

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO ENGENHARIA DE MATERIAIS

Julyana Dias da Costa

ESTUDO DA VARIAÇÃO DE COR E OPACIDADE EM BISNAGAS PLÁSTICAS

Florianópolis

2023

Julyana Dias da Costa

ESTUDO DA VARIAÇÃO DE COR E OPACIDADE EM BISNAGAS PLÁSTICAS

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia de materiais do Campus Florianópolis da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Materiais.

Orientadora: M^a. Eng^a. Leticia Maria Anselmo
Coorientador: Eng. Fernando Silveira

Florianópolis

2023

Costa, Julyana

ESTUDO DA VARIAÇÃO DE COR E OPACIDADE EM BSNAGAS PLÁSTICAS /
Julyana Costa ; orientador, Leticia Anselmo, coorientador,
Fernando Silveira, 2023.

52 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade
Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em
Engenharia de Materiais, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia de Materiais. 2. bsnagas plásticas. 3. cor. 4.
opacidade. 5. extrusão. I. Anselmo, Leticia. II. Silveira,
Fernando. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação
em Engenharia de Materiais. IV. Título.

Julyana Dias da Costa

Estudo da variação de cor e opacidade em bisnagas plásticas

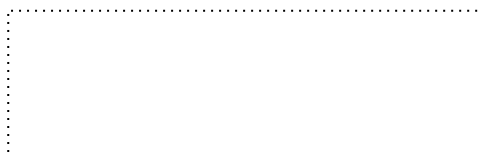
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharela e aprovado em sua forma final pelo Curso Engenharia de Materiais.

Local: Florianópolis, 10 de julho de 2023.

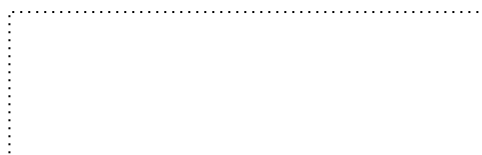


Prof. Cristiano Binder, Dr.
Coordenação do Curso

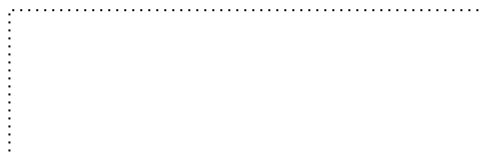
Banca examinadora



Mª. Engª. Leticia Maria Anselmo
Orientadora



Eng. Fernando Silveira
Coorientador



Prof. Fernando Forcellini, Dr
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2023.

À minha família.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo gostaria de agradecer a C-Pack por proporcionar o necessário para que este trabalho fosse realizado.

À Letícia Anselmo por ser uma orientadora exemplar e dedicada, por me incentivar a entregar o melhor e por ser minha inspiração como profissional.

Ao Fernando Silveira, pela confiança e disponibilidade para sanar dúvidas e trazer *insights* ao longo da execução do trabalho.

Aos meus pais Adriana Dias e Rogério Costa por terem me provido o necessário para que eu pudesse ter acesso à educação de qualidade. A minha irmã Thays Dias, por me apoiar e incentivar em todos os momentos.

Por fim, agradeço a UFSC, em especial a Coordenadoria de Engenharia de Materiais pelo esforço para formar profissionais de qualidade.

“Normalmente, meu espírito está inteiramente tomado pelas leis das cores. Ah, se elas nos tivessem sido ensinadas em nossa juventude”

(VAN GOGH, 1885.)

RESUMO

As bisnagas plásticas podem ser fabricadas em diâmetros diferentes, conter aditivos, cores e blendas de polietileno de alta e baixa densidade variadas. A inserção de cor nos tubos é feita pelo uso masterbatches, grânulos com alta concentração de pigmento, que sendo colocado em diferentes percentuais podem gerar variações de tonalidade e opacidade. O trabalho avaliou a relação entre as características de bisnagas plásticas, tais como espessura, diâmetro, blenda, tipo de extrusão e aditivo e a variação de cor e opacidade. As amostras foram fabricadas via processo de extrusão e os valores de cor e opacidade foram obtidos utilizando um espectrofotômetro portátil e a coordenada de cor utilizada como referência foi a CIE L*a*b. Avaliou-se a variação de cor em tubos expostos a três condições sendo estas: luz natural, luz artificial e ao abrigo de luz. Realizou-se a medição de cor dos padrões da C-Pack para avaliar se luvas fabricadas utilizando diferentes masterbatches possuem valores de delta E semelhantes. Foi verificado que existe relação direta entre a variação de opacidade e a alteração dos percentuais de polietileno de alta densidade assim como o tipo de extrusão das bisnagas. Constatou-se que masterbatches de diferentes cores sofrem degradação de cor de forma desigual. Também foi averiguado que os padrões de cor, que são validados através de análise visual, possuem valores de delta E próximos.

Palavras-chave: bisnagas plásticas, extrusão, coordenadas de cor, opacidade.

ABSTRACT

The plastic tubes can be manufactured in different diameters, contain additives, cores and blends of high and low density polyethylene. The insertion of color in the tubes is done using masterbatches, granules with a high concentration of pigment, which, when placed in different percentages, can generate shade and opacity variations. The work evaluated the relationship between the characteristics of plastic tubes, such as thickness, diameter, blend, type of extrusion and additive and the variation of color and opacity. The samples were manufactured via the extrusion process and the color and opacity values were obtained using a portable spectrophotometer and the color coordinate used as a reference was the CIE L*a*b. We offer color variation in tubes exposed to three conditions: natural light, artificial light and sheltered from light. Color measurement of C-Pack standards was performed to assess whether gloves manufactured using different masterbatches have similar delta E values. It was verified that there is a direct relationship between the variation in opacity and the alteration of the percentages of high density polyethylene as well as the type of extrusion of the tubes. It was found that masterbatches of different colors suffer from color unequally. It was also verified that the color patterns, which are validated through visual analysis, have close delta E values.

Keywords: plastic tubes, extrusion, color coordinates, opacity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação do ciclo de degradação auto catalítica para poliolefinas.....	20
Figura 2. Seção transversal de um tubo coextrudado contendo 5 camadas.....	21
Figura 3. Gráfico de variação da taxa de transmissão de oxigênio em relação à umidade relativa.	22
Figura 4. Representação gráfica das zonas de uma extrusora.	25
Figura 5. Representação gráfica de extrusão de tubos coextrudados.	26
Figura 6. Imagem contendo o espaço CIE L*a*b e a disposição de suas coordenadas.	28
Figura 7. Cartela padrão contendo luvas com mínimo, ideal e máximo.	30
Figura 8. Representação dos pontos de medição utilizados como referência para a etapa A. .	32
Figura 9. Cores das luvas utilizadas na etapa B.	34
Figura 10. Disposição das amostras para as condições II e III na etapa B.....	34
Figura 11. Cores das luvas utilizadas como amostra para etapa C.....	36
Figura 12. Gráfico representativo da relação entre a espessura e opacidade para luvas de mesmo diâmetro, blenda, tipo de extrusão e aditivo anti-UV.....	38
Figura 13. Distribuição amostral das luvas de espessura de produção de 0,40, 0,45 e 0,50 mm.	38
Figura 14. Gráfico comparativo entre a relação de espessura e opacidade para luvas monoextrudadas e coextrudadas.....	39
Figura 15. Distribuição amostral das luvas MONO e COEX.	40
Figura 16. Gráfico representativo da relação entre a presença de aditivo anti-UV e a opacidade para luvas naturais.	41
Figura 17. Distribuição amostral das luvas sem aditivo anti-UV.....	41
Figura 18. Gráfico contendo dados relativos à medição de opacidade em luvas com diferentes percentuais de polietileno de alta densidade.....	42
Figura 19. Distribuição amostral das luvas com diferentes blendas.....	43
Figura 20. Gráfico de variação da opacidade em função da espessura para os diâmetros avaliados.	44
Figura 21. Valores de ΔE para as condições I, II e III da etapa B.....	45
Figura 22. Gráfico referente aos valores de ΔE parcial e seus respectivos desvios para as amostras avaliadas.	48
Figura 23. Valores de ΔE total para as cartelas avaliadas.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características de pigmentos orgânicos e inorgânicos.	24
Tabela 2. Classificação dos pigmentos inorgânicos por efeitos ópticos.....	24
Tabela 3. Características das amostras utilizadas para os testes da Etapa A.....	32
Tabela 4. Características das amostras utilizadas para os testes da Etapa B.	33
Tabela 5. Amostras utilizadas para teste da etapa C.....	35
Tabela 6. Resultados das medidas de espessura e opacidade para o estudo de influência da espessura na opacidade.....	37
Tabela 7. Resultados das medidas de espessura e opacidade para o estudo de influência do tipo de extrusão na opacidade.....	39
Tabela 8. Resultados das medidas de espessura e opacidade para o estudo de influência da adição de aditivo anti-UV na opacidade.....	40
Tabela 9. Resultado das medições de espessura e opacidade no estudo da influência do percentual de PEAD.	42
Tabela 10. Valores médios obtidos para espessura e opacidade das luvas estudadas.	43
Tabela 11. Coordenadas L*a*b e opacidade para as amostras da etapa B no dia zero.	45
Tabela 12. Resultados de medição de opacidade e cor na etapa B para as 3 condições.	46
Tabela 13. Coordenada de cor das luvas de ideal das amostras da etapa C.	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1	MATÉRIA PRIMA	18
2.1.1	Polietileno	18
2.1.2	Camadas Intermediárias.....	20
2.1.3	Aditivo anti-UV	22
2.1.4	Masterbatches	23
2.2	PROCESSO DE FABRICAÇÃO	25
2.2.1	Extrusão.....	25
2.3	COR	26
2.3.1	Sistemas de cores	27
<i>2.3.1.1</i>	<i>Espaço CIE L^*a^*b.....</i>	<i>28</i>
2.4	CONTROLE DE COR	29
3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	31
3.1	ETAPA A: RELAÇÃO ENTRE OPACIDADE E AS CARACTERÍSTICAS DAS LUVAS	31
3.2	ETAPA B: COMPORTAMENTO DA COR DA LUVA EM CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO DIFERENTES	33
3.3	ETAPA C: PROCESSO ATUAL E A VARIAÇÃO DE ΔE DOS PADRÕES DA C-PACK	34
4	RESULTADOS.....	37
4.1	ETAPA A	37
4.1.1	Espessura.....	37
4.1.2	Tipo de extrusão.....	39
4.1.3	Aditivo anti-UV	40
4.1.4	Blenda	41
4.1.5	Diâmetro	43
4.2	ETAPA B.....	44
4.3	ETAPA C.....	48
5	CONCLUSÃO.....	51

1 INTRODUÇÃO

As embalagens plásticas flexíveis, ou tubos, proporcionam versatilidade por não ocuparem muito espaço comparado as embalagens tradicionais rígidas e podem ser utilizadas para diferentes aplicações como, por exemplo, o armazenamento de produtos da indústria farmacêutica, de cosméticos e alimentícia.

Conforme afirma Christian Wellner (2019), os tubos plásticos podem acondicionar quase todos os produtos semissólidos e pastosos. Além disso, também oferecem uma série de benefícios em comparação a outros tipos de embalagem como: propriedades de barreira, excelentes padrões de higiene, conveniência, facilidade de manuseio, é flexível e leve.

As bisnagas plásticas podem ser fabricadas com aspectos diversos a depender do que for solicitado pelo cliente. Diâmetro, espessura, blenda e adição de aditivo anti-UV são algumas das características que podem ser alteradas conforme demanda.

Para se obter o produto final, primeiro se extruda um tubo contínuo que em seguida será cortado. As unidades cilíndricas resultantes desse processo são chamadas de luvas. Posteriormente, as luvas passam por um processo de aplicação de ombro, também conhecido como *heading* e aplicação de tampa. Após isso a bisnaga está pronta para ser decorada, com o tipo de decoração requisitada, e encaminhada ao cliente para envase. Essa é a principal sequência de operações. Porém, ela pode ser feita de outra forma como é o caso dos tubos FLEX, onde a decoração é feita a partir da tecnologia de flexografia.

O controle de qualidade das cores do tubo é feito, pela C-Pack (uma indústria plástica), a partir de cartelas que contêm tubos de mínimo, ideal e máximo aceito para variação que são utilizados como referência. Cada item deve ter um conjunto de padrões específico para a cor utilizada. Atualmente é produzido um padrão sempre que surge uma nova combinação de 5 parâmetros, sendo estes: diâmetro, espessura de parede, tipo de extrusão, aditivo e *masterbatch*. A retirada desses padrões é feita através de análise visual e quanto estes não estão sendo utilizados pela produção são armazenados em caixas ao abrigo de luz

Atualmente não existem muitos estudos que comprovem a relação entre as características de um tubo e a variação de opacidade. Além disso, também não é conhecido se a forma como esses padrões são armazenados são eficazes e se as cartelas possuem uma grande variação de cor. Para realizar este trabalho, foram utilizados os tubos fabricados pela C-Pack.

1.1 OBJETIVOS

Esse trabalho buscou avaliar se os critérios adotados para retirada de padrões são válidos e se esses parâmetros impactam diretamente na opacidade e cor do tubo. Também será avaliado o contexto atual do controle de cor feito pela C-Pack através da medição de ΔE das cartelas já existentes.

