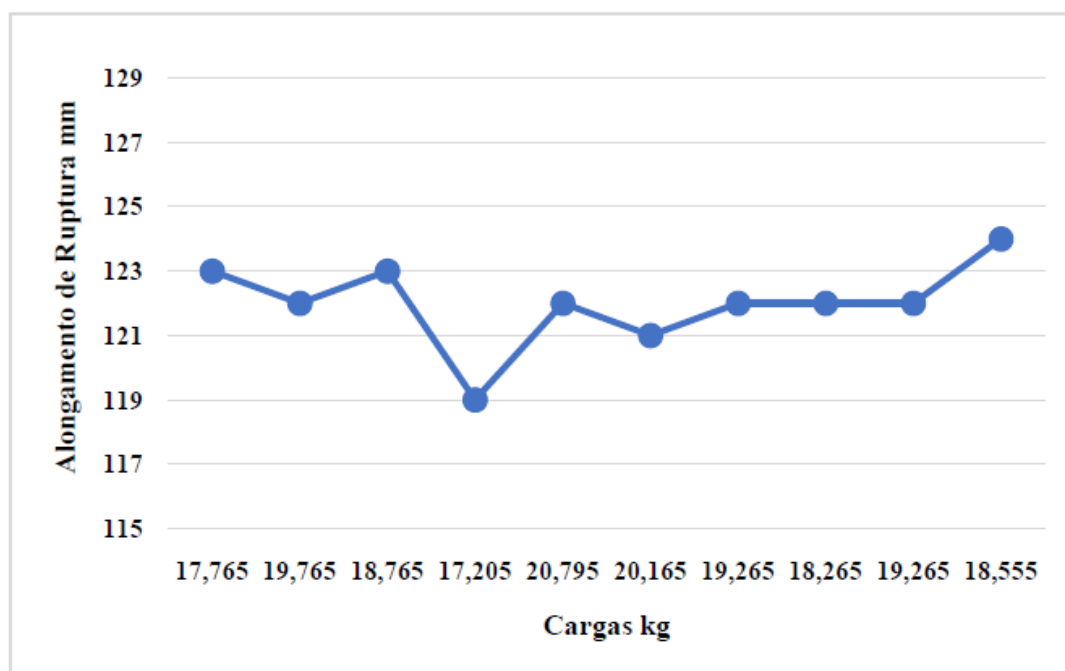
Na tabela 7 e imagens 19 e 20 estão sendo demonstrado o comportamento do alongamento de ruptura e da largura do corpo de prova das amostras do pet de Coca Cola em função das cargas aplicadas, assim como desvio padrão e coeficiente de variação.

Tabela 7 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação das amostras de PET do refrigerante Coca Cola.

COCA			
	Carga de Ruptura kg	Alongamento mm	Largura mm
Média	19,015	122	2,7
Desvio Padrão	1,098	1,333	0,387
Coef. De Variação (%)	5,77%	1%	14%

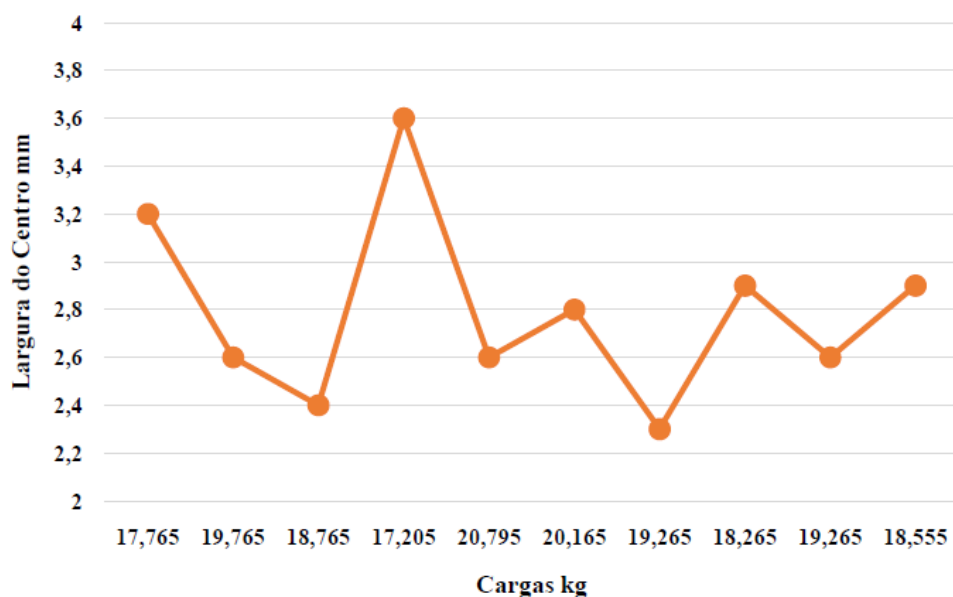
Entre os parâmetros analisados para marca Coca Cola (Tabela 7) observa-se que os coeficientes de variação obtidos, apresentaram valores abaixo de 15%, demonstrando baixa dispersão e dados homogêneos.

Figura 19 - Gráfico de deformação no alongamento x carga das amostras de PET do refrigerante Coca Cola



A décima amostra teve o maior alongamento de ruptura de 124 mm com carga de 18,555kgjá a menor medida de alongamento foi na quarta amostra com valor de 119 mm e carga de 17,205 kg. A média de carga encontrada para a marca Coca Cola foi de 19,015 kg. O alongamento médio de ruptura das amostras ficou em 122 mm, as amostras citadas variaram em torno da média em 1,63% e 2,45% respectivamente.

Figura 20 - Gráfico de deformação na largura x carga das amostras de PET do refrigerante Coca Cola.



Levando em consideração que a largura inicial do corpo de prova era de 6 milímetros a menor alteração em largura foi encontrada na quarta amostra que permaneceu em 3,6 mm quando submetida a uma carga de 17,205 kg aplicados. Já a que teve maior perda de largura foi a sétima amostra com o resultado de 2,3 mm quando submetida a uma carga de 19,265 kg. A média de deformação na largura para a marca Coca Cola foi de 2,7 mm, portanto a quarta amostra variou em torno dessa média em 33,33% e sétima amostra em 14,81%.

