

Ciência e Engenharia de Materiais

3

Marcia Regina Werner Schneider Abdala
(Organizadora)



 **Atena**
Editora

Ano 2018

MARCIA REGINA WERNER SCHNEIDER ABDALA

(Organizadora)

Ciência e Engenharia de Materiais

3

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C569 Ciência e engenharia de materiais 3 [recurso eletrônico] / Marcia Regina Werner Schneider Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Ciência e Engenharia de Materiais; v. 3)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-85107-65-9
DOI 10.22533/at.ed.659183010

1. Engenharia. 2. Materiais I. Abdala, Marcia Regina Werner Schneider. II. Série.

CDD 620.11

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Você já percebeu a importância dos materiais na sua vida diária? Os materiais estão provavelmente mais imersos na nossa cultura do que a maioria de nós imagina. Diferentes segmentos como habitação, saúde, transportes, segurança, informação/comunicação, vestuário, entre outros, são influenciados em maior ou menor grau pelos materiais.

De fato a utilização dos materiais sempre foi tão importante que os períodos antigos eram denominados de acordo com os materiais utilizados pela sociedade primitiva, como a Idade da Pedra, Idade do Bronze, Idade do Ferro, etc.

A humanidade está em constante evolução, e os materiais não são exceções. Com o avanço da ciência e da tecnologia a cada dia surgem novos materiais com características específicas que permitem aplicações pormenorizadas e inovação nas mais diferentes áreas.

Todos os dias centenas de pesquisadores estão atentos ao desenvolvimento de novos materiais e ao aprimoramento dos existentes de forma a integrá-los em tecnologias de manufatura economicamente eficientes e ecologicamente seguras.

Estamos entrando em uma nova era caracterizada por novos materiais que podem tornar o futuro mais fácil, seguro e sustentável. O campo da Ciência e Engenharia de Materiais aplicada está seguindo por novos caminhos. A iminente escassez de recursos está exigindo inovações e ideias criativas.

Nesse sentido, este livro evidencia a importância da Ciência e Engenharia de Materiais, apresentando uma coletânea de trabalhos, composta por quatro volumes, que permitem conhecer mais profundamente os diferentes materiais, mediante um exame das relações entre a sua estrutura, as suas propriedades e o seu processamento.

Considerando que a utilização de materiais e os projetos de engenharia mudam continuamente e que o ritmo desta mudança se acelera, não há como prever os avanços de longo prazo nesta área. A busca por novos materiais prossegue continuamente...

Boa leitura!

Marcia Regina Werner Schneider Abdala

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE AGREGADOS DE ESCÓRIA DE ACIARIA LD PÓS-PROCESSADA PARA CONCRETOS SUSTENTÁVEIS	
<i>Bárbara Ponciano de Souza</i>	
<i>Wanna Carvalho Fontes</i>	
<i>José Maria Fontes de Carvalho</i>	
<i>Rosana Marcia de Resende Mol</i>	
<i>Ellen Cristine Pinto da Costa</i>	
<i>Ricardo André Fiorotti Peixoto</i>	
CAPÍTULO 2	12
ANÁLISE MICROESTRUTURAL E FÍSICO-QUÍMICA DE RESÍDUO DE SEIXO PARA UTILIZAÇÃO COMO AGREGADO MIÚDO	
<i>Marco Antonio Barbosa de Oliveira</i>	
<i>Kleber Roberto Matos da Silva</i>	
<i>Vitória Santos Barroso</i>	
<i>José de Ribamar Mouta Araújo</i>	
<i>Marcelo de Souza Picanço</i>	
CAPÍTULO 3	25
PROPRIEDADES MECÂNICAS E MORFOLOGIA DA FRATURA DE CONCRETO COM RESÍDUO DE BORRACHA DE PNEUS DO PROCESSO DE RECAPAGEM	
<i>Fábio Santos de Sousa</i>	
<i>Edwillson Gonçalves de Oliveira Filho</i>	
<i>César Tadeu Nasser Medeiros Branco</i>	
<i>Laércio Gouvêa Gomes</i>	
CAPÍTULO 4	33
PLANEJAMENTO FATORIAL PARA ESTIMATIVA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE BLOCOS DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE AGREGADOS DE RESÍDUOS CIMENTÍCIOS	
<i>Jonath Oliveira do Nascimento</i>	
<i>Bruno Diego de Moraes</i>	
<i>Marcos Mattheus Lopes da Silva</i>	
<i>Felipe Lira Formíga Andrade</i>	
CAPÍTULO 5	44
ESTUDO DO EFEITO DA RADIAÇÃO UV EM COMPOSTOS DE POLIETILENO COM ADITIVOS OXI-BIODEGRADANTES	
<i>Caroline Henrique de Souza Borba</i>	
<i>Zora Ionara Gama dos Santos</i>	
<i>Raul Franklin Andrade Santos</i>	
<i>Grazielle Rozendo de Cerqueira</i>	
CAPÍTULO 6	54
USO DO PÓ DA PALHA DE CARNAÚBA COMO IMPERMEABILIZANTE EM TIJOLO DE SOLO-CIMENTO	
<i>Ana Raira Gonçalves da Silva</i>	
<i>Marília Pereira de Oliveira</i>	
<i>Marineide Jussara Diniz</i>	
CAPÍTULO 7	61
EVALUATION OF THE COLOR CHANGES IN ARTIFICIALLY AGED PINE	
<i>Tiago Hendrigo de Almeida</i>	
<i>Diego Henrique de Almeida</i>	
<i>André Luis Christóforo</i>	
<i>Francisco Antonio Rocco Lahr</i>	