- Avaliar como as características diâmetro, espessura de parede, tipo de extrusão, presença de aditivo anti-UV, tipo de masterbatch e blenda afetam a opacidade;
- Avaliar como os padrões utilizados pela C-Pack sofrem variação de cor quando expostos em ambientes diferentes;
- Avaliar se o método atual de armazenagem de padrões é eficiente;
- Estimar se as cartelas possuem variações de cor (ΔE) semelhantes para diferentes pigmentos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As bisnagas plásticas podem conter diferentes características, como por exemplo, ter uma ou mais camadas, espessuras e diâmetros variados, além de cores e efeitos visuais diversos. A extrusão é método adotado para a fabricação dos tubos. Nesta etapa são decididas quais serão as características e se serão utilizados aditivos. Ao longo dessa seção serão apresentadas as matérias primas, o processo de fabricação das bisnagas e como é feito o controle de qualidade de cor.

2.1 MATÉRIA PRIMA

Neste capítulo serão abordadas as matérias primas utilizadas na fabricação de bisnagas plásticas, sendo a principal delas, o polietileno e será apresentado o EVOH (poli(etileno-co-álcool vinílico)), um polímero semicristalino com excelentes propriedades de barreira a gases. Além disso, também irá ser falado sobre os masterbatches, grânulos pigmentados que conferem cor ao tubo.

2.1.1 Polietileno

Coutinho *et al.* (2003) descreve o polietileno como um polímero parcialmente cristalino, flexível, cujas propriedades são acentuadamente influenciadas pela quantidade relativa das fases amorfa e cristalina.

Atualmente, são produzidos diferentes tipos de polietileno alterando-se os parâmetros da reação de polimerização. Alguns deles são: polietileno de baixa densidade (PEBD), polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno linear de baixa densidade (PEBDL) e o polietileno de ultra alto peso molecular (PEUAPM) (COUTINHO, 2003).

As bisnagas plásticas da C-Pack são fabricadas utilizando percentuais variados de PEAD, PEBD e PEBDL o que resultam em diferentes blendas, sendo que grande parte dos produtos são feitos a partir de PEAD e PEBD.

O polietileno de alta densidade (PEAD) é um importante termoplástico semicristalino com uma vasta gama de aplicações devido à sua combinação atrativa de alta processabilidade, boas propriedades mecânicas, excelente biocompatibilidade, boa resistência química, reciclabilidade e baixo custo (SAVINI, 2020).

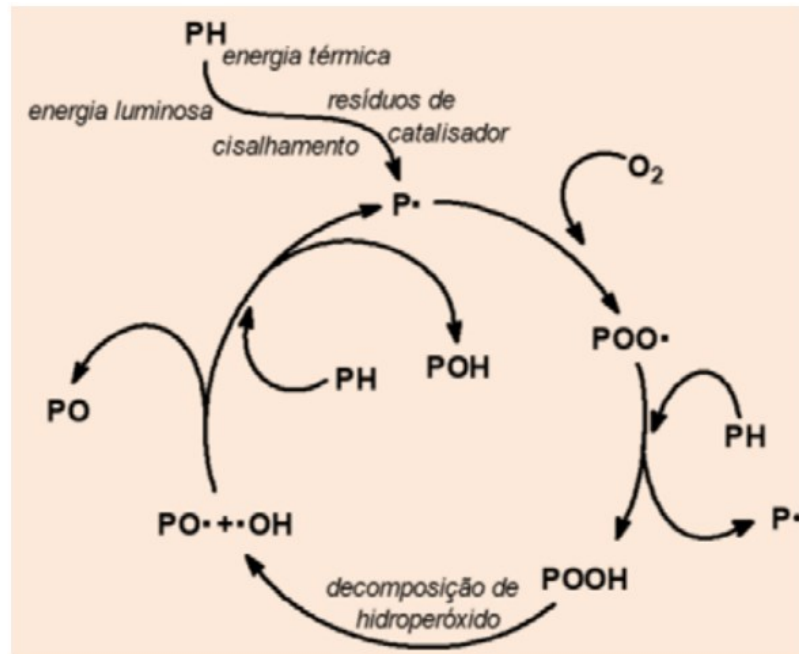
De acordo com Coutinho *et al.* (2003), o polietileno de baixa densidade é um polímero parcialmente cristalino (50 – 60 %), cuja temperatura de fusão (T_m) está na região de 110 a 115 °C. Esse polímero possui uma combinação única de propriedades: tenacidade, alta resistência ao impacto, alta flexibilidade, boa processabilidade, estabilidade e propriedades elétricas notáveis.

Assim como outros polímeros, o polietileno pode sofrer alguns tipos de degradação como por exemplo a fotodegradação (iniciada principalmente por radiação luminosa), a degradação termo-oxidativa (iniciada por calor em presença de oxigênio), a degradação termomecânica (iniciada por calor sob cisalhamento), degradação térmica (iniciada por calor em atmosfera inerte), entre outros (MENA *et al.*, 2020).

Como mencionado por Santos (2008), qualquer que seja a forma de degradação, a primeira etapa que ocorre, ou seja, a iniciação, sempre está relacionada ao rompimento de uma ligação química covalente. Todas estas formas de iniciação implicam em fornecer energia para o rompimento de uma ligação química específica que vai gerar espécies reativas que serão responsáveis pela propagação do processo. A degradação pode ocasionar despolimerização, reticulação, cisão de ligações químicas (na cadeia principal e/ou em grupos laterais), reações químicas de oxidação (auto oxidação) e outras reações intra e intermoleculares (STAFFA, 2016).

A Figura 1 exemplifica como ocorre o ciclo de degradação para olefinas. Sendo PH um material macromolecular, P- um radical, POO- um radical peroxil, POOH um radical hidroperóxido, PO- um radical alcoxi e -OH um radical hidróxi.

Figura 1. Representação do ciclo de degradação auto catalítica para poliolefinas.



Fonte: Adaptado de MENA *et al*, 2020.

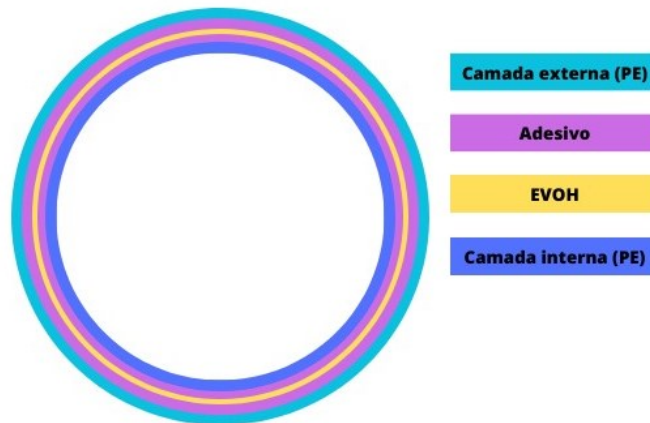
No caso do polietileno, cuja estrutura é constituída apenas de carbono e hidrogênio, não se esperaria uma degradação fotoquímica muito intensa visto que este polímero não apresenta grupos cromóforos intrínsecos como duplas ligações e grupos carbonilas. No entanto, a presença de monômeros residuais, que apresentam duplas ligações, contaminantes e defeitos em sua estrutura, entre outros, absorverão radiação e a fotodegradação terá prosseguimento. Como grupos carbonilas são gerados pela degradação fotooxidativa, novos grupos cromóforos serão gerados, catalisando a degradação (STAFFA, 2016).

2.1.2 Camadas Intermediárias

As bisnagas podem ser monocamadas (MONO), isto é, possuem apenas uma camada ou ainda coextrudadas (COEX) as quais possuem 5 camadas. A escolha sobre qual estrutura será utilizada está fortemente relacionada às propriedades finais que são desejadas para o tubo.

A bisnaga COEX está esquematizada na Figura 2 sendo essas: 2 camadas de polietileno (uma interna e uma externa), adesivo e EVOH. Neste caso, o EVOH é utilizado como barreira ao ar atmosférico (oxigênio) para evitar principalmente a alteração das propriedades do conteúdo dentro da embalagem por oxidação.

Figura 2. Seção transversal de um tubo coextrudado contendo 5 camadas.

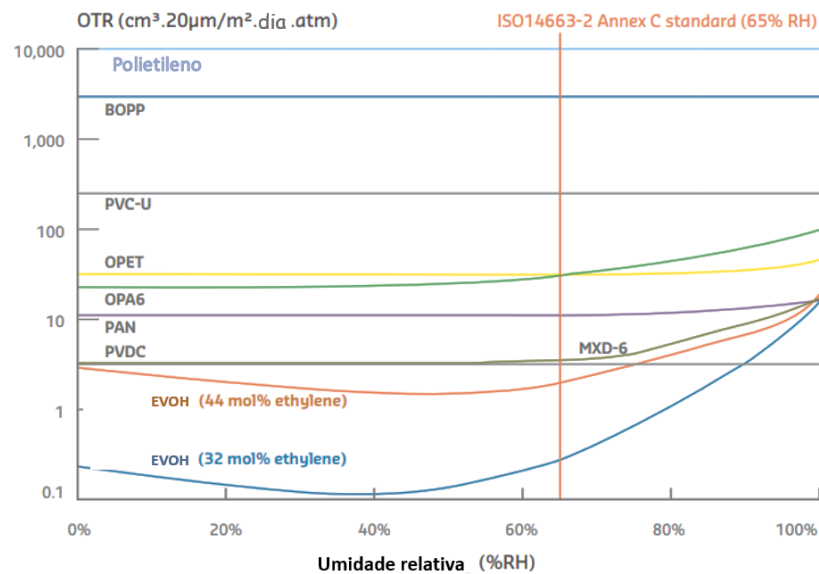


Fonte: Elaborado pela autora.

Santana (2019) descreve o poli(etileno-co-álcool vinílico) (EVOH) como um material polimérico semicristalino, com excelentes propriedades de barreira a gases, solventes e aromas e boa resistência química. Em razão do seu alto custo de produção, geralmente é usado em aplicações de embalagens que requerem materiais com altíssima barreira a gás, resistência à permeação de óleos, gorduras, solventes orgânicos, associado a uma boa resistência mecânica, elasticidade e alta resistência à abrasão.

A Figura 3 demonstra a relação entre a umidade relativa e a taxa de transmissão de oxigênio (OTR) de alguns polímeros. Observa-se que quando comparado ao polietileno o EVOH tem uma taxa de transmissão muito inferior. Considerando um percentual de umidade relativa de 40%, o EVOH tem uma taxa de transmissão de oxigênio até 10 mil vezes menor comparado ao polietileno, de acordo com Kuraray Co. (2021).

Figura 3. Gráfico de variação da taxa de transmissão de oxigênio em relação à umidade relativa.



Fonte: Adaptado de Kuraray Co. (2021).

2.1.3 Aditivo anti-UV

Para evitar os efeitos da fotodegradação é necessário incorporar um aditivo em blendas de bisnagas que vão ficar expostas ao sol durante o uso, como por exemplo as embalagens de protetor solar.

Para tornar os polímeros resistentes às exposições prolongadas à radiação luminosa, é necessário utilizar métodos de estabilização pela adição de aditivos foto-estabilizantes. Os principais tipos aditivos foto-estabilizantes são:

- Absorvedores de UV: Absorvem a energia luminosa na região do ultravioleta, dissipando-a na forma de energia térmica via reações químicas dos estados excitados que proporciona a regeneração do estado fundamental da molécula absorvedora de ultravioleta;
- Filtros ou agentes de ocultação: São aditivos que filtram a radiação nos comprimentos de luz responsáveis por provocar possíveis reações fotoquímicas no polímero. Estes aditivos absorvem ou refletem a radiação, proveniente da radiação UV, impedindo (ou reduzindo) que a radiação atinja o polímero, evitando o início das reações que geram os radicais livres (STAFFA, 2016).

2.1.4 Masterbatches

Na C-Pack são utilizados os masterbatches (master) para alteração de cor da embalagem não apenas como proteção de incidência de luz, mas também para valorização estética. De acordo com Colombo *et al.* (2020), algumas embalagens podem necessitar de proteção contra a incidência de luz, podendo ser necessária a alteração de sua opacidade através da adição de pigmentos.

Os masterbatches são pellets (grânulos) de plástico com alto teor de pigmentos e/ou aditivos. Eles são adicionados ao polímero para colorir ou alterar propriedades. Uma das vantagens do uso de masterbatch para pigmentar é que quando comparado a outros tipos de materiais (em pó ou pasta) ele proporciona maior confiabilidade quanto a precisão (LEISTRITZ, 2023).

A C-Pack não fabrica o masterbatch utilizado na produção, porém o processo de fabricação utilizado pelos diferentes fornecedores é feito de forma semelhante.

O processo de formulação do master é determinado por várias etapas. Numa primeira fase, é necessário selecionar a resina veículo, assim como os aditivos e pigmentos a serem utilizados. Esta fase do processo deve ser realizada sempre tendo em conta a aplicação final em que o masterbatch será utilizado, assim como o tipo de processamento, de forma a que a formulação seja o mais específica possível (PEDRO, 2016).

A resina veículo, na qual se incorporam os aditivos e pigmentos deve ser selecionada de acordo com o polímero no qual o master será adicionado, uma vez que, é importante que a resina veículo tenha uma natureza química semelhante à do polímero usado na aplicação final para que haja compatibilidade e garanta melhor processabilidade (PEDRO, 2016).

Os pigmentos podem ser divididos em orgânicos ou inorgânicos. Como características, pigmentos inorgânicos possuem poder de cobertura, resistência térmica, resistência à luz e resistência a intempéries geralmente melhores do que os pigmentos orgânicos (JAFELICCI, 2019). Outras características também podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características de pigmentos orgânicos e inorgânicos.