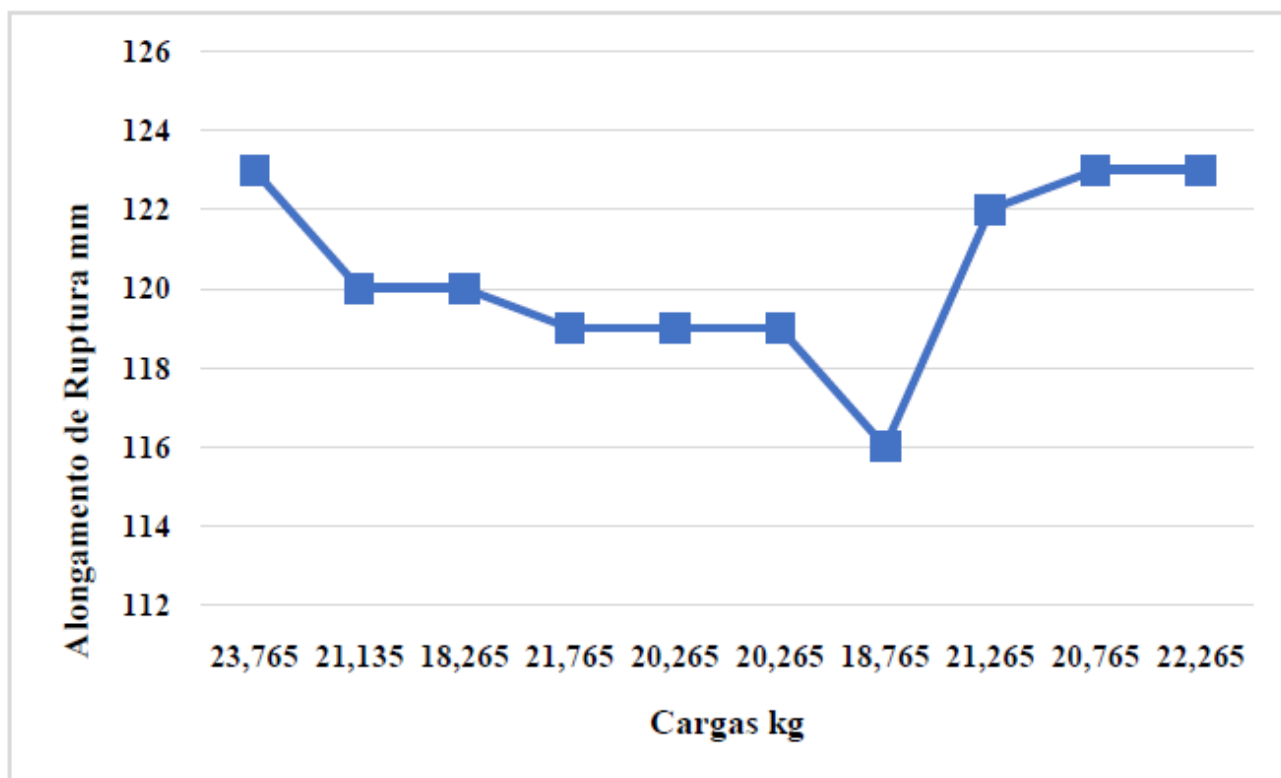
Na tabela 8 e imagens 21 e 22 estão sendo demonstrado o comportamento do alongamento de ruptura e da largura do corpo de prova das amostras do pet de Guaraná em função das cargas aplicadas, assim como desvio padrão e coeficiente de variação.

Tabela 8 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação das amostras de PET do refrigerante Guaraná.

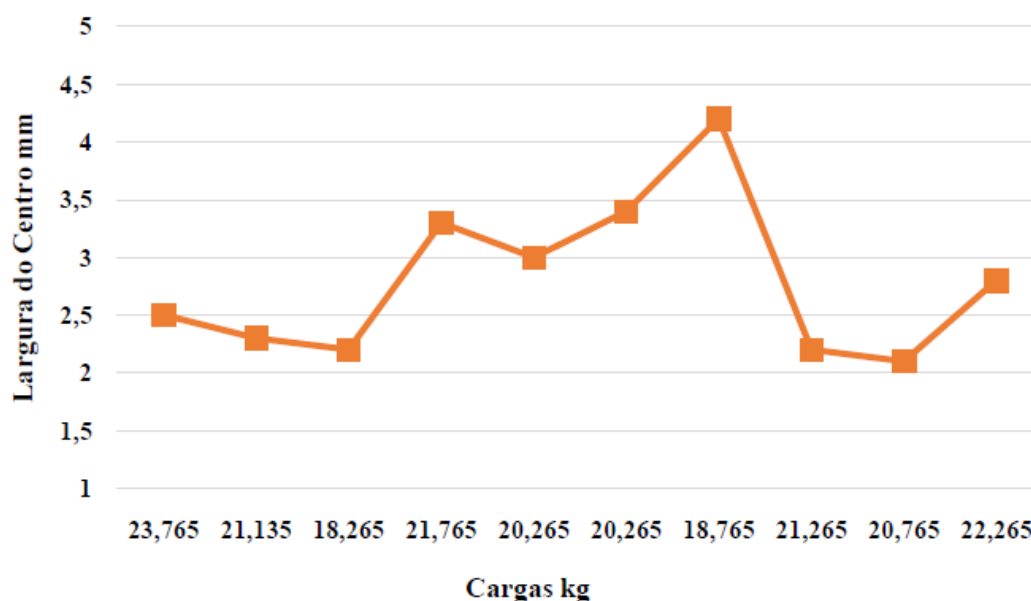
GUARANÁ			
	Carga de Ruptura kg	Alongamento mm	Largura mm
Media	20,95	120	2,65
Desvio Padrão	1,609	2,319	0,680
Coef. De Variação (%)	7,68%	2%	26%

Entre os parâmetros analisados para a marca Guaraná (Tabela 8) observa-se que os coeficientes de variação obtidos para carga de ruptura e alongamento de ruptura, apresentaram valores abaixo de 15%, demonstrando baixa dispersão e dados homogêneos. Entretanto o valor 26% encontrado para a largura, demonstra uma média dispersão, pois o valor encontrasse entre 15 e 30% conforme descreve Rigonatto (2022).

Figura 21- Gráfico de deformação no alongamento x carga das amostras de PET do refrigerante Guaraná.



O gráfico de deformação no alongamento de ruptura mostra que o menor alongamento foi de 116 mm para a sétima amostra, quando submetida a uma carga de 18,765 kg. A maior medida de alongamento alcançada para marca Guaraná foi de 123 mm, na primeira, nona e décima amostra, com três cargas diferentes: 23,765 kg, 20,765 kg e 22,265 kg, respectivamente. A média de carga de ruptura foi de 20,95 kg e a média de alongamento de ruptura foi de 120 mm. O valor resultante do alongamento da sétima amostra difere da média de alongamento de ruptura em 3,33%, já das demais amostras que obtiveram 123 mm difere da média em 2,5%.

Figura 22- Gráfico de deformação na largura x carga das amostras de PET do refrigerante Guaraná.

A sétima amostra apresentou uma largura de 4,2 mm quando submetida a uma carga de 18,765 kg, essa amostra tem uma diferença de 58,49% em relação à média de largura, que foi de 2,65 mm. Já a nona amostra obteve diferença de 20,75% da média, apresentando a menor largura para a marca Guaraná com 2,1 mm quando submetida a uma carga de 20,765 kg.

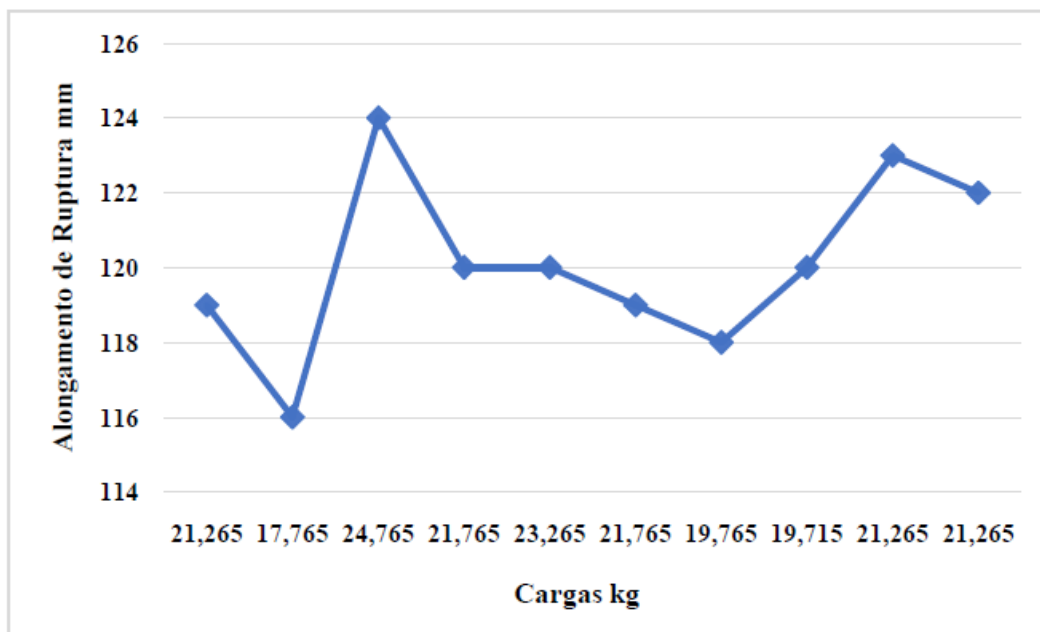
Na tabela 9 e imagens 23 e 24 estão sendo demonstrado o comportamento do alongamento de ruptura e da largura do corpo de prova das amostras do PET de Sukita em função das cargas aplicadas, assim como desvio padrão e coeficiente de variação.