CAPÍTULO 8 66

COLORIMETRIC PARAMETERS OF BRAZILIAN TROPICAL WOOD SPECIES

Diego Henrique de Almeida
Tiago Hendrigo de Almeida
Francisco Antonio Rocco Lahr
André Luis Christoforo

CAPÍTULO 9 70

ABSORÇÃO DE ÁGUA E CARACTERÍSTICAS SUPERFICIAIS DO RESÍDUO DE FIBRA DE PIAÇAVA MODIFICADO COM ÁGUA MORNA

JanettyJany Pereira Barros
Danusa de Araújo Moura
Camila Gomes Moreno
Fabiana de Carvalho Fim
Eduardo Braga Costa Santos
Lucineide Balbino da Silva

CAPÍTULO 10 82

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUO PROVENIENTE DA PRODUÇÃO DE BREU E TEREBINTINA A PARTIR DA GOMA RESINA DE *PINUS SP.* E IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS ADVINDAS DA SUA UTILIZAÇÃO PARA FINS DE PRODUÇÃO DE ENERGIA

Juliana Esteves Fernandes Cieslinski

CAPÍTULO 11 93

ESTUDO DA INTEGRIDADE E DURABILIDADE DE MATERIAIS ESTABILIZADOS POR SOLIDIFICAÇÃO CONTENDO LODO DE CURTUME

Maria Rosiane de Almeida Andrade
Marília Claudino Moreira Cunha
André Luiz Fiquene de Brito
Ana Cristina Silva Muniz
Bianca Viana de Sousa Barbosa
Carlos Eduardo Pereira

CAPÍTULO 12 104

TESTE DE ATIVIDADE E EFICÁCIA DE AGENTES BIOCIDAS EM TINTA ACRÍLICA

Túlio Valério Agostinho da Silva
Sara Horácio de Oliveira
Magda Rosângela Santos Vieira
Ildnay de Souza Lima Brandão

CAPÍTULO 13 112

ESTUDO DA CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL DA FIBRA CALOTROPIS PROCERA E SUA POTENCIAL APLICAÇÃO NA REMOÇÃO DE HIDROCARBONETOS E DERIVADOS

Anaxmandro Pereira da Silva
Erick Buonora Tabosa do Egíto
Késia Karina de Oliveira Souto Silva
Rasiah Ladchumananandasivam
José Heriberto Oliveira do Nascimento
Ana Rita Leandro dos Santos

CAPÍTULO 14 118

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL POZOLÂNICO DA MICROSSÍLICA COM ALTO TEOR DE CARBONO: ANÁLISE QUÍMICA, MINERALÓGICA E MECÂNICA

Ruan Landolfo da Silva Ferreira
Marcos Alyssandro Soares dos Anjos
Andreza Kelly Costa Nóbrega

CAPÍTULO 15..... 129

INFLUÊNCIA DA IMPREGNAÇÃO CONTRA DEMANDA BIOLÓGICA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DAS MADEIRAS DE CEDROARANA (*CEDRELINGA CATENAEFORMIS*)

Andréa de Souza Almeida

Tiago Hendrigo de Almeida

Francisco Antonio Rocco Lahr

André Luis Christoforo

CAPÍTULO 16..... 139

ESTUDO DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM EFLUENTES REFRAATÓRIOS POR PROCESSO FENTON PARA DEGRADAÇÃO E MINERALIZAÇÃO DESSES COMPOSTOS EM REATOR DE ESCALA LABORATORIAL MODELO PARR