Orgânico	Inorgânico
Bom poder tintorial	Boa opacidade/cobertura
Alto brilho	Pouco brilho
Boa transparência	Boa solidez à luz
Variável solidez à luz e ao calor	Variável solidez ao calor

Fonte: Adaptado de Cromex (2018).

As características reológicas do polímero normalmente são pouco afetadas por um pigmento inorgânico, sendo uma vantagem em relação à maioria dos pigmentos orgânicos nas mesmas condições de processamento (SARON *et al.*, 2006).

Há várias maneiras de se classificar os pigmentos inorgânicos, por exemplo, cor ou efeitos ópticos (Tabela 2) e composição química. Os pigmentos inorgânicos possuem diversas vantagens quando aplicados para coloração de polímeros. A densidade relativa desses pigmentos está entre 3,5 e 5,0 g/cm³, e devido à elevada densidade e baixa área de superfície específica, esses pigmentos são facilmente dispersos na matriz polimérica (JAFELICCI, 2019).

Tabela 2. Classificação dos pigmentos inorgânicos por efeitos ópticos.

Classificação	Pigmento	Definição
Pigmentos acromáticos	Branco	Efeito óptico causado pelo espalhamento (reflexão difusa) total.
	Preto	Efeito óptico causado pela absorção total.
Pigmentos cromáticos	Coloridos	Efeito óptico causado pela absorção seletiva de alguns comprimentos de onda e reflexão de outros.
Pigmentos de efeito	Efeitos metálicos	Reflexão especular causada pelas partículas planas ou paralelas do pigmento metálico.
	Efeitos perolados	Reflexão especular causada pela reflexão múltipla e transmitância da luz solar em plaquetas de pigmentos orientadas paralelamente.
	Efeitos interferência	Efeito óptico causado pelo fenômeno de interferência.
	Efeitos furta-cor	A cor depende do ângulo de visão, devido ao recobrimento com camadas de diferentes índices de refração.

Fonte: Adaptado de CHEN et al. (2016).

2.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

As bisnagas plásticas são fabricadas a partir da extrusão. O processo consiste em fabricar um tubo contínuo que posteriormente, será cortado com o comprimento desejado para a bisnaga. É nessa etapa também que são inseridos aditivos e masterbatches. Esse capítulo apresentará o método de fabricação de tubos mono e coextrudados.

2.2.1 Extrusão

A extrusão é uma das tecnologias mais importantes na indústria de processamento de materiais poliméricos e pode ser utilizado para fabricação de filmes, chapas, perfis e tubos (WILCZYNSKI *et al.*, 2019).

O processo de extrusão consiste em forçar a passagem de um material, ao longo de um cilindro aquecido, contra uma matriz para se obter uma geometria contínua. Como descrito por Rodrigues (2018), após o material sair da matriz ele deve ser resfriado abaixo da temperatura de transição vítrea ou de cristalização, de modo a assegurar a estabilidade dimensional. O resfriamento pode ser feito através de jato de ar ou arrefecimento a água.

Na Figura 4 estão representadas as partes que compõem uma extrusora. Sendo essas:

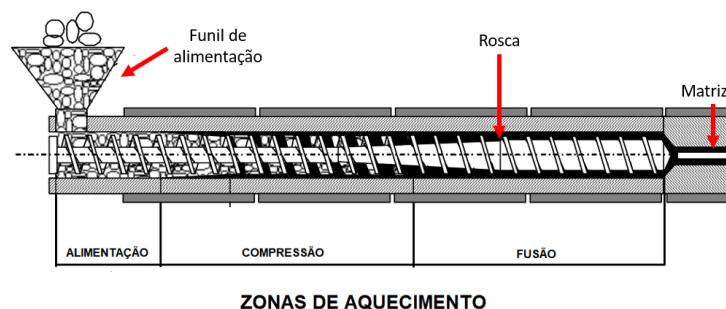
Funil de alimentação: onde é alimentado o material a ser extrudado;

Zonas de aquecimento: Regiões com temperaturas variáveis que são responsáveis por aquecer o material ao longo da extrusora;

Rosca: Que fará a compressão e movimentação do material ao longo das zonas;

Matriz: Contendo a forma que o material a ser moldado deve possuir.

Figura 4. Representação gráfica das zonas de uma extrusora.

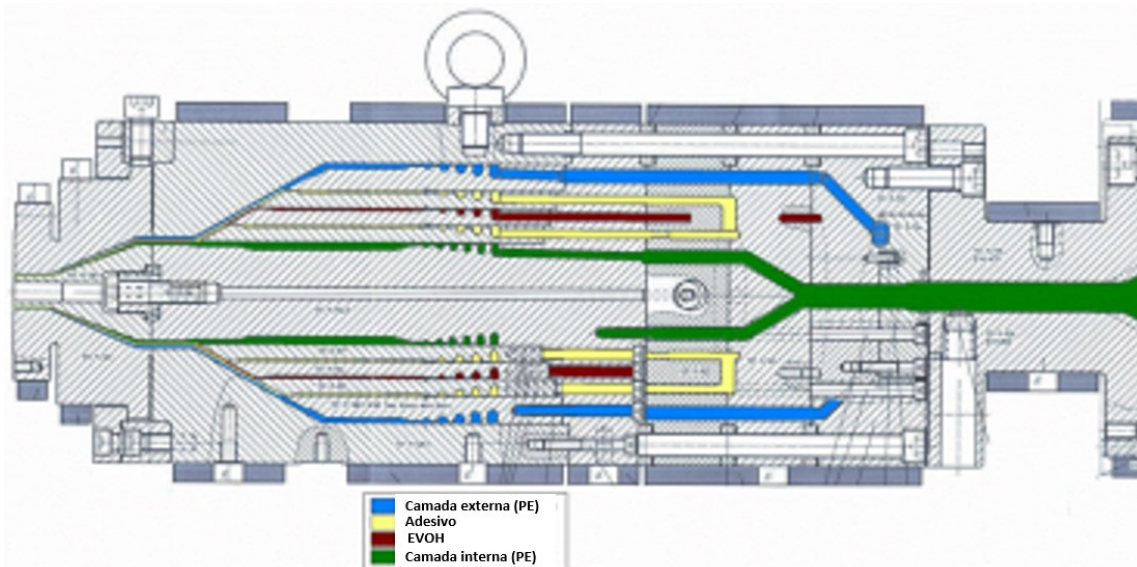


Fonte: Adaptado de Rodrigues (2018).

De acordo com Crippa (2006), a coextrusão é a combinação de duas ou mais camadas de polímeros fundidos, que formam um único filme e atendem às necessidades específicas de desempenho para uma determinada aplicação.

A fabricação de tubos MONO ocorre de forma semelhante ao observado na Figura 4. Já os tubos COEX da C-Pack são obtidos utilizando-se 4 extrusoras sendo: 1 extrusora para a camada de EVOH, 1 extrusora para a camada de adesivo, sendo esta necessária pois o EVOH e o polietileno não possuem boa adesão, 1 extrusora para a camada interna de polietileno e 1 extrusora para a camada externa para se obter as 5 camadas mencionadas em 2.1.2. Utilizam-se extrusoras diferentes para a camada interna e externa pois estas podem ser feitas com resinas e cores diferentes. A Figura 5 ilustra a obtenção desse tipo de tubo.

Figura 5. Representação gráfica de extrusão de tubos coextrudados.



Fonte: C-Pack.

2.3 COR

Pelo lado da física, a interação entre a luz e o objeto gera o fenômeno da cor percebida nos corpos. A luz incide sobre os átomos componentes das substâncias, interagindo e gerando a coloração dos objetos. A capacidade de absorver, refratar ou refletir determinados raios luminosos incidentes nos objetos os faz coloridos. Portanto, a percepção da cor pode variar a depender da luz que está sendo incidida e da capacidade do observador de percebê-la (SILVEIRA, 2015).

De acordo com Mello (2012) a cor de um objeto é o resultado das propriedades físicas dele. De quão rugosa, ou polida é sua superfície, das propriedades do corpo em relação à refração da luz e das suas propriedades em relação à absorção da luz incidente. Uma combinação desses efeitos irá determinar que comprimentos de onda emergirão da superfície do objeto. Essa nova combinação de comprimentos de onda define a cor dos objetos.

2.3.1 Sistemas de cores

Uma vez que a percepção da cor varia de acordo com as condições físicas do objeto e biológicas do observador surgiram diversos modelos topológicos distribuídos em várias tentativas de organizar as cores sob uma lógica matemática a partir de sólidos manipuláveis. O desenvolvimento destes sólidos proporcionou a aparição de uma ciência chamada *Colorimetria*, que auxiliou toda a produção industrial cromática mundial, movida pelos estudos da reprodução cromática. Atualmente existem diversos espaços de cores, sendo alguns dos mais conhecidos o RGB, CMYK e LAB (SILVEIRA, 2015).

No modelo de cores RGB, as cores podem ser mudadas combinando-se vários valores de vermelho, verde e azul, ou seja, é um sistema aditivo. Cada uma das três cores primárias tem um intervalo de valores de 0 até 255 (BREVE, 2013).

O sistema CMYK vem do inglês *cyan*, *magenta*, *yellow* e *key* – traduzido para o português como ciano, magenta, amarelo e, a cor chave, preto. É um sistema subtrativo de cores (em contraposição ao sistema aditivo, o RGB) onde as cores são formadas a partir da subtração de 2 cores (Exemplo: subtrair o azul da cor amarela para se obter o verde). É empregado por impressas, impressoras e fotocopiadoras para reproduzir a maioria das cores do espectro visível, e é conhecido como quadricromia (SILVA, 2014).

O sistema LAB foi elaborado pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE) é consiste em um sistema que permite a identificação de cores a partir de três coordenadas (LAB), que será detalhado em seguida. É o principal sistema de cores utilizados na indústria de polímeros, e por este motivo foi o adotado para o desenvolvimento deste estudo.

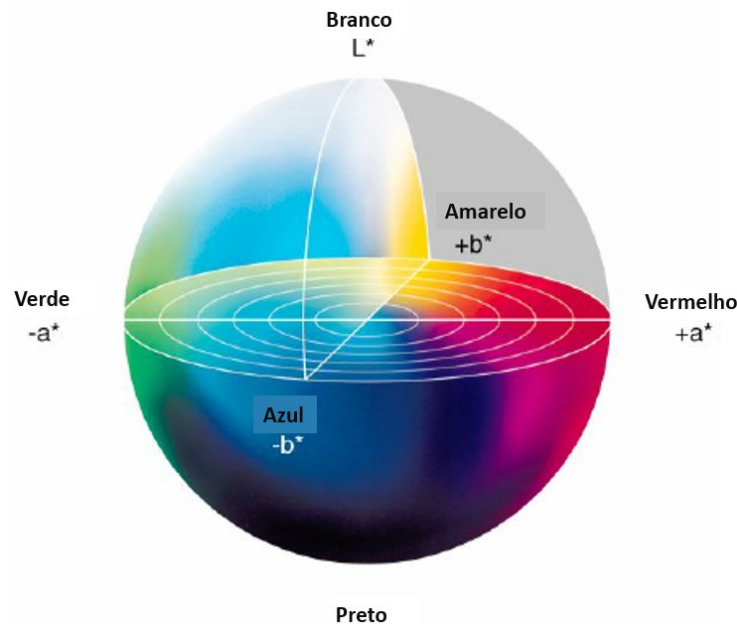
2.3.1.1 Espaço CIE $L^*a^*b^*$

A percepção e interpretação da cor é altamente subjetiva. Fadiga ocular, idade, ambiente em qual está sendo visualizado objeto e outros fatores podem influenciar a percepção das cores (X-RITE, 2016).

A *Comission Internationale de L'Eclairage* (CIE), organização internacional cujo trabalho baseia-se no uso de luz e cor, desenvolveu métodos para expressar numericamente as cores, sendo que o de mensuração cromática $L^*a^*b^*$, descrito em 1976, considera três eixos espaciais perpendiculares entre si, cujos pontos fornecem diferenças numéricas mais uniformes em relação às diferenças visuais (TAKATSUI, 2011).

No espaço CIE $L^*a^*b^*$, Figura 6, as cores são descritas por luminosidade (L^*), coordenada a^* e coordenada b^* . A coordenada a^* refere-se a presença da cor vermelha ($+a$) e verde ($-a$), enquanto a coordenada b^* é referente as cores amarelo ($+b$) e azul ($-b$). A luminosidade representa a presença de branco ou preto (OLIVEIRA, 2006).

Figura 6. Imagem contendo o espaço CIE $L^*a^*b^*$ e a disposição de suas coordenadas.



Fonte: Adaptado de Color Hex (2023).

Ao longo dos anos a CIE elaborou diferentes modelos para determinação de variação de cor e tolerância. Os modelos CMC, CIE76 e CIE94 estabeleciam tolerâncias de cor (ou seja, variação de cor visualmente aceitável). Uma das formas de estabelecer tolerâncias de cor é através do cálculo de ΔE sendo um dos mais utilizados pela indústria o $\Delta E_{a^*b^*}$ (X-RITE, 2016).