Tabela 9 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação das amostras de PET do refrigerante Sukita.

SUKITA			
	Carga de Ruptura kg	Alongamento mm	Largura mm
Média	21,265	120	2,85
Desvio Padrão	1,934	2,378	0,914
Coef. De Variação (%)	9,09%	2%	32%

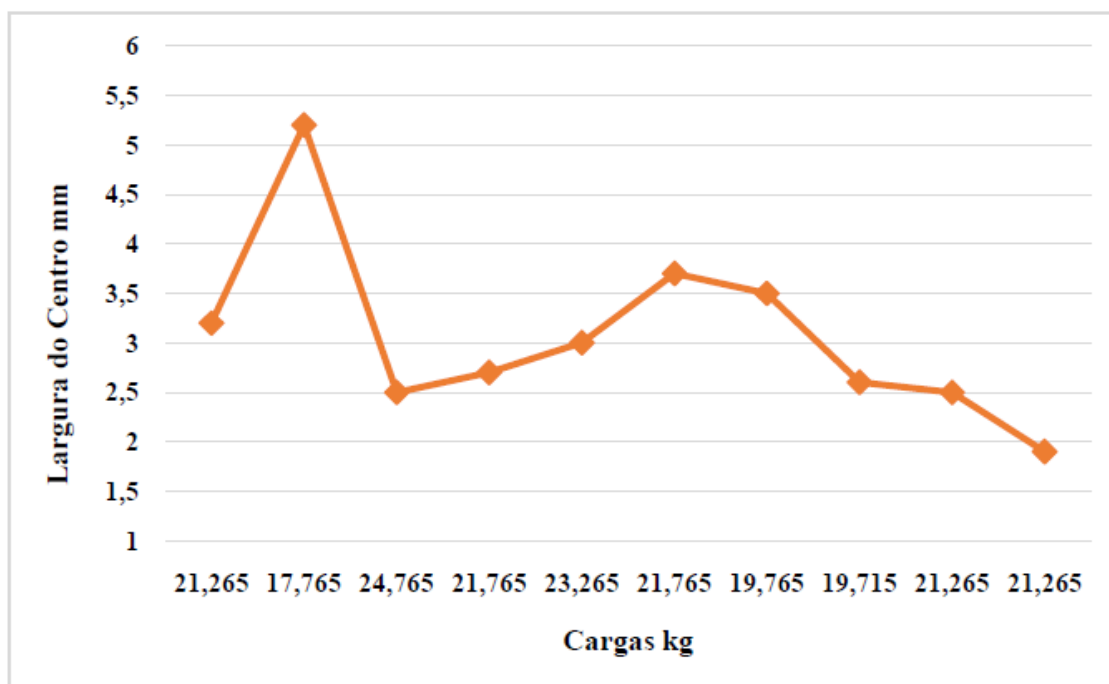
Entre os parâmetros analisados para marca Sukita (Tabela 9) observa-se que os coeficientes de variação obtidos, apresentaram valores abaixo de 15%, demonstrando baixa dispersão e dados homogêneos nas variáveis de carga de ruptura e alongamento. Já o valor de 32% encontrado para a largura, demonstra uma alta dispersão, pois o valor é superior a 30% conforme explica Rigonatto (2022).

Figura 23- Gráfico de deformação no alongamento x carga das amostras de PET do refrigerante Sukita.



O menor e maior valor de alongamento observado para a marca Sukita foi de 116mm na carga de 17,765 kge 124 mm a 24,765 kg, respectivamente. A média de alongamento de ruptura da Sukita ficou em 120 mm e da carga de ruptura foi 21,265 kg. A segunda e terceira amostra variaram em torno da média de alongamento de ruptura em 3,33%.

Figura 24- Gráfico de deformação na largura x carga das amostras de PET do refrigerante Sukita.



Tendo como princípio que a largura inicial do corpo de prova era de 6 milímetros a menor deformação dessa medida da Sukita ficou em 5,2 mm na carga de 17,765 kg, sendo essa a segunda amostra, e a maior perda de largura ocorreu na décima amostra ficando com 1,9 mm na carga de 21,265 kg. A largura de centro média é de 2,85 mm, a décima amostra apresenta variação de 33,33% referente a média, já a segunda amostra apresenta variação de 45%.

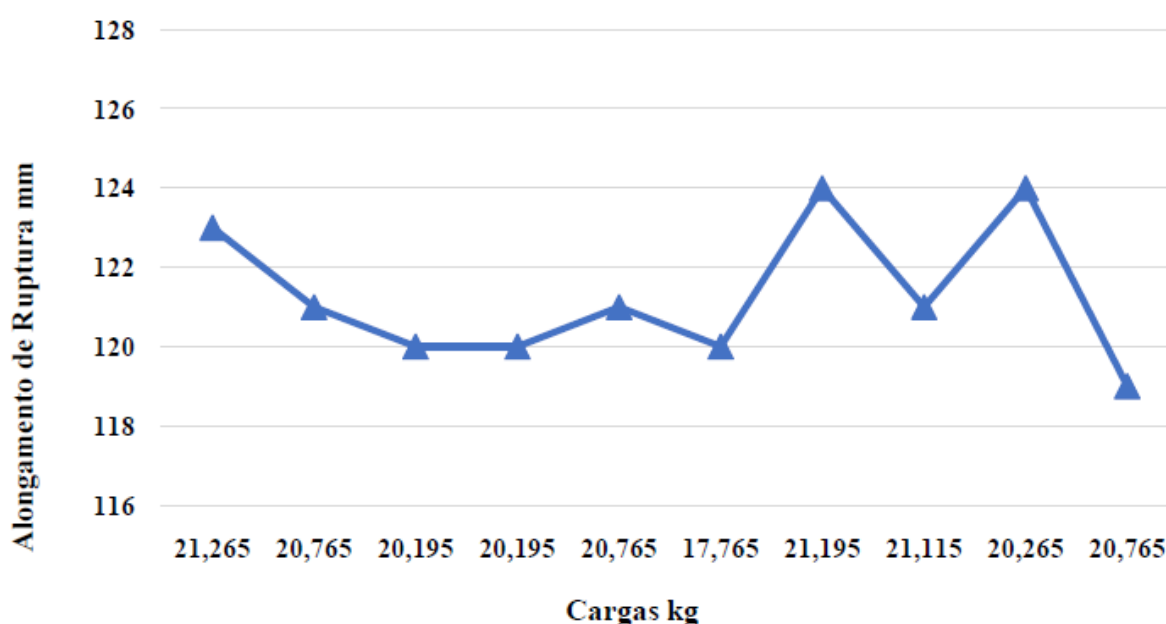
Na tabela 10 e imagens 25 e 26 estão sendo demonstrado o comportamento do alongamento de ruptura e da largura do corpo de prova das amostras do pet de Pepsi em função das cargas aplicadas, assim como desvio padrão e coeficiente de variação.

Tabela 10 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação das amostras de PET do refrigerante Pepsi.