Camila Freire Berenguer

Yana Batista Brandão

Mohand Benachour

CAPÍTULO 17 156

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÓLEOS DE TRANSFORMADORES POR ESPECTROSCOPIA FTIR/ATR E ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA

Isabela Nogueira

Maísa Maciel Machado Santos

Thiago Arantes Nogueira

Estácio Tavares Wanderley Neto

Credson de Salles

Tessa Martins de Carvalho Carneiro

Álvaro Antônio Alencar de Queiroz

SOBRE A ORGANIZADORA 171

ESTUDO DO EFEITO DA RADIAÇÃO UV EM COMPOSTOS DE POLIETILENO COM ADITIVOS OXI-BIODEGRADANTES

Caroline Henrique de Souza Borba

Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais
São Cristovão – Sergipe

Zora Ionara Gama dos Santos

Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais
São Cristovão – Sergipe

Raul Franklin Andrade Santos

Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais
São Cristovão – Sergipe

Grazielle Rozendo de Cerqueira

Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais
São Cristovão – Sergipe

RESUMO: O aumento do uso de polímeros em aplicações de uso exteriores, tem causado preocupação devido à problemas gerados pela fotodegradação. Assim, a busca do controle de vida útil destes materiais tem se destacado dentre os principais estudos que vem sendo realizados. Diante disso, este estudo tem o objetivo de avaliar a influência do tempo de exposição (envelhecimento acelerado), em câmara de radiação UV das composições. Na preparação dos compostos usou-se um PEAD e um aditivo oxi-biodegradante (de código EG15) em teores de 1%, 3% e 5%. As amostras

foram preparadas em uma extrusora mono rosca, os corpos de provas confeccionados através do processo de injeção e caracterizados termicamente por DSC; mecanicamente por ensaio de tração e feito análise visual por microscopia óptica. Os resultados mostram que a concentração com um teor maior de aditivo aumenta a estabilidade térmica do PEAD. A radiação UV não promove variação significativa na T_m , no entanto há uma diminuição significativa no grau de cristalinidade. A exposição à radiação UV promoveu degradação superficial e isso é provado pelo aparecimento de buracos e manchas escuras nos corpos de prova. Além disso, a radiação ultravioleta levou a uma diminuição na deformação na ruptura e um aumento na tensão na força máxima.

PALAVRAS-CHAVES: Envelhecimento, Radiação UV, PEAD, Oxi-biodegradante

ABSTRACT: Problems generated by photo-degradation has triggered a great deal of preoccupation due to the increased use of polymers in external applications. Thus, the search for control of the useful life of these materials has been highlighted among the main studies that have been carried out. Therefore, this study has to evaluate the influence of exposure time (accelerated aging) in the UV radiation chamber of the compositions. In the preparation of the compounds a HDPE and an

oxy-biodegradant additive (code EG15) were used in contents of 1%, 3% and 5%. The samples were prepared in a single screw extruder, the specimens made by the injection process and characterized by DSC; mechanically by tensile testing and visual analysis by optical microscopy. The results show that the concentration with a higher additive content increases the thermal stability of HDPE. UV radiation does not promote significant variation in T_m , however there is a significant decrease in the degree of crystallinity. Exposure to UV radiation promotes surface degradation and this is proven by the appearance of holes and dark spots on the specimens. In addition, ultraviolet radiation led to a decrease in deformation at rupture and an increase in tension at maximum force.

KEYWORDS: Accelerated aging; UV radiation; PEAD; Oxo-biodegradable additive

1 | INTRODUÇÃO

Os materiais poliméricos nos últimos anos vêm ganhando grande destaque no mercado, devido suas boas propriedades, larga escala de uso (de sacolas plásticas até as partes internas de um carro), seu baixo peso e boa processabilidade. No entanto, o grande uso dos polímeros, principalmente o polietileno para o uso de embalagens, tem gerando acúmulo em locais públicos (devido à falta de conscientização da população) e aterros sanitários causando problemas ambientais. Os polímeros não biodegradáveis, que é o caso do polietileno (PE), possui uma alta durabilidade e resistência à degradação fazendo com que ele demore anos para se decompor na natureza (BRITO et al. 2011).