A diferença de cor entre dois objetos, por exemplo, um padrão e uma amostra, pode ser quantificada no diagrama $L^*a^*b^*$ proposto por Berns (2000), através do $\Delta E_{a^*b^*}$, cuja distância entre as duas posições é dada pela equação 1. (OLIVEIRA, 2006):

$$\Delta E_{a^*b^*} = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2} \quad (1)$$

Sendo:

$$\Delta L = L_{amostra} - L_{padrão} \quad (2)$$

$$\Delta a = a_{amostra} - a_{padrão} \quad (3)$$

$$\Delta b = b_{amostra} - b_{padrão} \quad (4)$$

O Delta E é medido em uma escala de 0 a 100, onde o 0 representa que não existe diferença entre a cor dos objetos e 100 indica cores opostas. Os valores ΔE podem ser relacionados a percepção visual da cor pelos olhos humanos. Os intervalos de percepção padrão são os seguintes (VIEWSONIC, 2021):

- ≤ 1 : Não perceptível ao olho humano;
- 1 a 2: Diferença é perceptível através de observação atenta;
- 2 a 10: Diferença de cor é perceptível à primeira vista;
- 11 a 49: As cores são mais parecidas do que as opostas;
- 100: As cores são exatamente opostas (VIEWSONIC, 2021).

2.4 CONTROLE DE COR

A indústria cosmética possui grande estima pelo padrão de cor das bisnagas, pois o marketing e a identidade visual criada para as linhas de produto são muito valorizados nessa área. Para que a C-Pack faça a entrega dos produtos em conformidade, é feito um rigoroso controle de qualidade utilizando uma cartela padrão.

Internamente, os itens são divididos por famílias. Uma família é composta por luvas que possuam as mesmas especificações para as características: diâmetro, espessura de parede, aditivo anti-UV, tipo de extrusão e masterbatch. Sendo assim, quando um novo item é criado uma busca é feita para poder enquadrá-lo em uma família. Caso não haja nenhuma família existente com essas características é necessário que seja criada uma.

Para cada família é feita uma cartela, como a da Figura 7, contendo luvas de mínimo, ideal e máximo que representam o padrão a ser seguido e contém os percentuais de masterbatch que foi utilizado na produção dela. Nesse momento, também é feito um travamento no sistema contendo o percentual de master utilizado para gerar a cartela. Desta forma, sempre que um item da família precisa ser produzido é utilizado esse percentual como base.

Figura 7. Cartela padrão contendo luvas com mínimo, ideal e máximo.



Fonte: Autoria própria.

Eventualmente, devido a variabilidade de lote do masterbatch dos fornecedores, pode acontecer que o percentual da cartela não seja representativo, sendo o mesmo utilizado apenas como guia. O que determinará se o item deve ser aprovado ou não é o comparativo de cor realizado por meio da análise visual.

Dado o método de retirada de padrões, será avaliado no trabalho a relação as características de família de itens (diâmetro, espessura de parede e aditivo anti-UV, tipo de extrusão) e a opacidade. Também será calculada a variação de cor dos tubos quando armazenados em condições diferentes por períodos iguais e por fim, se os padrões de mínimo e máximo tem uma variação de cor semelhante para os diferentes tipos de masterbatches.

3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O trabalho foi dividido em 3 etapas, de forma que os testes fossem os mais representativos possíveis e que abrangessem todas as características adotadas no processo interno de produção de cartela. Para todas as etapas do trabalho foi utilizado um espectrofotômetro portátil X-Rite que tem a capacidade de fornecer a opacidade e as coordenadas colorimétricas L^*a^*b . A espessura de parede das amostras foi medida utilizando um micrômetro calibrado.

3.1 ETAPA A: RELAÇÃO ENTRE OPACIDADE E AS CARACTERÍSTICAS DAS LUVAS

O objetivo dessa etapa foi avaliar o comportamento da opacidade quando são alteradas algumas das características das luvas. Cada um desses atributos foi avaliado de forma individual sendo esses: blenda, espessura de parede, diâmetro, tipo de extrusão e aditivo. Foi feita a medição da opacidade e espessura de parede das amostras de cada uma dessas condições. Os valores obtidos foram utilizados correlacionar a variação da opacidade em função da espessura.

Para a etapa A foram selecionadas como amostra luvas naturais, visando reduzir variáveis indesejadas. Conforme evidenciado na Tabela 3. Para essa etapa a nomenclatura adotada foi a letra A seguido da característica avaliada.

Amostras de espessura: A_espessura;

Amostra de aditivo: A_Aditivo (S para sim e N para não);

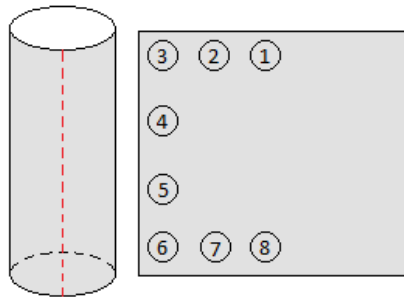
Amostra de tipo de luva: A_Tipo de extrusão;

Amostra de diâmetro: A_diâmetro da luva;

Amostra de blenda: A_% de PEAD+%PEBD.

Para cada teste foram fixadas as características da luva que não fossem o foco do estudo. Ficou estabelecido como padrão 10 luvas de cada item, e 8 pontos de medição em cada uma. Na Figura 8 a linha pontilhada representa o corte longitudinal feito nas amostras e os números os locais em que foram feitas as medições. Foram obtidos 80 dados para cada condição para cálculo de média e desvio padrão.

Figura 8. Representação dos pontos de medição utilizados como referência para a etapa A.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3. Características das amostras utilizadas para os testes da Etapa A.

Teste	Nomenclatura	Diâmetro (mm)	Luva	Aditivo anti-UV	Blenda (PEAD/PEBD/PEBDL)	Espessura (mm)
Espessura	A_0,40	35	COEX	Não	50/50/0	0,40
	A_0,45					0,45
	A_0,50					0,50
Aditivo anti-UV	A_AditivoN	35	COEX	Não	50/50/0	0,45
	A_AditivoS			Sim		
COEX x MONO	A_COEX	19	COEX	Não	70/30/0	0,40
	A_MONO		MONO			
Diâmetro	A_19	19	COEX	Não	50/50/0	0,45
	A_35	35				
	A_50	50				
	A_25	25				
	A_19	19				
	A_40	40				
Blenda	A_0100	19	COEX	Não	0/100/0	0,45
	A_2080				20/80/0	
	A_5050				50/50/0	
	A_8020				80/20/0	
	A_1000				100/0/0	

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 ETAPA B: COMPORTAMENTO DA COR DA LUVA EM CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO DIFERENTES

Nesta etapa buscou-se avaliar como ocorre a variação de cor das luvas ao longo do tempo quando são armazenadas em ambientes diferentes. As amostras foram armazenadas em 3 condições por um período de 60 dias, essas condições foram:

Condição I: Amostras expostas a luz artificial 24h por dia;

Condição II: Amostras expostas em ambiente externo;

Condição III: Amostras armazenadas em um envelope de segurança ao abrigo de luz.

Para os testes da Etapa B foram selecionadas luvas contendo masterbatch e que foram fabricadas na mesma semana. Utilizaram-se no 15 luvas de cada um dos itens da Tabela 4, sendo: 5 unidades para condição I, 5 para a condição II e 5 para a condição III.

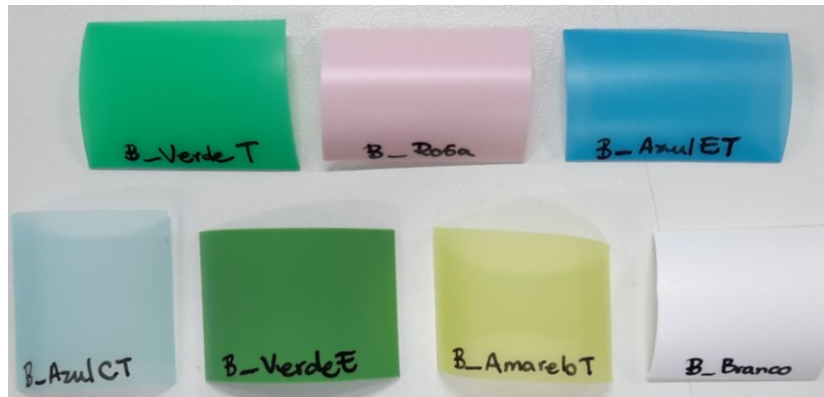
As amostras utilizadas na etapa B, Figura 9, receberam a nomenclatura B seguido da cor e aspecto visual do masterbatch. As letras que representam essas características são: C - claro, E - escuro e T - translúcido.

Tabela 4. Características das amostras utilizadas para os testes da Etapa B.

Nome	Cor	Ø (mm)	Luva	Aditivo anti-UV	Blenda (PEAD/PEBD/PEBDL)	Espessura (mm)
B_Rosa	Rosa	30	COEX COM EVOH	Não	20/80/0	0,45
B_AzulCT	Azul claro translúcido	35	COEX COM EVOH	Sim	70/0/30	0,45
B_Branco	Branco	35	COEX COM EVOH	Não	65/25/10	0,45
B_AzulET	Azul escuro translúcido	35	COEX COM EVOH	Sim	70/0/30	0,45
B_AmareloT	Amarelo translúcido	35	COEX COM EVOH	Sim	20/80/0	0,45
B_VerdeE	Verde escuro	40	COEX COM EVOH	Não	20/80/0	0,45
B_VerdeT	Verde translúcido	50	COEX COM EVOH	Não	50/50/0	0,50

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9. Cores das luvas utilizadas na etapa B.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As amostras que não estavam ao abrigo de luz foram dispostas em caixas e cobertas com plástico filme para proteger as luvas contra intempéries, como ilustra a Figura 10.

Figura 10. Disposição das amostras para as condições II e III na etapa B.



Fonte: Autora.

3.3 ETAPA C: PROCESSO ATUAL E A VARIAÇÃO DE ΔE DOS PADRÕES DA C-PACK

O objetivo da etapa C foi avaliar a variação do processo atual de criação de cartela através da medição de ΔE . Para isso foi feita a seleção de padrões já existentes no estoque da Engenharia e mediu-se as coordenadas L^*a^*b . Foi feito o cálculo de ΔE considerando a luva de ideal como padrão.

Assim como para a Etapa B, na Etapa C foram escolhidas luvas com masterbatch, mas que tivessem cores em regiões diferentes do espaço CIE L*a*b, conforme Tabela 5.

A nomenclatura adotada foi semelhante a utilizada na etapa anterior sendo: C_(cor do master)+(inicial da característica da luva). As letras que representam essas características são: C - claro, E - escuro, T - translúcido e P - perolizado

Tabela 5. Amostras utilizadas para teste da etapa C.

Nome	Cor	Ø (mm)	Luva	Aditivo anti-UV	Blenda (PEAD/PEBD/PEBDL)	Espessura (mm)
C_Cinza	Cinza	30	COEX	Não	20/80/0	0,45
C_Azul	Azul	50	COEX	Não	65/0/35	0,45
C_Amarelo	Amarelo	40	COEX	Não	70/30/0	0,45
C_LaranjaP	Laranja perolizado	35	COEX	Não	50/50/0	0,50
C_RosaP	Rosa perolizado	50	COEX	Não	20/80/0	0,45
C_AmareloP	Amarelo perolizado	50	COEX	Não	20/80/0	0,45
C_VermelhoP	Vermelho perolizado	30	COEX	Não	0/80/20	0,50
C_AmareloT	Amarelo translúcido	50	COEX	Sim	20/80/0	0,45
C_AzulET	Azul escuro translúcido	35	COEX	Sim	70/0/30	0,45
C_RoxoP	Roxo perolizado	35	COEX	Não	65/25/10	0,45
C_VerdeP	Verde perolizado	50	COEX	Não	20/80/0	0,45
C_Marrom	Marrom	35	COEX	Não	20/80/0	0,45
C_VinhoP	Vinho perolizado	50	COEX	Não	65/0/35	0,45
C_VerdeT	Verde translúcido	30	COEX	Sim	20/80/0	0,45
C_PrataP	Prata perolizado	50	MON O	Não	20/80/0	0,45
C_LilásP	Lilás perolizado	30	COEX	Não	70/0/30	0,50
C_Verde	Verde	35	COEX	Não	30/70/0	0,45
C_Vermelho	Vermelho	40	COEX	Não	65/0/35	0,45
C_OuroP	Ouro perolizado	50	MON O	Não	70/0/30	0,45
C_BronzeP	Bronze perolizado	35	COEX	Não	20/80/0	0,45
C_AzulCT	Azul claro translúcido	35	COEX	Sim	70/0/30	0,45
C_Preto	Preto	35	COEX	Não	70/30/0	0,50
C_PretoP	Preto perolizado	35	COEX	Não	20/80/0	0,45

Fonte: Elaborado pela autora.

Além disso, também foram selecionados itens que possuísssem aspectos diferentes como por exemplo o efeito perolado e o translúcido. A Figura 11 contém as luvas utilizadas na etapa C.

Figura 11. Cores das luvas utilizadas como amostra para etapa C.



Fonte: Elaborado pela autora.

4 RESULTADOS

Neste tópico serão detalhados os resultados referentes as etapas A, B e C do trabalho de forma individual. Os valores de opacidade e coordenada colorimétrica foram obtidos utilizando-se um espectrofotômetro portátil.

4.1 ETAPA A

4.1.1 Espessura

No estudo da influência da espessura, observou-se que para luvas de mesma blenda, diâmetro, tipo de extrusão e master, a opacidade aumenta quando a espessura também aumenta. Conforme Tabela 6, para a amostras A_0,40 (espessura de produção de 0,40), a média de opacidade foi 9,46 %, enquanto as luvas A_0,45 e A_0,50 resultaram em uma opacidade de 11,18 % e 13,21 %, respectivamente.