PEPSI			
	Carga de Ruptura kg	Alongamento mm	Largura mm
Média	20,765	121	2,6
Desvio Padrão	1,018	1,767	0,251
Coef. De Variação (%)	4,90%	1%	10%

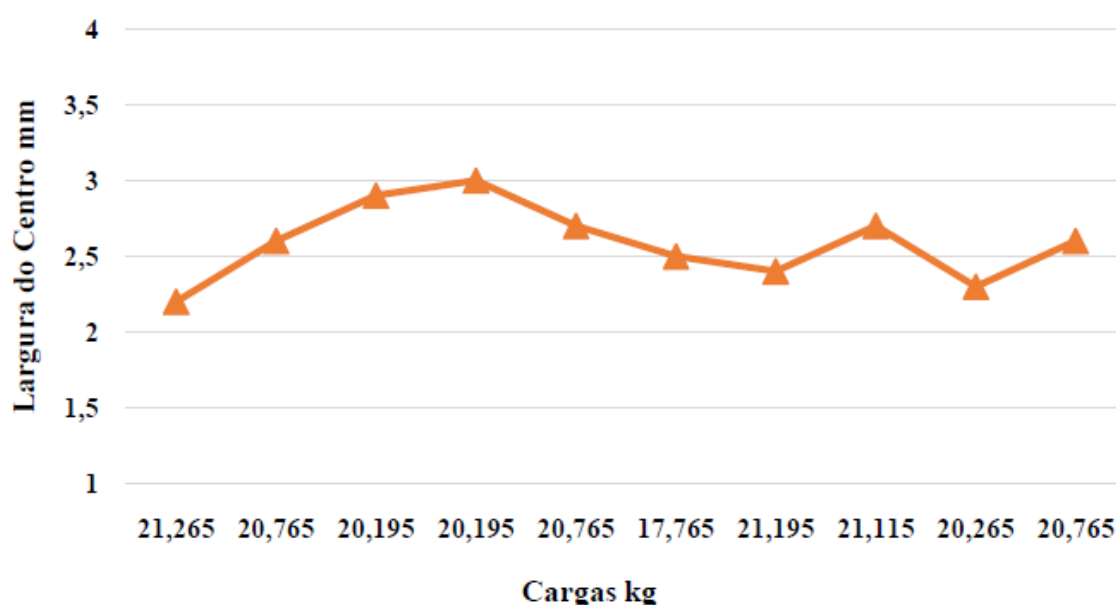
Entre os parâmetros analisados para marca Pepsi (Tabela 10) observa-se que os coeficientes de variação obtidos, apresentaram valores abaixo de 15%, demonstrando baixa dispersão e dados homogêneos.

Figura 25- Gráfico de deformação no alongamento x carga das amostras de PET do refrigerante Pepsi.



No teste realizado nos corpos de prova da marca Pepsi, foi observado que a sétima e nona amostra obtiveram o mesmo resultado no alongamento de ruptura, apresentando valores de 124 mm, quando submetidas a uma carga de 21,195 kg e 20,265 kg respectivamente. Já o menor alongamento de ruptura foi observado na décima amostra, com 119 mm e carga de 20,765 kg. A média de carga foi de 20,765 kge a de alongamento 121mm. A maior medida encontrada distingue-se da média de alongamento de ruptura em 2,47% e a menor em 1,65%.

Figura 26- Gráfico de deformação na largura x carga das amostras de PET do refrigerante Pepsi.



A menor deformação em largura foi na quarta amostra, com resultado igual a metade do valor inicial, 3 mm, com 20,195 kg. Já a maior deformação foi na primeira amostra, com 2,2 mm e 21,285kg como resultado. A média encontrada para esse parâmetro foi de 2,6 mm. A porcentagem entre a média e os valores de menor e maior deformação foi de $\pm 15,38\%$.

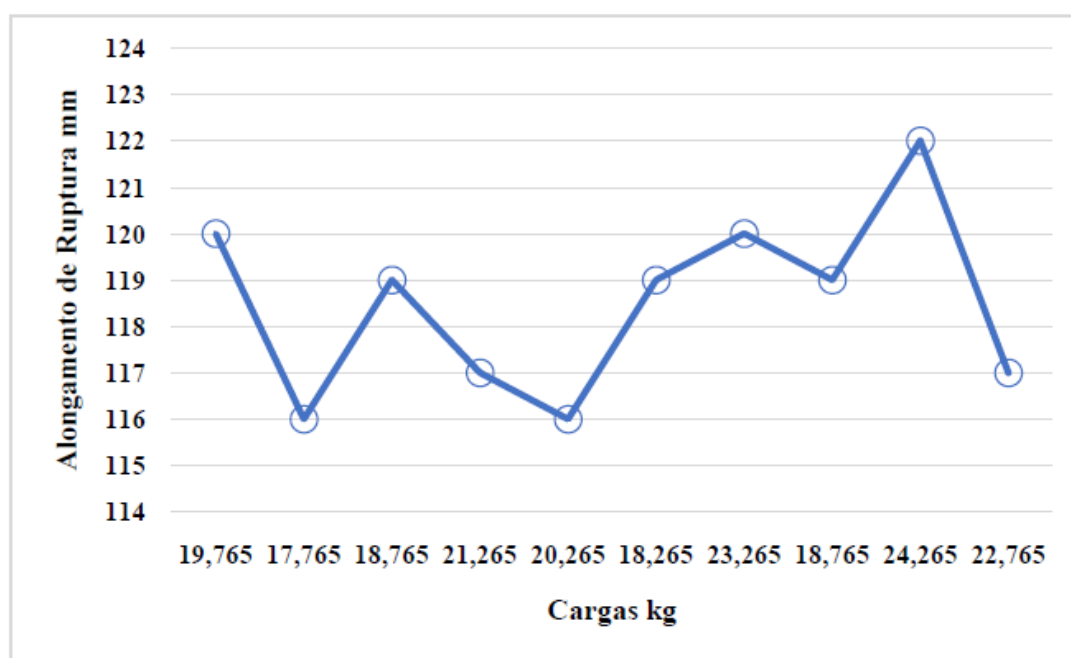
Na tabela 11 e imagens 27 e 28 estão sendo demonstrados o comportamento do alongamento de ruptura e da largura do corpo de prova das amostras do pet de Nick em função das cargas aplicadas, assim como desvio padrão e coeficiente de variação.

Tabela 11 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação das amostras de PET do refrigerante Nick.