Dentre as maneiras adotadas para resolver esse problema de acúmulo de resíduos plásticos na natureza pode-se citar a reciclagem e, recentemente o uso de aditivos especiais que ao ser adicionados na matriz polimérica acelera o processo de oxidação e fragmentação do mesmo, visto que este está sujeito à ação de microrganismos (MAZUR et al. 2009). Estes aditivos são chamados de pró-oxidantes ou oxi-biodegradante, dependendo do mecanismo de ação envolvido. O polietileno é um polímero o qual possui alta resistência a oxidação devido a sua alta massa molar, hidrofobicidade e ausência de grupos funcionais o que dificulta o ataque microbiano na cadeia polimérica. No entanto, o uso de aditivos oxi-biodegradante tem facilitado a oxidação e biodegradação do Polietileno (COUTINHO; MELLO; MARIA 2003).

Sabe-se que o resultado da biodegradação dos polímeros ocorre em dois estágios. Em um primeiro estágio ocorre a cisão de cadeia pela ação de oxigênio, temperatura ou radiação ultravioleta em fragmentos moleculares menores. Em seguida esses fragmentos são degradados em dióxido de carbono, metano e em alguns outros minerais que formam uma nova biomassa e que não deixa materiais tóxicos no meio ambiente (KYRIKOU et al. 2011). O uso de um aditivo com base de compostos orgânicos garante que os fragmentos deixados no solo não o tornem tóxico.

Assim, composições poliméricas, aditivadas com um oxi-biodegradante, quando expostas à radiação ultravioleta sofrerá oxidação, a qual pode ocorrer em uma taxa lenta, porém com um certo tempo de exposição essas composições irão fragmentar-se tornando-as vulneráveis ao ataque de microorganismos. De acordo com (CORTI et al. 2010), o desenvolvimento de plásticos com características biodegradáveis e que contém aditivo oxi-biodegradante tem gerado diversas aplicações e o uso de destes aditivos podem impulsionar a oxidação do polímero, em especial quando a mesma é exposta a fatores abióticos, dentre esses fatores está a exposição à radiação UV.

O aditivo oxi-biodegradante usado neste trabalho, para acelerar a biodegradação do polietileno (PEAD), foi o Eco-One o qual é um composto de base orgânico, que ao ser adicionado à matriz do polímero poderá atrair os microorganismos quando a peça polimérica for exposta a um ambiente microbiano ativo onde os fungos e bactérias formarão colônias tornando o polímero suscetível a biodegradação fazendo o polímero fragmentar-se no solo transformando em húmus e metano.

Devido a isso, tem-se buscado entender, de forma detalhada, a degradação destes materiais. Estudos da literatura recomenda que se faça uma avaliação da biodegradação observando inicialmente a degradação do polímero através de um envelhecimento inicial que simula o intemperismo ambiental (luz, calor, vapor d'água e radiação) através de uma câmara de envelhecimento acelerado em seguida acompanhamento da degradação quando estes materiais são colocados em contato com microrganismos presentes no solo, Visto que a biodegradação ocorre em duas etapas (FECHINE; SANTOS; RABELLO, 2006). Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a degradação do polietileno de alta densidade (PEAD) com aditivo oxi-biodegradante exposto à radiação ultravioleta e avaliar os efeitos da radiação UV sobre as propriedades mecânicas, térmicas, morfológicas e ópticas.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

O PEAD utilizado foi fornecido pela Braskem, sob o código BS002W e índice de fluidez de 0,33g/10min. É um polietileno de alta densidade, copolímero, que pode ser utilizado na produção de embalagens (frascos e garrafas) com paredes finas e tem seu uso destinado ao processo de moldagem por sopro. O aditivo oxi-biodegradante orgânico utilizado é um concentrado, fornecido pela Eco-One sob o código EG15, disponível no mercado brasileiro. As composições estudadas estão ilustradas na Tabela 1.

Composições	EG15 (%)	PEAD (%)
PE puro	0	100
EG15 1%	1	99
EG15 3%	3	97
EG15 5%	5	95

Tabela1: Composições estudadas.

2.2. Métodos

2.2.1 Preparação das Composições e Confecções dos Corpos de Prova

Todas as composições foram preparadas em uma extrusora monorosca de marca Wortex de modelo MEX – 30. Após secagem do extrudado os corpos de provas foram produzidos pelo processo de injeção, segundo norma ISO 294-1, em injetora modelo HM45 marca Battenfeld.