Ainda de acordo com a Tabela 6, pode-se avaliar que a espessura média real das amostras está muito próxima da espessura de produção. Além disso, ocorreu um aumento do desvio padrão da opacidade quando se aumentou a espessura.

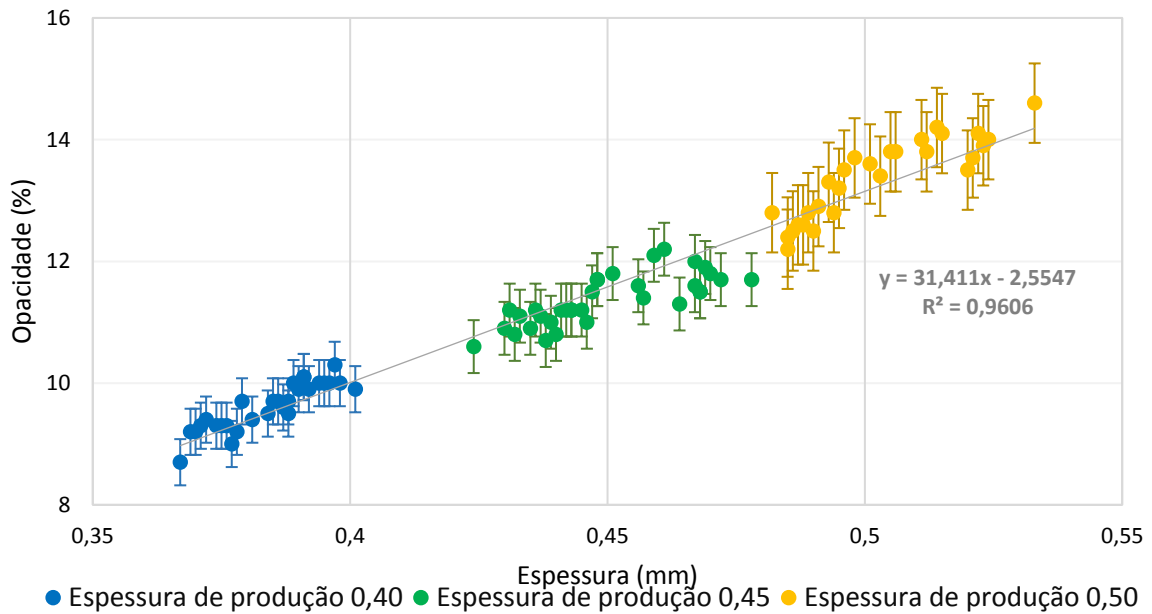
Tabela 6. Resultados das medidas de espessura e opacidade para o estudo de influência da espessura na opacidade.

Amostra	A_0,40	A_0,45	A_0,50
Espessura (mm)	0,38 ± 0,01	0,45 ± 0,01	0,50 ± 0,01
Opacidade (%)	9,46 ± 0,38	11,18 ± 0,43	13,21 ± 0,65

Fonte: Elaborado pelo autor.

Através da Figura 12, pode-se ter uma melhor perspectiva a respeito do comportamento da opacidade com a variação da espessura. A linha de tendência gerada a partir dos dados culminou em um R^2 de 0,96, o que corresponde que os dados possuem uma boa adequação ao modelo.

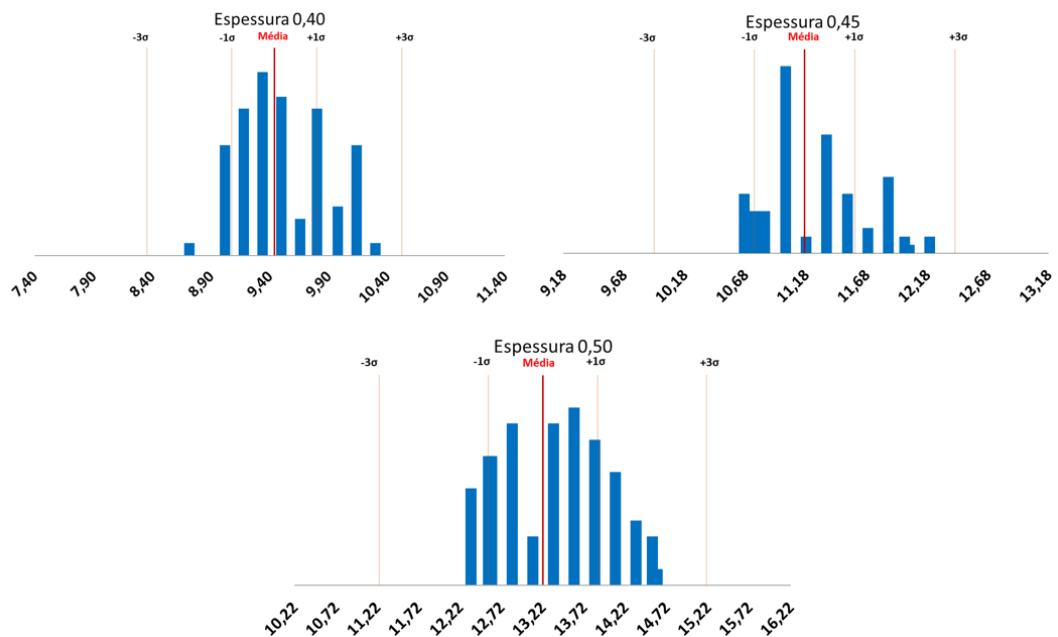
Figura 12. Gráfico representativo da relação entre a espessura e opacidade para luvas de mesmo diâmetro, blenda, tipo de extrusão e aditivo anti-UV.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando-se o histograma de distribuição amostral das luvas, Figura 13, tem-se que em torno de 60 % das medições de opacidade encontram-se em até 1 desvio, e 100 % dos dados a 3 desvios para todas as espessuras.

Figura 13. Distribuição amostral das luvas de espessura de produção de 0,40, 0,45 e 0,50 mm.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.2 Tipo de extrusão

O estudo da influência do tipo de extrusão na opacidade foi realizado com luvas MONO e COEX. Conforme Tabela 7, as amostras A_COEX e A_MONO apresentaram médias de espessura e opacidade estatisticamente iguais.

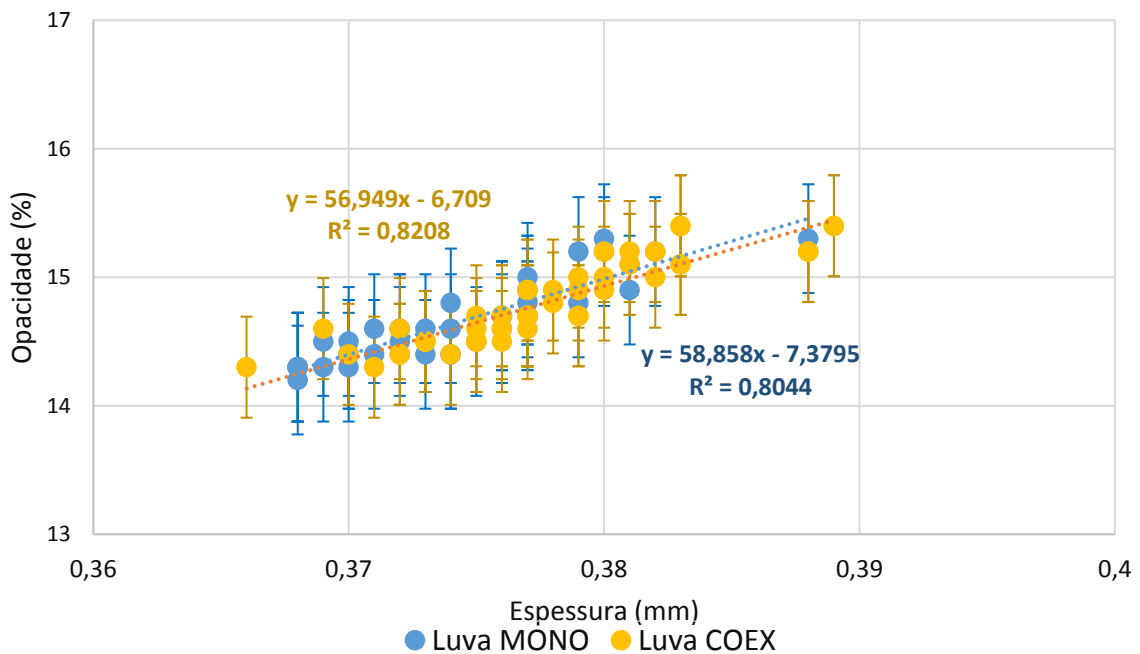
Tabela 7. Resultados das medidas de espessura e opacidade para o estudo de influência do tipo de extrusão na opacidade.

Tipo de extrusão	A_MONO	A_COEX
Espessura (mm)	$0,37 \pm 0,01$	$0,38 \pm 0,01$
Opacidade (%)	$14,55 \pm 0,42$	$14,86 \pm 0,39$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode ser observado na Figura 14, as linhas de tendência que representam as amostras A_MONO e A_COEX apresentaram coeficiente angular próximos, ambos tendo um R^2 superior a 0,80.

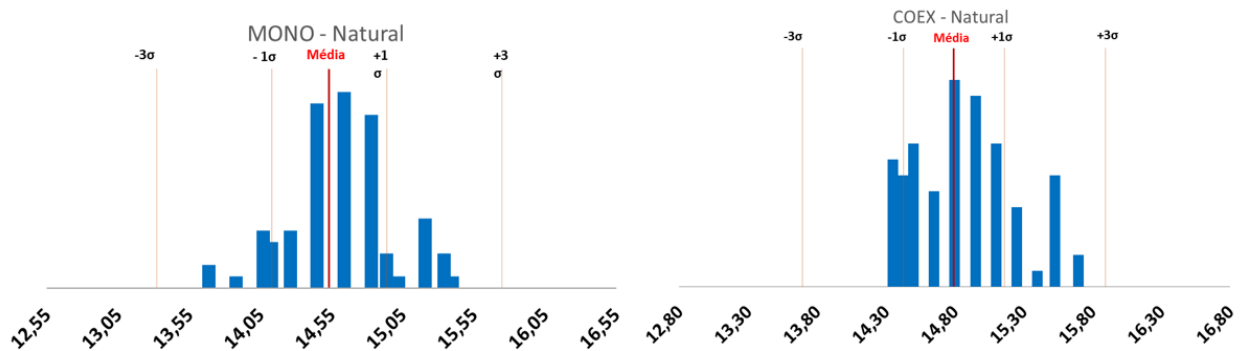
Figura 14. Gráfico comparativo entre a relação de espessura e opacidade para luvas monoextrudadas e coextrudadas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto a distribuição amostral, ambas as condições apresentaram acima de 70 % dos resultados até 1 desvio padrão da média e 100 % dos dados até 3 desvios, conforme pode ser evidenciado visualmente pela Figura 15.

Figura 15. Distribuição amostral das luvas MONO e COEX.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.3 Aditivo anti-UV

O teste realizado para relacionar a presença de aditivo anti-UV à opacidade revelou que para as amostras sem (A_AditivoN) e com (A_AditivoS) aditivo, com mesma espessura de parede, blenda e diâmetro não existe diferença significativa na opacidade. Como demonstrado na Tabela 8, a média de opacidade da luva sem aditivo foi de 7,54 % enquanto a com aditivo possui uma média de 7,72 %. Considerando os desvios padrões, as luvas não têm diferença quanto a opacidade.

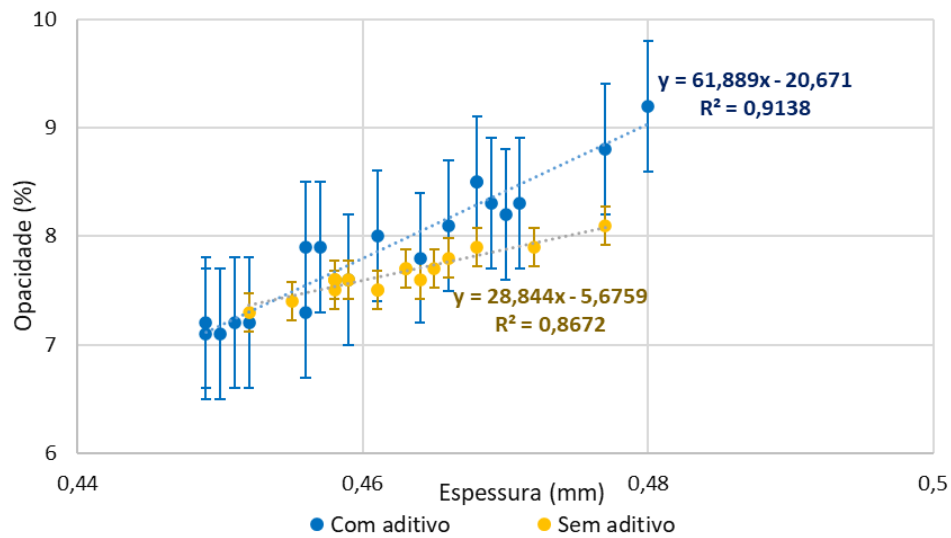
Tabela 8. Resultados das medidas de espessura e opacidade para o estudo de influência da adição de aditivo anti-UV na opacidade.

	A_AditivoS	A_AditivoN
Espessura (mm)	0,46 ± 0,01	0,46 ± 0,01
Opacidade (%)	7,54 ± 0,18	7,72 ± 0,60

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 16 observa-se que para espessura de parede em torno de 0,46 mm não existe diferença na opacidade. As linhas de tendência resultantes das medições apresentaram um R^2 superior a 0,85 em ambas as condições, com e sem aditivo.