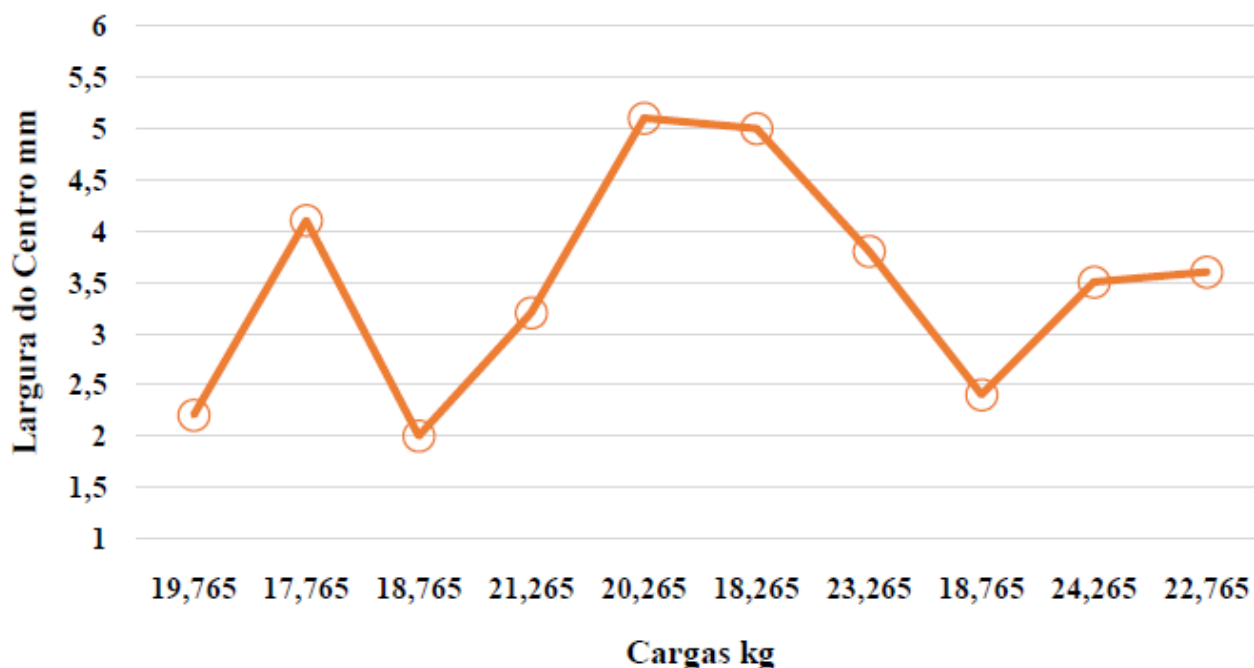
NICK			
	Carga de Ruptura kg	Alongamento mm	Largura mm
Média	20,015	119	3,55
Desvio Padrão	2,276	1,958	1,081
Coef. De Variação (%)	11,37%	2%	30%

Entre os parâmetros analisados para marca Nick (Tabela 11) observa-se que os coeficientes de variação obtidos para a carga de ruptura e alongamento apresentaram valores abaixo de 15%, demonstrando baixa dispersão. Já o valor de 30% encontrado para a largura, demonstra uma média dispersão (RIGONATTO, 2022).

Figura 27- Gráfico de deformação no alongamento x carga das amostras de PET do refrigerante Nick.



O segundo e quinto corpo de prova obtiveram o mesmo alongamento de ruptura de 116 mm nas cargas de 17,765 kg e 20,265 kg, ou seja, elas dilataram somente 1 milímetro, mesmo quando submetidas a diferentes cargas. O corpo de prova de maior alongamento foi o do nono teste, 122 mm a uma carga de 24,265 kg. A média de carga suportada para a marca Nick foi de 20,015 kg e a média de alongamento de ruptura foi 119 mm. Todos os testes citados variaram $\pm 2,52\%$ cada em relação à média.

Figura 28- Gráfico de deformação na largura x carga das amostras de PET do refrigerante Nick.

A marca Nick apresentou um coeficiente de variação alto para a largura mm 30%. O quinto teste sofreu menor deformação, seguido pelo sexto teste. Eles tiveram diferença de somente um milímetro, sendo 5,1 mm na carga de 20,265 kg e 5 mm na carga de 18,265 kg respectivamente. Já a terceira amostra sofreu maior deformação com 2 mm a uma carga de 18,765kg. A média de deformação na largura foi de 3,55 mm e a variação em torno dessa média dos testes 5 e 3 foram $\pm 43,66\%$.

Na tabela 12 e imagens 29 e 30 estão sendo demonstrados o comportamento do alongamento de ruptura e da largura do corpo de prova das amostras do pet de Mate Couro em função das cargas aplicadas, assim como desvio padrão e coeficiente de variação.

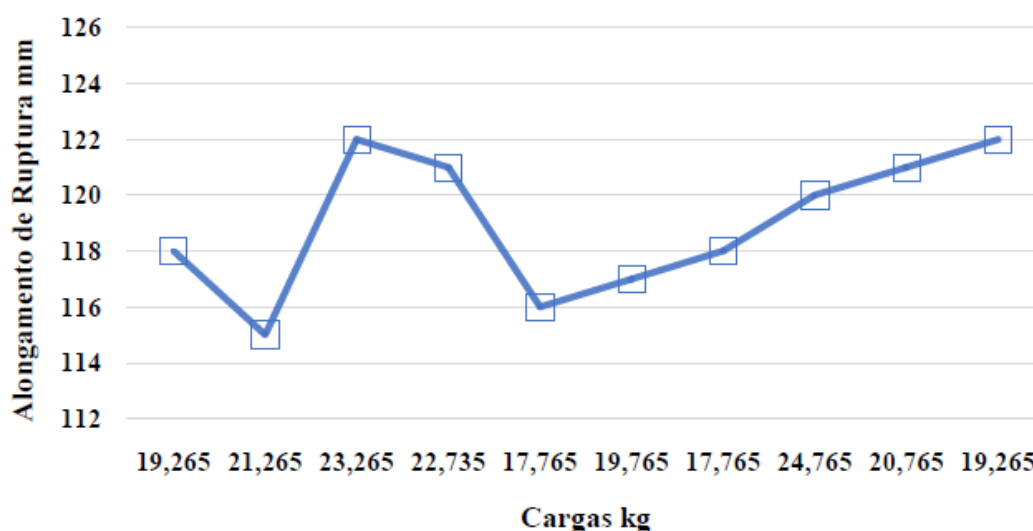
Tabela 12 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação das amostras de PET do refrigerante Mate Couro.

MATE COURO			
	Carga de Ruptura kg	Alongamento mm	Largura mm
Média	20,265	119	2,35
Desvio Padrão	2,352	2,539	0,773
Coef. De Variação (%)	11,60%	2%	33%

Entre os parâmetros analisados para marca Mate Couro (Tabela 12) observa-se que os coeficientes de variação obtidos, apresentaram valores abaixo de 15%, demonstrando baixa dispersão e dados

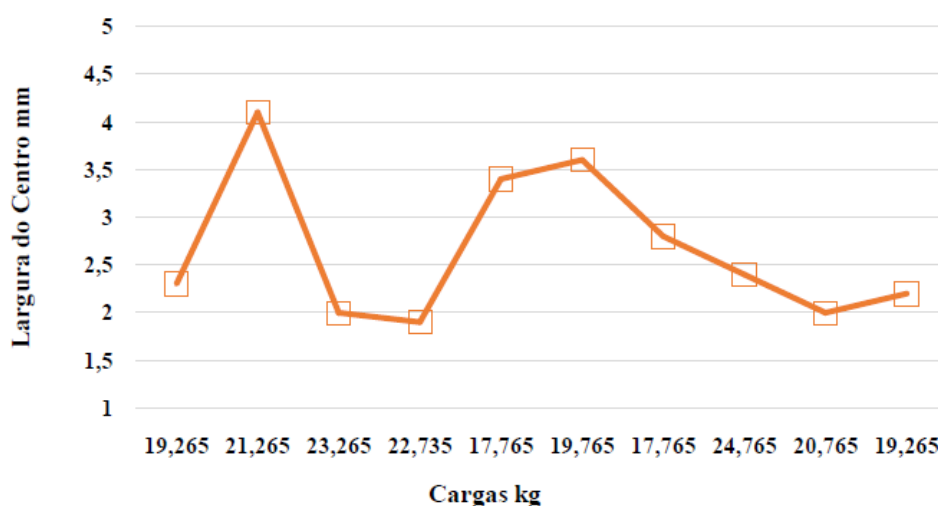
homogêneos nas variáveis de carga de ruptura e alongamento. Já o valor de 33% encontrado para a largura, demonstra uma alta dispersão, dados heterogêneos, conforme explica Rigonatto (2022).

Figura 29- Gráfico de deformação no alongamento x carga das amostras de PET do refrigerante Mate Couro.