2.2.2 Ensaio de Envelhecimento Acelerado

Após a confecção dos corpos de prova, amostra de todas as composições (PE puro e PE aditivado com 1%, 3% e 5% do EG15), foram expostas sob fonte de radiação UV-A, utilizando-se lâmpadas com emissão de ultravioleta em torno de 340 nm. O equipamento de envelhecimento acelerado possui controle de temperatura, temporizadores e atmosfera úmida. Usou-se um ciclo único de 2000h de lâmpadas ligadas a uma temperatura de 25 °C, sob condensação de acordo com a norma ASTM G154-06.

2.2.3 Caracterizações das Composições

Para a caracterização as amostras foram divididas em dois lotes: lote com amostras sem exposição à radiação ultravioleta (UV) e lote com amostras expostas por 2000h. Lembrando que para o primeiro lote as amostras foram caracterizadas de mesma forma e sob as mesmas condições do segundo lote.

Após ser atingido o período de 2000 horas as amostras foram recolhidas e caracterizadas mecanicamente através do ensaio de tração, de onde foram obtidas medida de alongamento na ruptura e tensão na força máxima. O ensaio foi realizado em uma Máquina Universal de Ensaio modelo 3367 da marca INSTRON operando a uma velocidade de 50mm/min e uma célula de carga de 5 kN. Também foi realizada uma caracterização visual em microscópio óptico, da marca Zeiss e modelo AXIO SCOPE A1, onde foi possível obter imagens da superfície do corpo de prova com uma ampliação de 200x. A caracterização térmica das amostras foi feita através de análise de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), em equipamento da marca NETZSCH e modelo DSC 200 F3. O experimento foi realizado em um único aquecimento, em

intervalo de temperatura de 30 a 180°C com taxa de aquecimento de 10°C por minuto. No ensaio foram obtidos: a temperatura de fusão cristalina (T_m), a entalpia de fusão cristalina ($\%X_c$) e, o grau de cristalinidade ($\%X_c$) foi obtido a partir da equação:

$$\%X_c = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_{100\%}} * 100$$

Equação 1

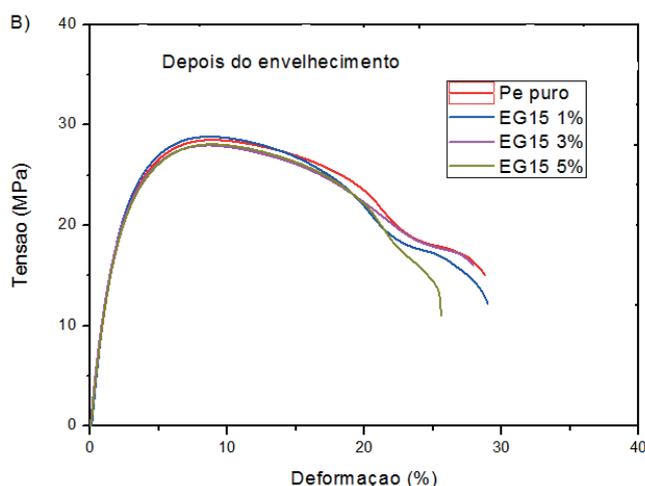
onde $\Delta H_{100\%}$ é a entalpia de fusão para o polietileno ideal 100% cristalino, cujo valor é de 286,18J/g.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades Mecânicas

A Figura 1 mostra as curvas tensão versus deformação para as composições antes (A) e após (B) exposição UV. Verifica-se que a presença do aditivo não promoveu variação perceptível na tensão na força máxima, e que o maior teor de aditivo (5%) provocou a diminuição na deformação na ruptura. Na Figura 1 (A) essa diminuição pode ser atribuída à possível dificuldade de mobilização das cadeias devido à maior presença do aditivo.

Ao se comparar as figuras (A) e (B) é possível observar que o tempo de exposição promoveu diminuição significativa (em torno de 25%) na deformação na ruptura para todas as composições e um leve aumento da tensão na força máxima. Isso pode ser atribuído às possíveis formação de ligações cruzadas ocorridas durante o processo de degradação (CONTAT-RODRIGO, 2013).