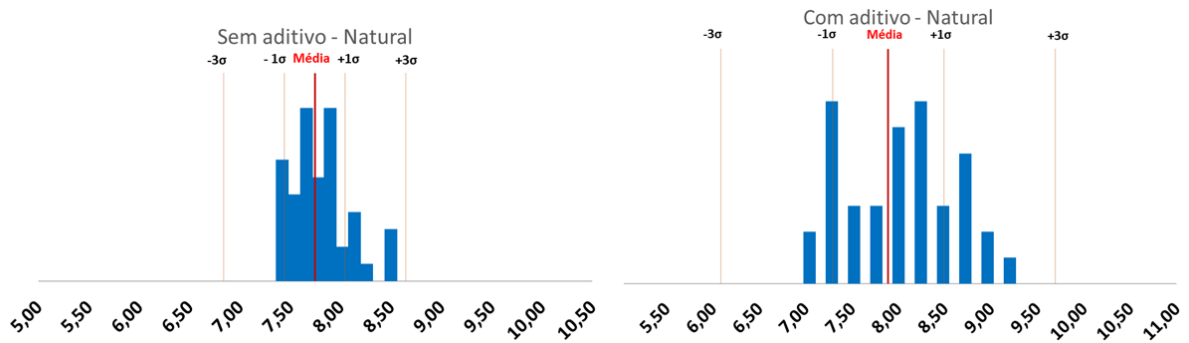
Figura 16. Gráfico representativo da relação entre a presença de aditivo anti-UV e a opacidade para luvas naturais.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A distribuição amostral das amostras A_AditivoN e A_AditivoS, Figura 17, apresentaram comportamento semelhante, 70 % dos resultados encontraram-se em até 1 desvio padrão da média e 100 % dos resultados até 3 desvios.

Figura 17. Distribuição amostral das luvas sem aditivo anti-UV.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.4 Blenda

Os resultados expostos na Tabela 9 evidenciaram que o aumento do percentual de polietileno de alta densidade na blenda gera um aumento da opacidade da luva. A espessura de parede das amostras apresentou os mesmos valores, considerando o desvio. A luva com 100 % de polietileno de baixa densidade teve uma média de opacidade de 5,19 %, sendo a menor para

esse estudo. As amostras com 100 % de polietileno de alta densidade apresentaram a maior média, 20,52 %.

A amostra A_5050, que contém 50% de PEAD, apresentou o maior desvio a média de opacidade.

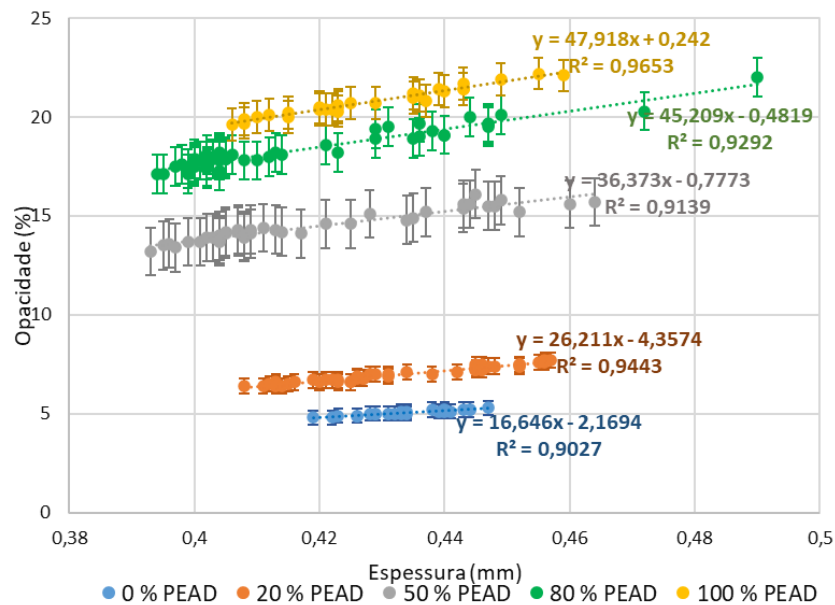
Tabela 9. Resultado das medições de espessura e opacidade no estudo da influência do percentual de PEAD.

Amostra	A_0100	A_2080	A_5050	A_8020	A_1000
Espessura (mm)	0,43 ± 0,01	0,43 ± 0,01	0,42 ± 0,02	0,42 ± 0,02	0,43 ± 0,01
Opacidade (%)	5,19 ± 0,36	6,93 ± 0,39	15,03 ± 1,21	18,35 ± 0,97	20,52 ± 0,81

Fonte: Elaborado pela autora.

As linhas de tendências geradas a partir dos resultados, Figura 18, reforçam a teoria de que quanto maior for o percentual de PEAD na blenda, maior será a opacidade da luva.

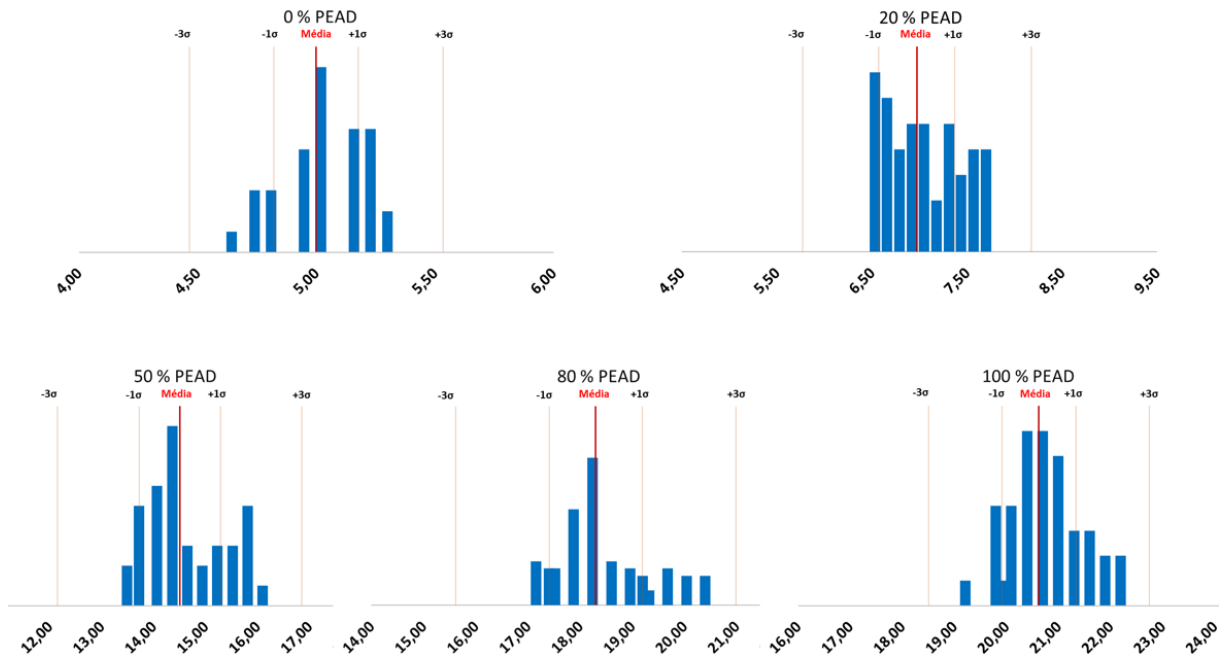
Figura 18. Gráfico contendo dados relativos à medição de opacidade em luvas com diferentes percentuais de polietileno de alta densidade.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para todas as blendas estudadas 60 % dos resultados de opacidade encontraram em até 1 desvio padrão da média e 100 % em até 3 desvios, conforme Figura 19.

Figura 19. Distribuição amostral das luvas com diferentes blends.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.1.5 Diâmetro

Conforme pode ser observado no gráfico da Figura 20 não foi observada uma relação proporcional entre a mudança de diâmetro e o comportamento da opacidade. Quando analisados os resultados para uma mesma faixa de espessura, 0,44 a 0,46, a amostra A_25 foi a que apresentou os maiores valores de opacidade. Em contrapartida, as amostras de diâmetro 19 (A_19) e 35 (A_35) foram as que tiveram os menores percentuais.

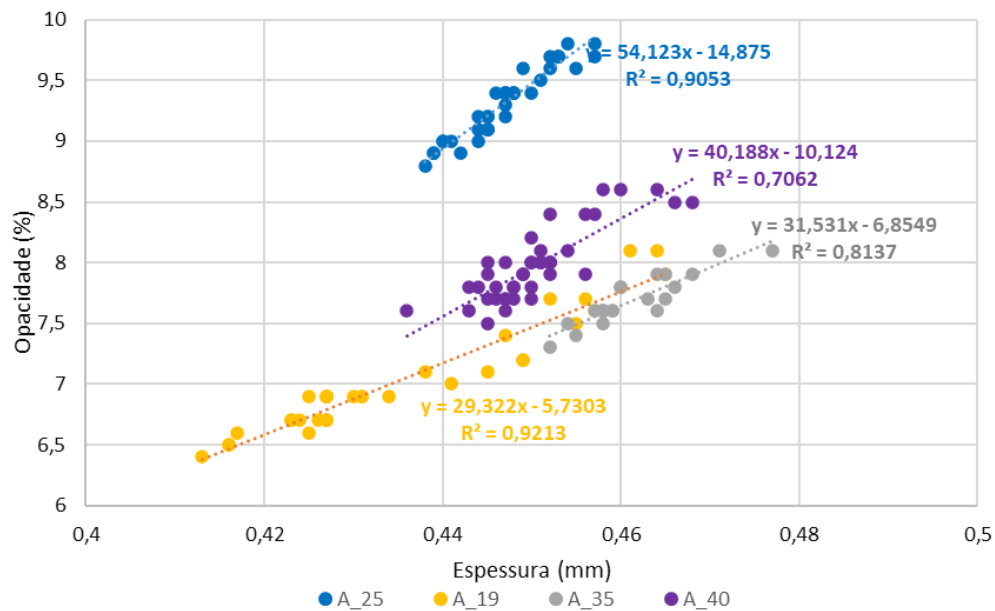
A Tabela 10 contém os valores de espessura e opacidade obtidos para cada uma das amostras. Considerando-se os desvios, as amostras A_35 e A_40 não apresentaram diferença significativa de opacidade.

Tabela 10. Valores médios obtidos para espessura e opacidade das luvas estudadas.

Diâmetro	19	25	35	40
Espessura	0,43 ± 0,01	0,45 ± 0,01	0,46 ± 0,01	0,45 ± 0,01
Opacidade	6,96 ± 0,38	9,35 ± 0,39	7,69 ± 0,20	7,98 ± 0,30

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 20. Gráfico de variação da opacidade em função da espessura para os diâmetros avaliados.



Fonte: Elaborado pela autora.

Na Etapa A, foram analisados os efeitos da variação das características das luvas fabricadas por método de extrusão no seu nível de opacidade. Com base nas variáveis avaliadas e mantendo as demais características constantes, pode-se concluir que:

- Luvas com o mesmo diâmetro, espessura de parede, tipo de extrusão e isentas de pigmento apresentaram um aumento proporcional na opacidade com o aumento percentual do polietileno de alta densidade;
- O aumento da espessura de parede também resultou em um aumento na opacidade das luvas;
- O método de extrusão, seja monocamada ou coextrusão, não teve influência significativa nos níveis de opacidade

A adição de aditivo anti-UV não provocou alterações nos níveis de opacidade

4.2 ETAPA B

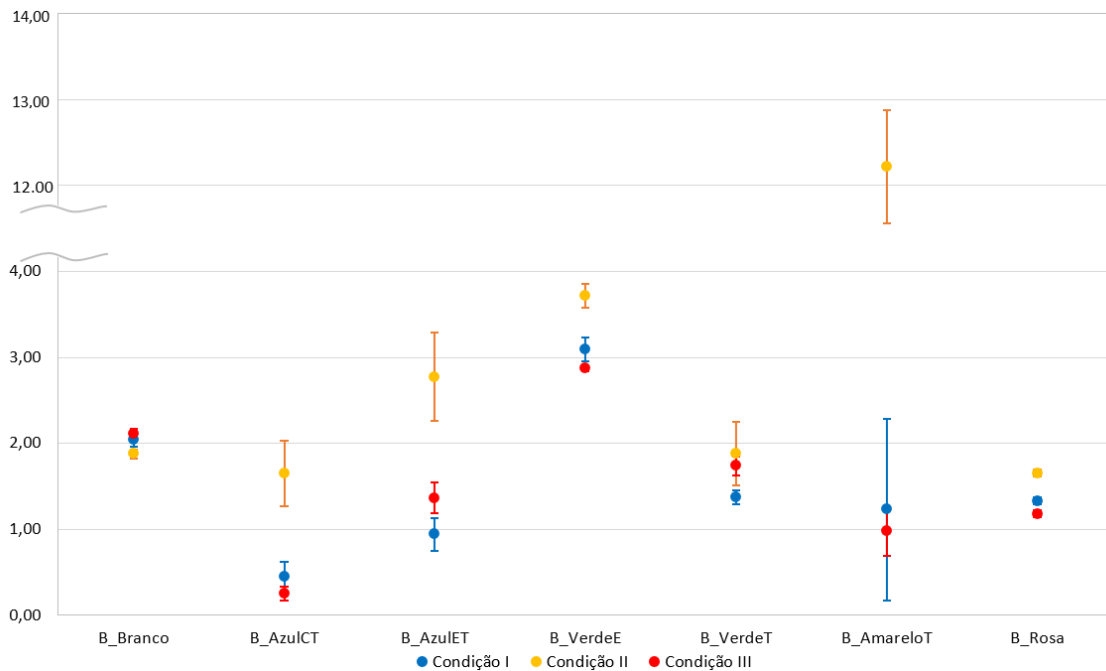
No início da etapa B, dia zero, foram feitas as medições de L^*a^*b de 1 luva de cada item, conforme Tabela 11. Passados 60 dias de exposição nas condições I (luz artificial), II (ambiente externo) e III (envelope ao abrigo de luz), foram feitas as medições das coordenadas L^*a^*b e opacidade para as amostras expostas.