A segunda amostra da Mate Couro não sofreu nenhuma alteração em seu comprimento, mantendo os 115 mm, mesmo quando submetida a uma carga de 21,265 kg. Essa foi a única marca dentre as oito analisadas que apresentou em seus resultados uma amostra sem deformação. A terceira amostra alcançou 122mm na carga de 23,265 kg. A média de carga da marca Mate Couro foi de 20,265 kg e de alongamento de ruptura 119 mm. Os valores da segunda e terceira amostravariaram em torno da média de alongamento de ruptura em 3,36% e 2,52% respectivamente.

Figura 30- Gráfico de deformação na largura x carga das amostras de PET do refrigerante Mate Couro.



Assim como nos resultados de deformação na largura para a marca Nick, a marca Mate Couro apresentou resultados que possuem somente 1 milímetro de diferença. Na Mate Couro a quinta e quarta foram as que sofreram maior deformação ficando com 1,9 mm e 2 mm em sua largura quando submetidas às cargas 22,735 kg e 23,265kg, respectivamente. Já a menor deformação ocorreu na segunda amostra, com 4,1 mm quando submetida a uma carga de 21,265 kg. A média de largura foi de 2,35mm e ao comparar essa média com os valores de largura da quinta e segunda amostramos uma variação de 19,14% e 74,46%, respectivamente.

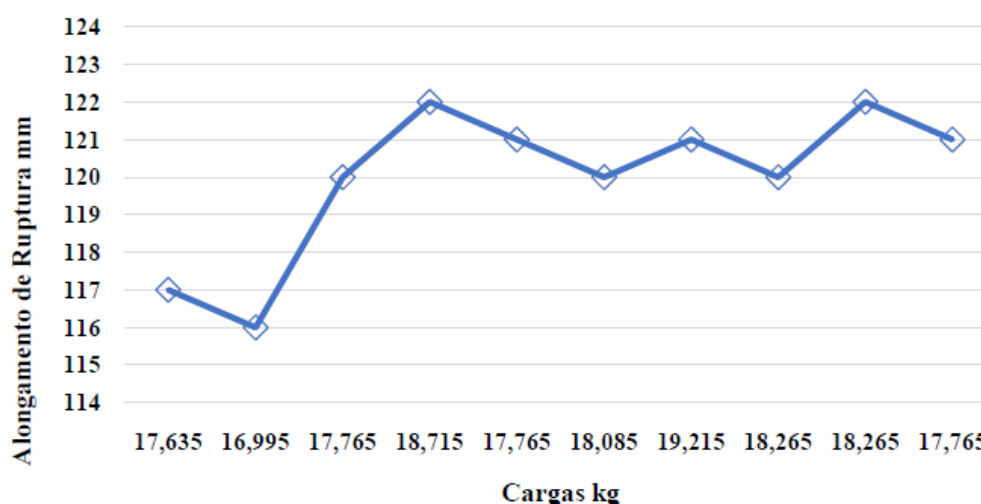
Na tabela 13 e imagens 31 e 32 estão sendo demonstrados o comportamento do alongamento de ruptura e da largura do corpo de prova das amostras do pet de Kuat em função das cargas aplicadas, assim como desvio padrão e coeficiente de variação.

Tabela 13 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação das amostras de PET do refrigerante Kuat.

KUAT			
	Carga de Ruptura kg	Alongamento mm	Largura mm
Média	17,925	120,5	2,8
Desvio Padrão	0,617	2,000	0,624
Coef. De Variação (%)	3,44%	2%	22%

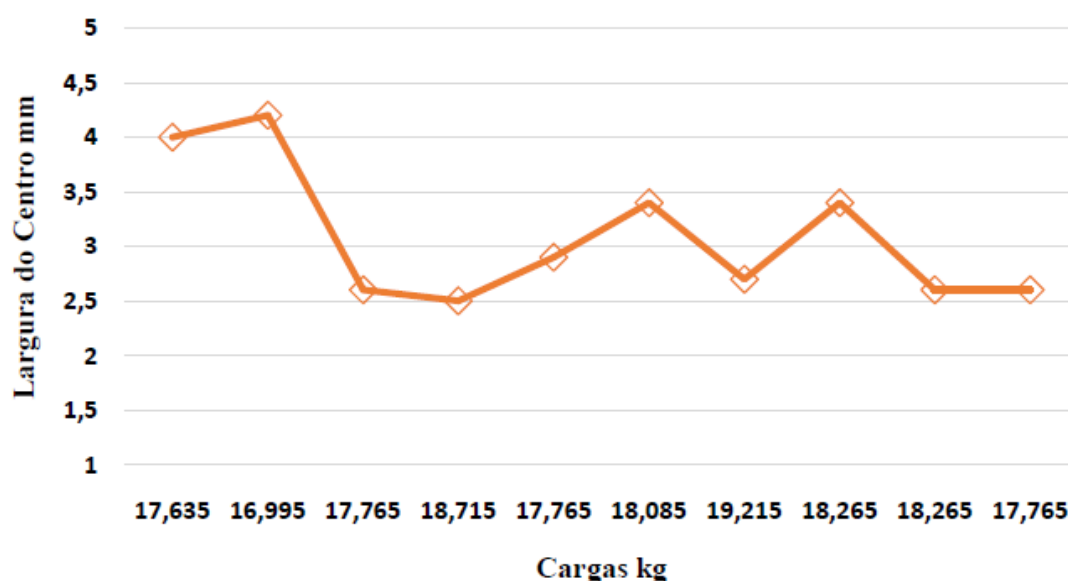
Entre os parâmetros analisados para marca Kuat demonstrados na tabela 13, observa-se que os coeficientes de variação obtidos para a carga de ruptura e alongamento apresentaram valores abaixo de 15%, demonstrando baixa dispersão. Já o valor de 22% encontrado para a largura, demonstra uma média dispersão (RIGONATTO, 2022).

Figura 31- Gráfico de deformação no alongamento x carga das amostras de PET do refrigerante Kuat.



A quarta e nona amostra obtiveram o maior alongamento de ruptura registrado para a marca Kuat, com 122 mm. A quarta amostra chegou a suportar 18,715 kg e a nona amostra 18,265 kg. Já a menor deformação foi de 116 mm encontrada para a segunda amostra, quando submetida a uma carga de 16,995 kg. O valor de carga média encontrada para todas as amostras testadas da marca Kuat foi de 17,925 kg e a média de alongamento de ruptura foi de 120,5 mm. A amostra de maior alongamento difere da média em 1,24% e o menor alongamento em 3,73%.

Figura 32- Gráfico de deformação na largura x carga das amostras de PET do refrigerante Kuat.