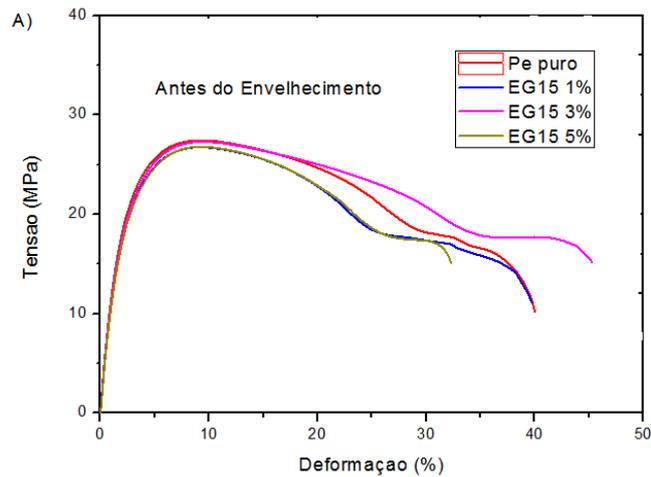


Figura 1: Deformação na ruptura para o PEAD puro e composições com 1%, 3% e 5% de EG15 (A) antes da exposição UV (B) depois da exposição UV.

A Figura 2 mostra o gráfico dos valores médios de tensão na força máxima das composições antes e depois da exposição à radiação ultravioleta (UV). Corroborando com valores mostrados na Figura 1, ao analisar as composições antes da exposição, a presença do aditivo não promoveu variação significativa na tensão da força máxima antes da exposição, (CONTAT-RODRIGO, 2013). No entanto, quando comparado as composições antes de serem expostas e depois de passar por exposição à radiação UV é observado um aumento na tensão da força máxima em torno de 1,1% para todas as composições ocasionado possivelmente pela formação das ligações cruzadas (CONTAT-RODRIGO, 2013).

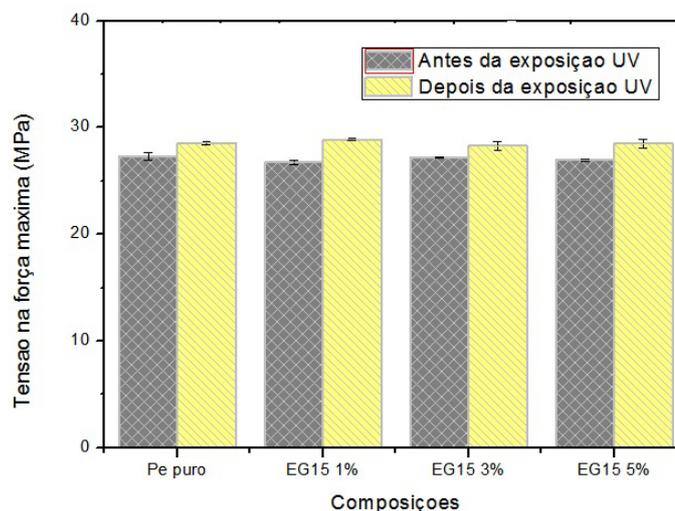


Figura 2: Tensão na força máxima das composições antes e depois da exposição à radiação ultravioleta (UV).

3.2 Propriedades Térmicas

A Figura 3 mostra as curvas de DSC para o PEAD e as composições com 1%, 3% e 5% de EG15 antes (A) e depois (B) da exposição à radiação ultravioleta (UV). Pela Figura 3 (A) é possível observar que a presença de 1 e 3% do aditivo

não promoveu variações com grande significado no comportamento térmico do PEAD, porém a composição contendo 5% se mostra com pico de fusão deslocado levemente para direita, isto é, aparentemente apresenta uma temperatura de fusão pouco superior, demonstrando uma maior estabilidade térmica desta em relação às demais composições. Esse leve deslocamento é condizente com os dados da Tabela 2, em que esta composição tem um valor de temperatura de fusão elevado de 1 grau em relação aos valores apresentados pelas demais. O deslocamento do pico de fusão apresentado por esta composição se repete na figura 3(B), após exposição à radiação UV. De acordo com a equação de Gibbs-Thompson (KEUM et al. 2005) e (HU; KARSSENBERG; MATHOT, 2006) uma maior temperatura de fusão significa cristais mais perfeitos com maior espessura lamelar, assim a presença de 5% de aditivo pode ter contribuído para formação desta estrutura.

Para maior entendimento do ocorrido com o comportamento térmico dessas amostras durante a exposição à radiação UV deve-se observar a Tabela 2. Corroborando com a Figura 3 observa-se uma variação pouco significativa (em torno de 1 grau) das temperaturas de fusão entre as composições antes e após exposição. Essa leve variação pode ser atribuída ao processo de irradiação UV associado ao calor na câmara poder ter facilitado o rearranjo de segmentos da cadeia de etileno móvel (CONTAT-RODRIGO, 2013).