Tabela 11. Coordenadas L*a*b e opacidade para as amostras da etapa B no dia zero.

Item	L	a	b	Opacidade
B_AzulCT	77,16 ± 0,04	-8,12 ± 0,06	-0,35 ± 0,04	16,28 ± 0,32
B_AzulET	61,23 ± 0,10	-26,61 ± 0,10	-19,17 ± 0,15	18,58 ± 0,22
B_Branco	97,14 ± 0,02	-0,63 ± 0,02	0,52 ± 0,04	96,46 ± 0,20
B_VerdeE	53,18 ± 0,02	-28,61 ± 0,05	22,24 ± 0,06	98,82 ± 0,07
B_Rosa	83,42 ± 0,04	13,08 ± 0,05	-1,24 ± 0,04	94,98 ± 0,10
B_AmareloT	77,58 ± 0,23	-10,74 ± 0,06	40,07 ± 0,04	23,52 ± 0,10
B_VerdeT	66,45 ± 0,02	-45,17 ± 0,05	6,63 ± 0,03	52,64 ± 0,08

Fonte: Elaborado pela autora.

Os valores obtidos foram utilizados para fazer o cálculo de ΔE , sendo as medições do dia zero o padrão a ser comparado. A Figura 21 contém os valores de ΔE para cada uma das condições avaliadas. As amostras B_Branco e B_Rosa foram as que apresentaram variações de ΔE com menor discrepância entre as 3 condições, estas também são as que possuem os maiores valores de coordenada L, como consta na Tabela 11.

Figura 21. Valores de ΔE para as condições I, II e III da etapa B.

Fonte: Elaborado pela autora.

A amostra B_AmareloT foi a que apresentou a variação de cor mais disforme sendo o ΔE para a condição II de 12,22 e os das condições I e III 1,23 e 0,98, respectivamente. Para as condições I e III o maior valor de ΔE obtido foi para a amostra B_VerdeE, sendo 3,72.

A amostra que apresentou a maior variação enquanto armazenada ao abrigo de luz, B_VerdeE é a que possui o menor valor da coordenada L.

Considerando os dados dispostos na Tabela 12, observou-se que houve alteração do valor da coordenada b em todos os itens (eixo amarelo – azul) para pelo menos uma das condições e a tendência para grande parte das amostras foi de aumento do valor.

Tabela 12. Resultados de medição de opacidade e cor na etapa B para as 3 condições.

Amostra	Condição	L	a	b	Opacidade
B_Branco	Padrão	97,14 ± 0,02	-0,63 ± 0,02	0,52 ± 0,04	96,46 ± 0,20
	I	95,11 ± 0,15	-0,79 ± 0,01	0,70 ± 0,08	95,76 ± 0,23
	II	95,27 ± 0,07	-0,79 ± 0,01	0,49 ± 0,06	95,95 ± 0,20
	III	95,03 ± 0,12	-0,62 ± 0,01	0,41 ± 0,04	96,40 ± 0,25
B_AzulCT	Padrão	77,16 ± 0,04	-8,12 ± 0,06	-0,35 ± 0,04	16,28 ± 0,32
	I	76,82 ± 0,41	-8,05 ± 0,07	-0,62 ± 0,05	17,71 ± 0,39
	II	77,07 ± 0,37	-6,67 ± 0,46	0,54 ± 0,30	18,32 ± 0,30
	III	76,92 ± 0,12	-8,03 ± 0,08	-0,24 ± 0,05	17,37 ± 0,27
B_AzulET	Padrão	61,23 ± 0,10	-26,61 ± 0,10	-19,17 ± 0,15	18,58 ± 0,22
	I	61,66 ± 0,22	-26,01 ± 0,18	-18,77 ± 0,17	18,55 ± 0,33
	II	60,63 ± 0,57	-24,16 ± 0,60	-18,29 ± 0,35	21,03 ± 0,46
	III	61,83 ± 0,26	-25,74 ± 0,19	-18,46 ± 0,09	18,43 ± 0,48
B_VerdeE	Padrão	53,18 ± 0,02	-28,61 ± 0,05	22,24 ± 0,06	98,82 ± 0,07
	I	56,23 ± 0,09	-28,70 ± 0,17	21,67 ± 0,15	98,94 ± 0,16
	II	56,75 ± 0,12	-28,60 ± 0,17	21,14 ± 0,14	98,72 ± 0,17
	III	56,03 ± 0,03	-28,66 ± 0,02	21,80 ± 0,03	99,04 ± 0,16
B_VerdeT	Padrão	66,45 ± 0,02	-45,17 ± 0,05	6,63 ± 0,03	52,64 ± 0,08
	I	67,46 ± 0,11	-44,28 ± 0,12	6,36 ± 0,02	52,68 ± 0,56
	II	67,61 ± 0,23	-45,06 ± 0,56	5,14 ± 0,33	54,14 ± 0,97
	III	66,42 ± 0,13	-46,92 ± 0,17	6,63 ± 0,04	56,16 ± 0,30
B_AmareloT	Padrão	77,58 ± 0,23	-10,74 ± 0,06	40,07 ± 0,04	23,52 ± 0,10
	I	78,56 ± 0,12	-10,95 ± 0,13	39,47 ± 2,92	22,65 ± 0,58
	II	78,93 ± 0,44	-8,50 ± 0,31	28,16 ± 1,24	20,76 ± 0,36
	III	78,11 ± 0,67	-10,99 ± 0,06	40,81 ± 0,12	22,76 ± 0,20
B_Rosa	Padrão	83,42 ± 0,04	13,08 ± 0,05	-1,24 ± 0,04	94,98 ± 0,10
	I	84,29 ± 0,04	14,00 ± 0,05	-0,84 ± 0,02	93,77 ± 0,14
	II	85,02 ± 0,03	13,13 ± 0,08	-0,85 ± 0,03	93,40 ± 0,17
	III	83,77 ± 0,03	14,11 ± 0,06	-0,77 ± 0,03	93,92 ± 0,13

Fonte: Elaborado pela autora.

Além disso, as amostras que contém pigmentos que conferem efeito translúcido, B_AzulCT, B_AzulET e B_AmareloT, foram as que apresentaram maior diferença no comportamento de variação de cor para os ambientes expostos.

Na etapa B, foram expostas luvas com diferentes masterbatches em 3 condições diferentes (luz natural, luz artificial e isento de luz) por um período de 60 dias a fim de avaliar a alteração de cor por degradação foto oxidativa. Obteve-se o valor de Delta E, baseado no modelo CIEL*a*b. Com base nos resultados obtidos foi verificado que:

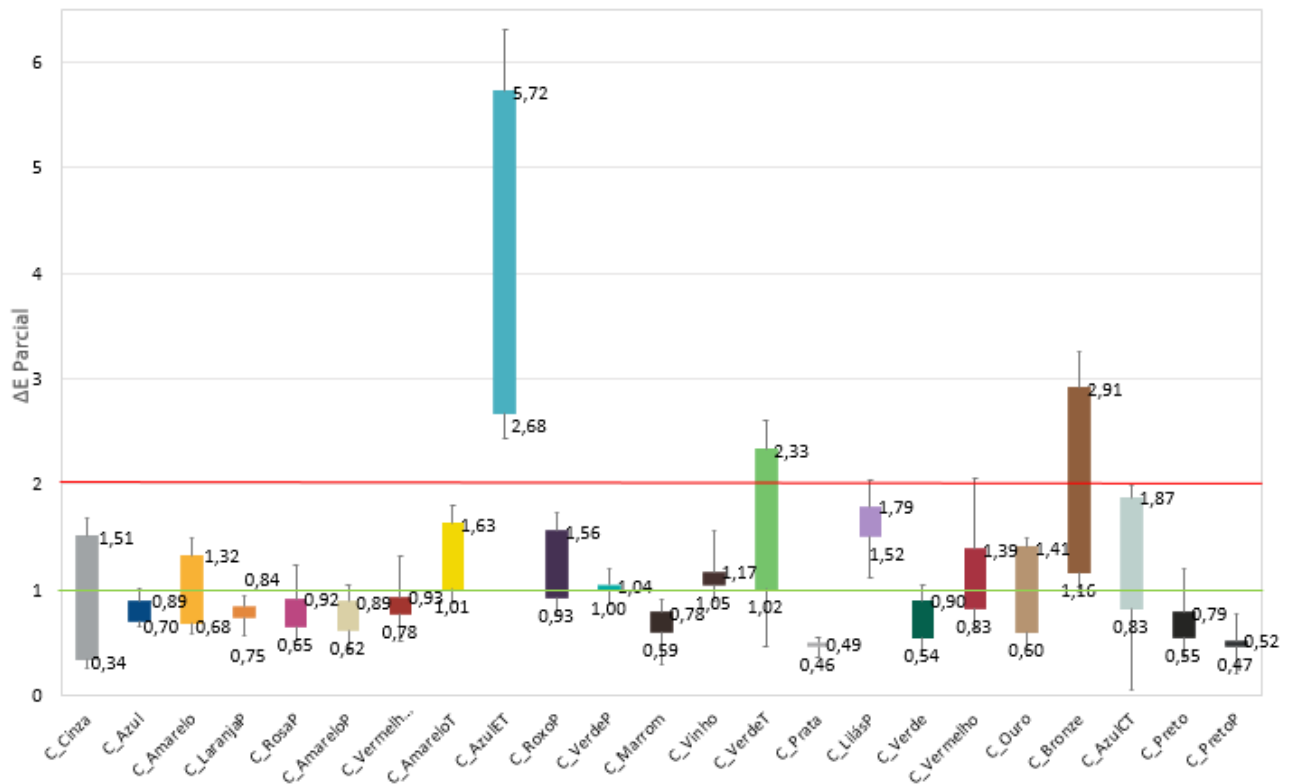
- Luvas que contém masterbatches com coordenadas que cores mais próximas ao centro do círculo CIE L*a*b apresentam variação de cor semelhante para as diferentes condições;
- As amostras fabricadas com masterbatch que conferem efeito translúcido tiveram uma maior variação de cor, principalmente para a condição II;
- A exposição de luvas com efeito translúcido ao ambiente externo gera um aumento da opacidade enquanto luvas naturalmente mais opacas tendem a ficar mais translúcidas. Portanto, pode-se concluir que os masterbatches não se comportam da mesma forma quando expostos às mesmas condições;
- Para as luvas avaliadas, observou-se que o armazenamento de padrões em envelopes ao abrigo de luz por um período de 60 dias é eficiente para grande parte dos masterbatches uma vez que 71% das amostras apresentaram valor de ΔE próximo de 1 para esse ambiente de exposição.

4.3 ETAPA C

Com base nas medições das coordenadas L^*a^*b , calculou-se dois diferentes ΔE sendo: ΔE total a diferença entre a luva de máximo e mínimo e ΔE parcial a diferença de cor entre as luvas de mínimo e máximo em relação ao ideal.

A Figura 22 exibe os valores obtidos de ΔE parcial para as 23 amostras medidas, sendo o topo da barra referente a diferença entre o ideal e o máximo e a parte de baixo referente a diferença entre ideal e mínimo. De acordo com o modelo de CIE, para um valor de delta inferior a 1, a diferença de cor é imperceptível a vista humana, entre 1 e 2 é perceptível quando observada com atenção e entre 2 e 10 é perceptível à primeira vista. Portanto, 91% das luvas medidas não apresentaram diferença de cor expressiva em relação a luva de ideal.

Figura 22. Gráfico referente aos valores de ΔE parcial e seus respectivos desvios para as amostras avaliadas.