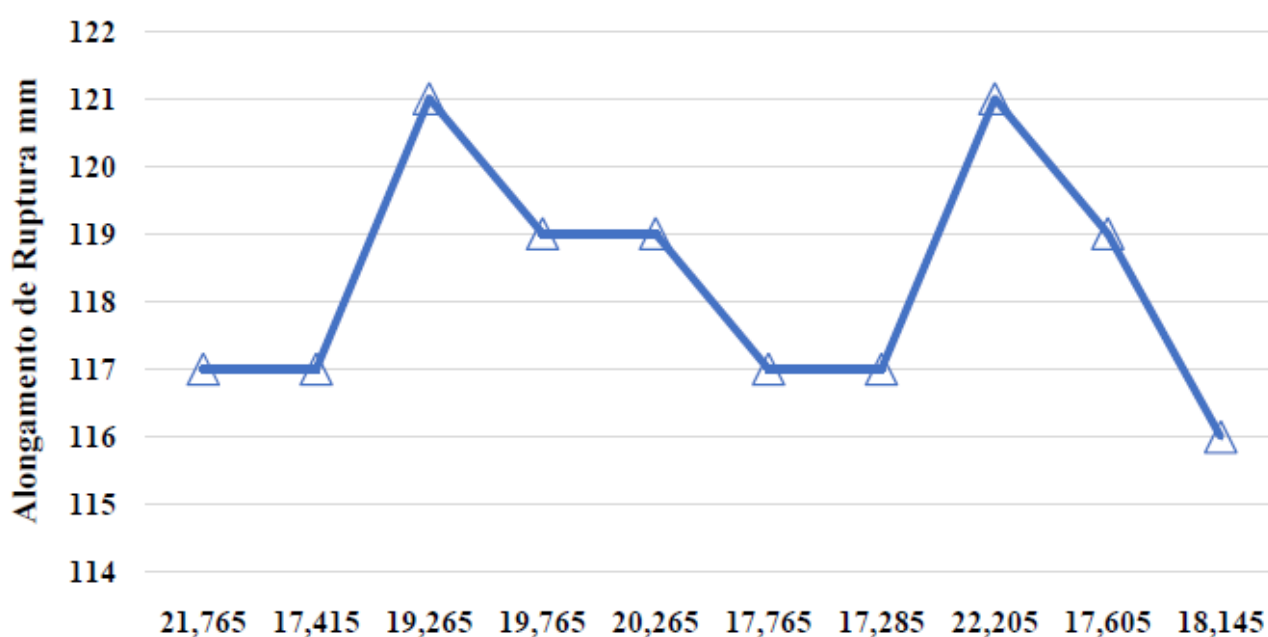
Como demonstrado na imagem 32 o valor de largura mais próximo ao inicial é da segunda amostra, sendo 4,2 mm quando submetida a uma carga de 16,995 kg. Já a maior deformação foi observada na quarta amostra com 2,5 mm quando submetida a uma carga de 18,715 kg. A média de deformação na largura foi de 2,8 mm e ao comparar essa média com a segunda e quarta amostra temos uma variação de 50% e 10,71%, respectivamente.

Na tabela 14 e imagens 33 e 34 estão sendo demonstrados o comportamento do alongamento de ruptura e da largura do corpo de prova das amostras do PET de Fanta em função das cargas aplicadas, assim como desvio padrão e coeficiente de variação.

Tabela 14 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação das amostras de PET do refrigerante Fanta

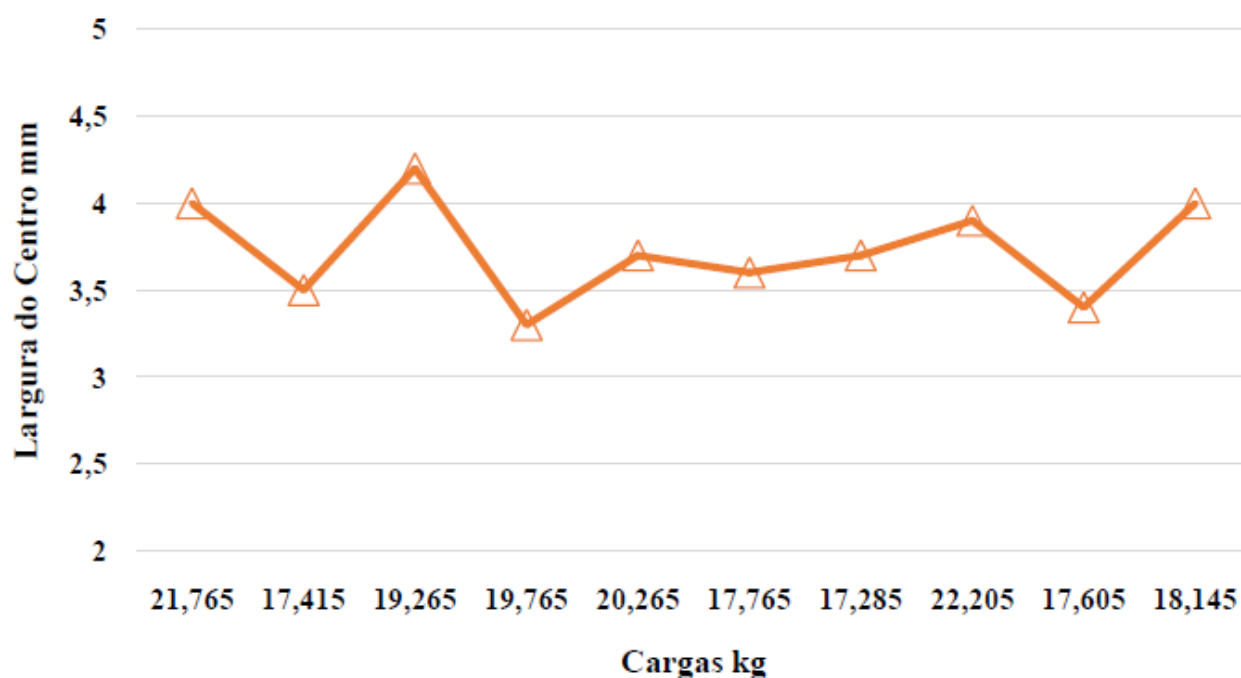
FANTA			
	Carga de Ruptura kg	Alongamento mm	Largura mm
Média	18,705	118	3,7
Desvio Padrão	1,814	1,767	0,291
Coef. De Variação (%)	9,70%	1%	8%

Entre os parâmetros analisados para marca Fanta (Tabela 14) observa-se que os coeficientes de variação obtidos, apresentaram valores abaixo de 15%, demonstrando baixa dispersão e dados homogêneos.

Figura 33- Gráfico de deformação no alongamento x carga das amostras de PET do refrigerante Fanta.

Várias amostras apresentaram o mesmo comportamento ao analisar o alongamento de ruptura da marca Fanta. A primeira, segunda, sexta e sétima amostraram o mesmo valor de deformação, 117 mm, sendo esse o menor. Os valores de cargas dessas amostras foram: 21,765 kg, 17,415 kg, 17,765 kg e 17,285 kg, respectivamente. Para o valor de maior alongamento de ruptura também houve uma repetição de resultado, 121 mm sendo terceira amostra com 19,265 kg e a oitava amostra com 22,205 kg. A média da carga suportada pelos corpos de prova da Fanta foi de 18,705 kg e a média de alongamento foi de 118 mm. Os valores das amostras de menor alongamento e de maior variaram em 0,84% e 2,54% respectivamente.

Figura 34- Gráfico de deformação na largura x carga das amostras de PET do refrigerante Fanta.



A Fanta apresentou média de deformação na largura de 3,7 mm. A terceira amostra foi a que menos deformou, com 4,2 mm, quando submetida a uma carga de 19,265 kg. Já a que apresentou maior deformação foi a quarta amostra, com 3,3 mm, quando submetida a uma carga de 19,765 kg. A terceira amostra variou em 13,51% da média e a quarta amostra variou em 10,81%.

Jucá (2017) realizou teste de tração no tereftalato de etileno com corpo de prova tipo IV em temperatura ambiente (25°C). Ao analisar amostras separadas por cor, sendo transparentes e verdes, ele percebeu através da média do valor de tensão suportado pelas amostras que existe uma grande proximidade de resultados. A resistência à tração diferenciou-se somente em 1,79%, sendo 176,45 MPa amostras verdes e 173,28 MPa para amostras transparentes. Assim, ele afirma que a presença de corante nas garrafas não muda o comportamento das amostras ensaiadas quando se trata do estudo de tração, visto que os resultados são muito próximos.

Ao comparar os dados das amostras verdes de Jucá (2017) com os dados deste ensaio percebe-se uma discrepância nos resultados, onde a Sukita difere em 80,85 % e a Kuat 89,24%. Assim também como os resultados das amostras transparentes.

Contudo, há uma concordância com o autor no que se trata da presença ou falta de corante nas garrafas, onde, é possível através desse ensaio perceber que este fator não interfere na resistência à

tração, pois foram analisadas quatro marcas transparentes e quatro verdes e todas elastiveram resultados aproximados.