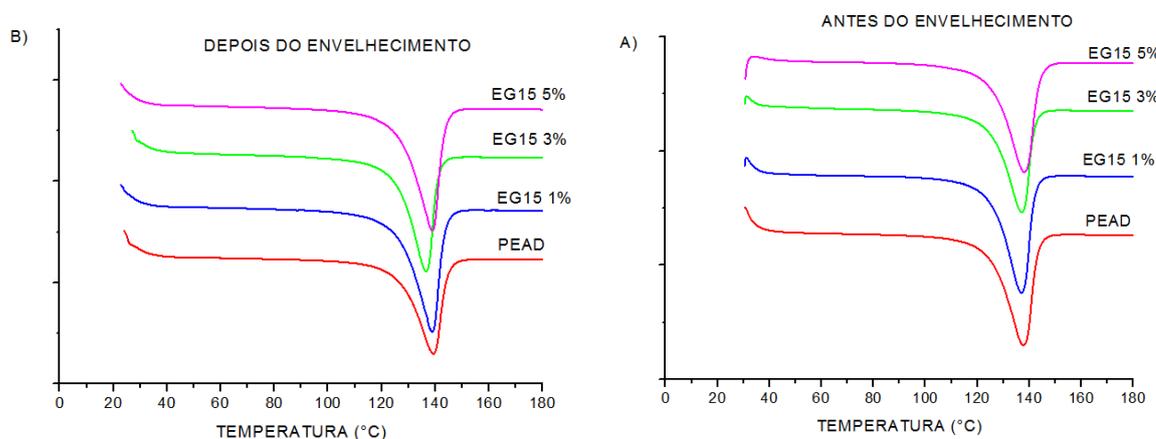


Figura 3: Curvas de DSC para o PEAD e suas composições (A) antes do envelhecimento (B) depois do envelhecimento.

Pela Tabela 2 observa-se ainda que de forma global a radiação UV promoveu uma diminuição no grau de cristalinidade de todas as composições, mesmo tendo observado leve aumento de T_m . Isso pode ser atribuído à presença dos processos de oxidação acelerado que além de provocar uma maior redução da massa molar, causa uma modificação da estrutura do polímero com a entrada de grupos oxigenados e carbonila que diminuem a regularidade da estrutura polimérica, podendo ainda contribuir para a formação de novas ligações polares (ligações cruzadas) (CONTAT-RODRIGO, 2013).

Composições	Xc (%)	Tm (°C)	Xc (%)	Tm (°C)
	Antes da exposição		Depois da exposição UV	
PE puro	68,82	137.7	49.62	138.4
EG15 1%	70,8	137.0	61.39	138.9
EG15 3%	70,1	137.0	54.02	136.6
EG15 5%	64,36	138.1	47.45	139.4

Tabela 2: Grau de cristalinidade e temperatura de fusão cristalina antes e depois da exposição UV.

3.3 Propriedades Ópticas

As imagens contidas nas figuras a seguir (Figura 4) mostram a superfície de amostras representativas de todas as composições antes e após exposição ao envelhecimento acelerado.

A Figura 4 mostra a sequência, imagens do PEAD puro, com 1%, 3% e 5% de EG15 antes (A) e após (B) exposição. É possível observar para todas as composições a presença das linhas de fluxos geradas pelo processo de injeção dos corpos de provas. Porém, para essas mesmas composições que foram expostas ao envelhecimento é notado o aparecimento de manchas escuras (indicados pelas setas) na superfície do polímero, evidenciando à ação da fotodegradação promovida pela exposição à radiação UV.

A fotodegradação é evidenciada facilmente na superfície pois a incidência da luz direta provocou a formação de buracos e manchas, provavelmente ocasionada pela reação de oxidação (HU; KARSSENBERG; MATHOT, 2006). Isso evidencia ainda mais que a fotodegradação se inicia na superfície.

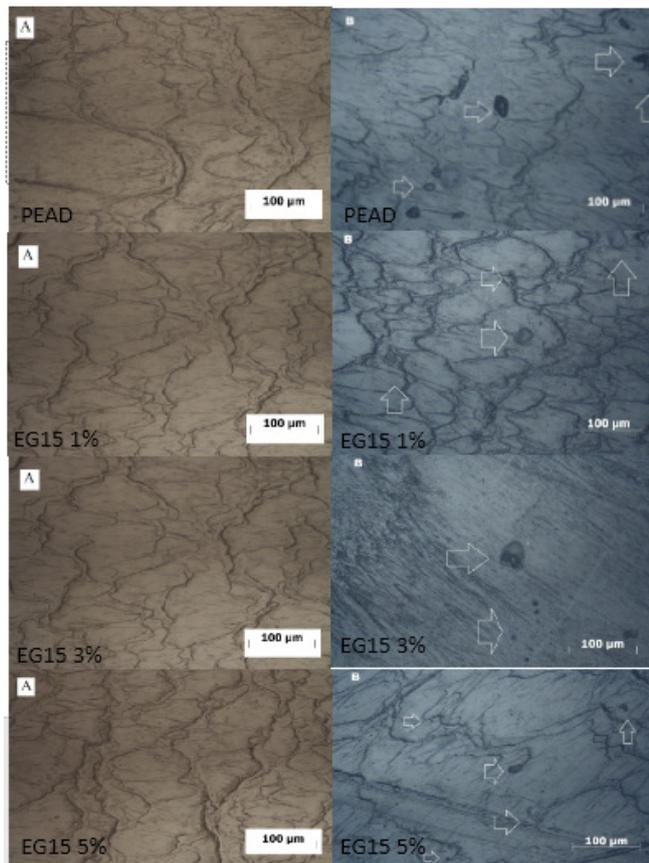


Figura 4: Microscopia óptica (A) antes da exposição UV (B) depois da exposição UV.

4 | CONCLUSÃO

A presença de maior concentração de aditivo (5%) aumenta a estabilidade térmica do PEAD. A radiação UV não promove variação significativa na temperatura de fusão das composições, porém leva a uma diminuição significativa do grau de cristalinidade de todas as composições. A radiação UV promove degradação superficial em todas as composições fazendo aparecer manchas escuras superficiais danificando a aparência dos corpos de prova. A radiação UV levou a uma diminuição da deformação na ruptura e aumento na tensão na força máxima de todas as composições.

REFERÊNCIAS

- A. Corti, S. Muniyasamy, M. Vitali, S. H. Imam, and E. Chiellini, “**Oxidation and biodegradation of polyethylene films containing pro-oxidant additives : Synergistic effects of sunlight exposure , thermal aging and fungal biodegradation,**” *Polym. Degrad. Stab.*, vol. 95, no. 6, pp. 1106–1114, 2010.
- G. F. Brito, P. Agrawal, E. M. Araújo, and T. J. A. Mélo, “**Biopolímeros , Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes,**” *Remap*, vol. 2, pp. 127–139, 2011.
- I. Kyrikou, D. Briassoulis, M. Hiskakis, and E. Babou, “**Analysis of photo-chemical degradation behaviour of polyethylene mulching film with pro-oxidants,**” *Polym. Degrad. Stab.*, vol. 96, no. 12, pp. 2237–2252, 2011.

J.K. Keum, R.H. Somani, F. Zuo, C. Burger, I. Sics, B.S. Hsiao, H.Y. Chen, R. Kolb, C.T. Lue, **“Probing flow-induced precursor structures in blown polyethylene films by synchrotron X-rays during constrained melting”** *Macromolecules* 38 (2005) 5128–5136.

L. Contat-Rodrigo, **Thermal characterization of the oxo-degradation of polypropylene containing a pro-oxidant/pro-degradant additive**, *Polym. Degrad. Stab.* 98 (2013) 2117–2124.

L. P. Mazur, F. De Amaral, and A. P. T. P. Roseany V. V. Lopes, Andréa L. S. Schneider, **“Estudo da degradação de embalagens plásticas oxidáveis expostas ao intemperismo natural,”** *An. do 10º Congr. Bras. Polímeros*, 2009.

M. S. Fachine, G. J. M., Santos, J. A. B., Rabello, **“Avaliação da fotodegradação de poliolefinas através de exposição natural e artificial,”** *Quím. Nova* vol. 29, no. 4, pp. 674–680, 2006.

W. Hu, F.G. Karssenberg, V.B.F. Mathot, **How the restriction of sliding diffusion of comonomers affects crystallization and melting of homogeneous copolymers**, *Polymer* 47 (2006) 5582–5587.

SOBRE A ORGANIZADORA:

Marcia Regina Werner Schneider Abdala: Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Graduada em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Possui experiência na área de Educação a mais de 06 anos, atuando na área de gestão acadêmica como coordenadora de curso de Engenharia e Tecnologia. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se a atuação como professora de ensino superior atuando em várias áreas de graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Atuou como inspetora de Aviação Civil, nas áreas de infraestrutura aeroportuária e segurança operacional em uma instituição federal.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-65-9