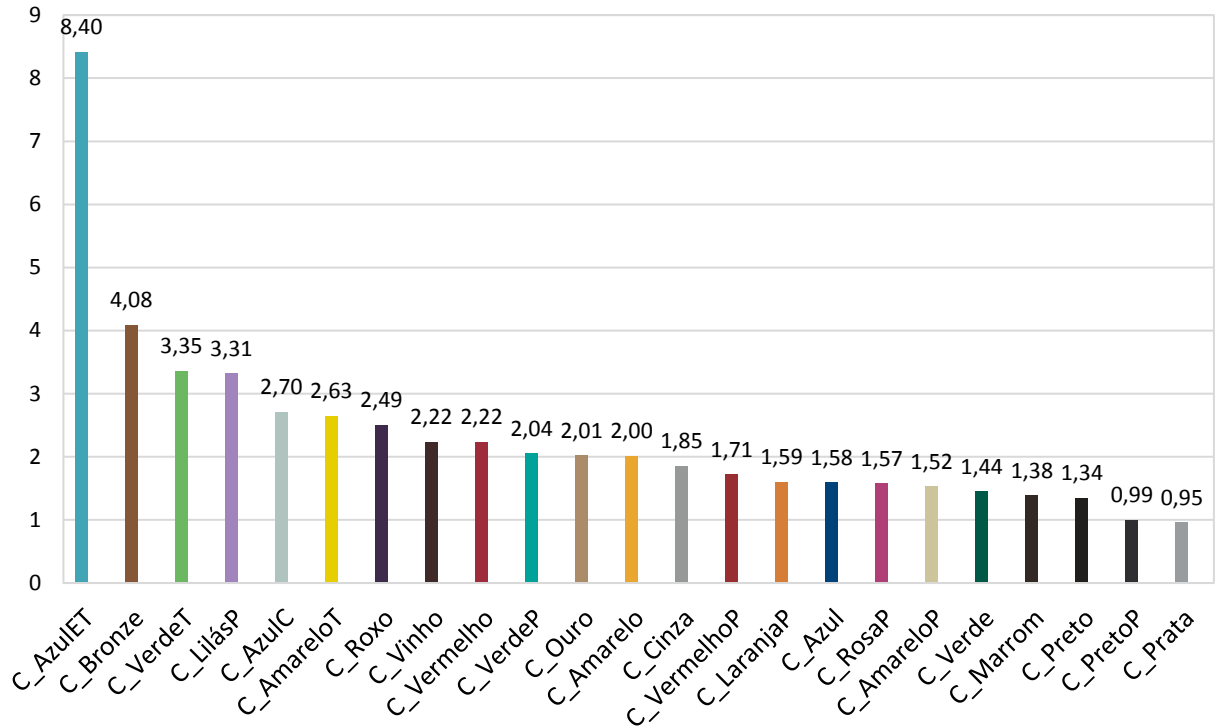


Fonte: Elaborado pela autora.

Ao avaliar o ΔE total, evidenciou-se que as cartelas de padrões que apresentam maior variação de cor entre o mínimo e o máximo são as que possuem características variadas como

efeito translúcido ou perolado. A Figura 23 exibe os valores de ΔE total em ordem decrescente.

Figura 23. Valores de ΔE total para as cartelas avaliadas.



Fonte: Elaborado pela autora.

Pode-se observar também através da Figura 23 que os itens que apresentaram menor variação total de cor foram aqueles em que as coordenadas a e b da luva de ideal estão próximas de zero, de acordo com a Tabela 13.

Tabela 13. Coordenada de cor das luvas de ideal das amostras da etapa C.

Nomenclatura	L	a	b	Opacidade
C_Cinza	62,85	-1,35	0,05	99,74
C_Azul	25,85	-3,30	-39,69	98,76
C_Amarelo	73,47	18,08	66,86	85,26
C_LaranjaP	61,71	31,35	51,83	82,20
C_RosaP	44,82	50,63	-6,80	94,90
C_AmareloP	79,21	-1,32	21,80	83,08
C_VermelhoP	36,03	44,58	28,95	88,76
C_AmareloT	82,77	-3,74	91,86	74,18
C_AzulET	62,41	-25,93	-17,49	17,58
C_Roxo	20,61	14,84	-17,01	98,06
C_VerdeP	58,15	-49,11	-9,10	92,14
C_Marrom	17,08	4,57	4,24	99,76
C_Vinho	19,55	10,35	4,62	99,06
C_VerdeT	68,29	-37,46	35,87	48,66
C_Prata	64,03	-0,95	-1,61	94,92
C_LilásP	59,60	19,86	-25,05	85,58
C_Verde	31,34	-37,38	1,64	97,38
C_Vermelho	37,31	48,17	20,86	93,88
C_Ouro	60,29	8,98	23,74	90,74
C_Bronze	41,84	16,89	27,49	89,08
C_AzulC	77,45	-7,75	0,05	15,58
C_Preto	11,72	0,28	0,47	100,42
C_PretoP	19,24	-0,76	-1,69	104,20

Fonte: Elaborado pela autora.

A etapa C buscou avaliar a uniformidade dos padrões utilizados na C-Pack. Com base nos valores de Delta E parcial e total obtidos, verificou-se que o método atual para retirada das cartelas é eficiente para grande parte dos itens. A maior parte dos valores de ΔE parcial obtidos, diferença entre o padrão de mínimo e máximo em relação ao ideal foi próximo de 1.

A exceção veio de itens que foram fabricados com masterbatches que fornecem efeito translúcido ou perolizado. Além disso, os menores valores de ΔE foram obtidos para luvas com cores próximas ao centro do círculo CIE L^*a^*b , comportamento semelhante às amostras da etapa B.

5 CONCLUSÃO

Ao longo do trabalho foi avaliada a relação entre as características de um tubo plástico e a opacidade. Foi visto que o percentual de polietileno de alta densidade e a espessura de parede tem uma relação diretamente proporcional com o aumento da opacidade. Além disso, a variação do diâmetro também gera uma variação de opacidade, mesmo que a relação não seja direta.

Ao avaliar a diferença de coordenadas colorimétricas, foi visto que tubos que contém efeitos translúcidos ou perolizados tem um maior valor de ΔE quando expostos a condições de armazenamentos diferentes. Enquanto que tubos com masterbatches que possuem as coordenadas colorimétricas a e b próximas de zero apresentam menor variação.

Por fim, foi visto que a diferença de cor entre um padrão de mínimo (menor percentual de masterbatch) e ideal também é menor para tubos com coordenadas colorimétricas próximas de zero.

REFERÊNCIAS

CHRISTIAN WELLNER (Alemanha). Etma. **Tubes Trends**. 2019. Disponível em: <https://www.etma-online.org/wp-content/uploads/2019/06/TubesTrends-No.-15-05-2019.pdf>. Acesso em: 15 maio 2019.

WILCZYNSKI, Krzysztof *et al.* Fundamentals of Global Modeling for Polymer Extrusion. **Polymers**, [S.L.], v. 11, n. 12, p. 2106, 15 dez. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/polym11122106>.

RODRIGUES, Taynara. **Polímeros na Indústria de Embalagens**. 2018. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24082/1/Pol%C3%ADmerosInd%C3%BAstria%20de%20Embalagens.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2023. Acesso em: 11 fev. 2023.

CRIPPA, Agnaldo. **ESTUDO DO DESEMPENHO DE FILMES MULTICAMADAS EM EMBALAGENS TERMOFORMADAS**. 2006. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/8810/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20Mestrado%20-%20Agnaldo%20Crippa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 jan. 2023.

COUTINHO, Fernanda M. B. *et al.* Polietileno: principais tipos, propriedades e aplicações. **Polímeros**, São Carlos, v. 13, n. 1, p. 01-13, jan. 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-14282003000100005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/vzPmcF9tLYGRPvK67CnWj9S/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 02 jan. 2023.

SAVINI, Giovanni. **Modulação da morfologia e dos comportamentos térmico e mecânico do polietileno de alta densidade (PEAD) com a incorporação de etileno-acetato de vinila (EVA) e baixas concentrações de nanotalco sintético**. 2020. 144 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020. Disponível em:

https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/35008/1/TESE%20GSavini_%20Final_Dez%202020.pdf. Acesso em: 08 fev. 2023.

SANTANA, Juliana Galvão. **Processamento e caracterização de filmes flexíveis de nanocompósitos de EVOH/GO tratados por radiação ionizante**. 2019. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Nuclear - Materiais, Ipen, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-29032019-145257/publico/2019SantanaProcessamento.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2023.

PEDRO, Ana Margarida Faria. **Estudo comparativo de Masterbatches de CaCO₃ para aplicação final em filmes de HDPE**. 2016. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química e Bioquímica, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2016. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/303768845.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2023.

LEISTRITZ (Alemanha). Leistritz Extrusion Technology (org.). **MASTERBATCH PRODUCTION: extruders and extrusion lines**. Extruders and extrusion lines. Disponível em: <https://extruders.leistritz.com/en-row/extrusion/brochures/leistritz-masterbatch-en.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2023.

COLOMBO, Luiz Bonifácio *et al.* ANÁLISE COMPARATIVA DO CONSUMO DE PIGMENTO BRANCO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE DIÓXIDO DE TITÂNIO, NO PROCESSO DE EXTRUSÃO DE FILMES FLEXÍVEIS. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 12, n. 3, p. 164-175, out. 2020. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/download/15207/209209213713/209209230996>. Acesso em: 07 fev. 2023.

COLOMBO, Luiz Bonifácio *et al.* ANÁLISE COMPARATIVA DO CONSUMO DE PIGMENTO BRANCO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE DIÓXIDO DE TITÂNIO, NO PROCESSO DE EXTRUSÃO DE FILMES FLEXÍVEIS. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 12, n. 3, p. 164-175, out. 2020. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/download/15207/209209213713/209209230996>. Acesso em: 07 fev. 2023.

CROMEX (São Paulo). Cromex (org.). **Os bastidores da cor**: um manual de consulta rápida. São Paulo: Cromex, 2018. 16 slides, color.

SILVEIRA, Luciana Martha. **Introdução à Teoria da Cor**. 2. ed. Curitiba: Editora Ufpr, 2015. 173 p. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1582/4/teoriacor.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2023.

BREVE, Fabricio. **Cores**. 2013. Disponível em: <https://www.fabriciobreve.com/trabalhos/cores.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2022.

SILVA, Rossano. **Sistema CMYK ou RGB**. 2014. UFPR. Disponível em: http://www.exatas.ufpr.br/portal/degraf_rossano/wp-content/uploads/sites/16/2014/10/cor_aula_2.pdf. Acesso em: 18 dez. 2022.

TAKATSUI, Fabiana. **SISTEMA CIE LAB**: análise computacional de fotografias. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Odontológicas – Área de Dentística Restauradora, Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2011. Disponível em: https://www.foar.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/LatoSensu/CienciasOdontologicas/takatsui_f_me_arafo.pdf. Acesso em: 15 jan. 2023.

COLOR HEX. Color Hex. **Color Space Color Model**: a color space is an arbitrary agreed upon way to define color. A color space is an arbitrary agreed upon way to define color. Disponível em: <https://www.colorcodehex.com/color-model.html>. Acesso em: 11 fev. 2023.

VIEWSONIC (Estados Unidos). **What is Delta E? And Why Is It Important for Color Accuracy?** 2021. Disponível em: <https://www.viewsonic.com/library/creative-work/what-is-delta-e-and-why-is-it-important-for-color-accuracy/>. Acesso em: 11 fev. 2023.

MENA, Rodrigo L. *et al.* Polymer Photodegradation Followed by Infrared: a tutorial. **Revista Virtual de Química**, [S.L.], v. 12, n. 4, p. 852-866, dez. 2020. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20200077>.

SANTOS, Laís Calixto. **FOTODEGRADAÇÃO DE POLÍMEROS SOLÚVEIS EM ÁGUA E MOLÉCULAS MODELO VIA PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS**. 2008. 136 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Instituto de Química de São Carlos, Usp, São Carlos, 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75131/tde-06042009-094048/publico/LaisCalixtoR.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2023.

KURARAY CO. (Bélgica). Kuraray Co. (org.). **EVOH barrier resins and monolayer film**. 2021. Disponível em: https://www.mitsui.com/de/en/business/plastics/_icsFiles/afieldfile/2021/05/26/01_eval_-_euen_1.pdf. Acesso em: 04 mar. 2023.

STAFFA, Lucas Henrique. **AVALIAÇÃO DA AÇÃO DE ESTABILIZANTES ANTI-UV NO DESEMPENHO DE COMPÓSITOS DE POLIPROPILENO, REFORÇADOS COM FIBRAS DE COCO, SUBMETIDOS A DIFERENTES TÉCNICAS DE ENVELHECIMENTO ARTIFICIAL**. 2016. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

JAFELICCI, Frederico Davolos. **PIGMENTOS INORGÂNICOS PARA APLICAÇÃO EM PLÁSTICOS**. 2019. 82 f. Monografia (Especialização) - Curso de Química Industrial, Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/28380/1/PigmentosInorg%C3%A2nicosAplica%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2023.

CHEN, X.; QIAO, H.; XU, Y.; YUN, D.; YUAN, J. **Introduction of Plastics and Color**. In. **Coloring of Plastics: fundamental-application-masterbatch**. Beijing: Chemical Industry Press, 2016. chap. 1, p. 1-21.

CHEN, X.; QIAO, H.; XU, Y.; YUN, D.; YUAN, J. **Main Types and Properties of Inorganic Pigments and Specialty Effect Pigments**. In. **Coloring of Plastics: fundamental application-masterbatch**. Beijing: Chemical Industry Press, 2016. chap. 3, p. 61-131.

SARON, Clodoaldo et al. **Ação de colorantes na degradação e estabilização de polímeros**. *Química Nova*, [S.L.], v. 29, n. 1, p. 124-128, fev. 2006. FapUNIFESP (SciELO).

<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422006000100022>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/qn/a/9f5PvxkJ6cbvKYkWvTHyLkm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 04 mar. 2023.

MELLO, Vera Lucia Martins de. **EXPLICANDO O FENÔMENO DAS CORES**. In: MELLO, Vera Lucia Martins de. Instrumentação para o Ensino de Física IV. Sergipe: Ufs, 2012. Cap. 10. p. 206-227. Disponível em: https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalago/15095815102012Intrumentacao_para_o_En_sino_de_Fisica_IV_Aula_10.pdf. Acesso em: 05 mar. 2023.

X-RITE. Pantone (org.). **A Guide to Understanding Color**. 2016. Disponível em: https://www.xrite.com/-/media/xrite/files/whitepaper_pdfs/110-001_a_guide_to_understanding_color_communication/110-001_understand_color_en.pdf. Acesso em: 05 mar. 2023.