6. CONCLUSÃO

O equipamento de aferição de cargas cumpriu com o propósito de forma satisfatória, porém ressalta-se a necessidade de uma calibração adequada antes do início dos ensaios.

Os valores médios de alongamento de ruptura e espessura quando relacionados a cargas aplicadas, apresentaram valores de coeficiente de variação abaixo de 15%, demonstrando baixa dispersão e dados homogêneos.

É possível observar através das análises de diferentes marcas de refrigerante de garrafas PET de 2 L utilizando o corpo de prova tipo IV que as cargas suportadas variaram de 17,925 kg ou 18.98 MPa para a Kuat até 21,265 kg ou 33,78 MPa para marca Sukita.

O alongamento de ruptura variou de 118 mm no PET utilizado pela Fanta até 122 mm para o PET utilizado pela Coca Cola.

A deformação na largura dos corpos de prova de PET variou de 2,4 mm para a Mate Couro até 3,7 mm para a Fanta.

O fio de PET de 6 mm de largura proveniente de garrafas de 2 L se rompe a partir de tração/carga de 18 kg.

7. REFERÊNCIAS

ABIPET. APLICAÇÕES PARA O PET PÓS-CONSUMO RECICLADO – PET PCR.

Disponível em: <https://abipet.org.br/aplicacoes/>. Acesso em: 27 set. 2022.

ABIPET. Associação Brasileira da Indústria do PET. Disponível em: <https://abipet.org.br>. Acesso em: 25 set. 2022.

ABIPLAST. Perfil 2012- Indústria brasileira de transformação de material plástico. Disponível em:

http://file.abiplast.org.br/download/estatistica/perfil2012_versao_eletronica.pdf. Acesso em: 28 set. 2022.

ABIPLAST. PERFIL 2021 - A SINDÚSTRIAS DE TRANSFORMAÇÃO E RECICLAGEM DE PLÁSTICO NO BRASIL. Disponível em:

<http://www.abiplast.org.br/publicacoes/perfil-2021/>. Acesso em: 29 set. 2022.

AMBIENTE BRASIL. GARRAFAS PET VIRAM TUBOS. Disponível em:

<https://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2003/05/25/10820-garrafas-pet-viram-tubos.html>. Acesso em: 30 set. 2022.

Atlas do Plástico: Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos / organização Marcelo Montenegro, Manoela Vianna, Daisy Bispo Teles. 1º. ed. Rio de Janeiro: Fundação HeirichBöll, 2020.

BIOPDI. Ensaio de tração. Disponível em: <https://biopdi.com.br/artigos/ensaio-de-tracao/>. Acesso em: 3 out. 2022.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.

Presidência da República, Departamento da Casa Civil. Brasília, 2010.

CALLE, I.C.C. ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO PP E PET RECICLADOS SUBMETIDOS A INTEMPÉRIES E SUAS POSSÍVEIS APLICAÇÕES. Dissertação

(Mestrado em Integridade de Materiais da Engenharia) - Faculdade UnB Gama/FT, Universidade de Brasília, DF, p. 99. 2015.

CHISHOLM, Anne. Processos de reciclagem: Uma estratégia para sobrevivência. Rio de Janeiro: Zahar, 1994.

COSTA, P. R. Estatística – 3. ed. – Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, Curso Técnico em Automação Industrial, 2011.

FERREIRA, G. A. AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE PEÇAS DENSAS A PARTIR DO PROCESSO DE PRENSAGEM A QUENTE DE PÓ DE POLI

ETILENO TEREFTALATO (PET) RECICLADO. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenheiro Mecânico) - Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2017.

HIBBELER, R. C. Resistência dos Materiais. 7ª edição. ed. Pearson Prentice Hall, 2010. Janeiro: Zahar, 1994.

JUCÁ, P. H. O. ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS EM DIFERENTES TEMPERATURAS DO PET E ENSAIOS DE ARRANCAMENTO COM TRATAMENTO MECÂNICO EM MATRIZ CIMENTÍCIA A BASE DE CIMENTO

PORTLAND. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal do Pampa. Alegre, p. 99. 2017.

JUNIOR, S. V. C. Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros- São Paulo: Artliber Editora, 2006. 2ª edição.

KLERING, R. R. ESTRATÉGIAS DE RECICLAGEM MECÂNICA DE CÁPSULAS DE CAFÉ PÓS-CONSUMO PARA MAIOR DURABILIDADE. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 84. 2022.

LOKENS GARD, Erik. Plásticos Industriais Teoria e Aplicações. 5ª edição. ed. São Paulo - Cengage Learning, 2013.

MOURA, M. C. S. DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITOS POLI (TEREFTALATO DE ETILENO) RECICLADO (PET reciclado) COM FLOCOS

DE VIDRO. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra. Natal-RN, p. 140. 2011.

OLIVEIRA, E. J. G. Estudo sobre a processabilidade de PET reciclado obtido pelo processo de reciclagem mecânica. Dissertação (Mestre em Engenharia de Polímero) - Universidade do Minho. Escola de Engenharia. p. 142. 2016.

PESSOA, E. R. P; RIBAS, L. F. Coleta e triagem de resíduos sólidos urbanos: Estudo de caso no município de Santana/AP. In: FIGUEIREDO, S, C, G; RODRIGUES, F, A; RIBAS, L, F. Saberes da Engenharia: Uma contribuição para a sociedade. Belo Horizonte- MG: Editora Poisson, 2022. p. 51-64.

REIS, E. A; REIS I. A. Análise Descritiva de Dados. Relatório Técnico do Departamento de Estatística da UFMG. Disponível em: www.est.ufmg.br . 1ª edição. 2002.

RIGONATTO, Marcelo. "Coeficiente de variação". Brasil Escola. Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/matematica/coeficiente-variacao.htm>. Acesso em 27 de set. 2022.

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

SANTOS, D, B. ESTUDO DO USO DE GARRAFAS PET EM GEOTECNIA. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas. Ouro Preto, p. 236. 2005.

SIMIELLI, E. R; SANTOS, P. A. Plásticos de Engenharia: Principais tipos e sua moldagem por injeção. 1 ed. São Paulo: Artliber, 2010.

SUVINIL. SUSTENTABILIDADE- Construindo um Futuro Melhor Para Todos. Disponível em: <https://www.suvinil.com.br/a-suvinil/sustentabilidade>. Acesso em: 30 set. 2022.

TAVARRES, D. B. DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO NUMÉRICO- EXPERIMENTAL DE CORPO DE PROVA UNIFICADO PARA ENSAIOS MECÂNICOS DE POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS INJETADOS. Dissertação

(Mestre em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário FEI. São Bernardo do Campo, p.152. 2016.

TEXEIRA, A. M. A. A UTILIZAÇÃO DE GARRAFA PET COMO MATERIAL GEOSSINTÉTICO: VANTAGENS E DESVANTAGENS. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2019.

ZANIN, M; MANCINI, S. D. Resíduos plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia. 2. ed. São Carlos: EDUFSCAR, 2015.

ZARUR, G.D. ANÁLISE DE ENSAIOS DE TRAÇÃO DE DIVERSOS CORPOS DE PROVA POLIMÉRICOS. Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Blumenau. Blumenau, Santa Catarina, Brasil. p. 9. 2018.

Fayra Duanne Souza Silva
Wagner da Cunha Siqueira
Selma Alves Abrahão



conhecimentolivre.org/home



contato@conhecimentolivre.org



[editoraconhecimentolivre](#)

ANALISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE GARRAFAS PET DE 2 LITROS POR MEIO DE ENSAIOS DE TRAÇÃO EM CORPOS DE PROVA TIPO IV



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE