

POLIURETANO COM A INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE REDES DE PESCA NA FABRICAÇÃO DE ISOLANTES TÉRMICAS

POLYURETHANE WITH THE INCORPORATION OF WASTE FROM FISHING NETS IN THE MANUFACTURE OF THERMAL INSULATORS

Márcia Maria Constantino, mestranda, Unisul

marciacostadalagoa@gmail.com

Rachel Faverzani Magnago, doutora, Unisul

rachel.Magnago@unisul.br

Polyana Baungarten, graduanda, Unisul

polyanabaungarten@gmail.com

Guilherme Silvy, Capitão, PMSC

silvypmsc@gmail.com

Elisa Helna Siegel Moecke, doutora, Unisul

elisa.moecke@unisul.br

Resumo

Resíduos sólidos estão entre os principais poluentes do ambiente marinho. Entre eles, destacam-se as redes de pesca abandonadas, perdidas e apreendidas. A cada ano, o volume dos materiais de pesca largados nos oceanos chega a 640 mil toneladas, não se restringindo apenas às redes de pesca. O objetivo deste estudo é apresentar uma alternativa de destino ecológico para as redes retiradas dos rios, praias lagoas e barragens, pela Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina. Demandando uma solução tecnológica imediata. Neste contexto, o trabalho mostra efeitos da incorporação de resíduos de rede de pesca em poliuretano, material utilizado no processo de fabricação de isolante térmico. Para estudar os efeitos da incorporação do resíduo foram realizados ensaios de isolamento térmico, absorção de água e resistência mecânica. Os resultados indicam que a incorporação do resíduo não traz alterações significativas no comportamento do poliuretano como isolante térmico. Entretanto, observou-se que a incorporação do resíduo reduziu a resistência mecânica do material.

Palavras-chave: Poliuretano; Reciclagem rede de pesca; Nylon 6

Abstract

Solid wastes are among the main pollutants in the marine environment. Among them, the abandoned, lost and seized fishing nets stand out. Each year, the volume of fishing materials released in the oceans reaches 640 thousand tons, not being restricted only to fishing nets. The objective of this study is to present an alternative ecological destination for networks taken from rivers, beaches, lagoons and dams, by the Environmental Military Police of Santa Catarina. Demanding an immediate technological solution. In this context, the work shows the effects of incorporating polyurethane fishing net waste, a material used in the thermal insulation manufacturing process. To study the effects of the incorporation of the residue, tests of thermal insulation, water absorption and mechanical resistance were carried out. The results indicate that the incorporation of the residue does not bring significant changes in the behavior of polyurethane as a thermal insulator. However, it was observed that the incorporation of the residue reduced the mechanical resistance of the material.

Keywords: Polyurethane; Fishing net recycling; Nylon 6

1- Introdução

O presente artigo pretende estudar formas de reciclagem do poliamida proveniente das atividades de fiscalização de pesca da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina (PMASC), que no ano de 2018, recolheu aproximadamente 5 (cinco) toneladas de redes de pesca na área do 1º Batalhão, que compreende toda a área litorânea do Estado de Santa Catarina. Neste primeiro estudo foi utilizado o poliamida juntamente com compósitos de poliuretano (PU). Atualmente esses materiais ficam depositados nas próprias instalações das unidades da PMASC ou seguem para aterros sanitários. O estudo representa a viabilização do fluxo natural para o reprocessamento dos petrechos inservíveis, uma das possíveis aplicações destes compósitos com rede de poliamida é na produção de caixas ou copos térmicos.

Segundo a norma ASTM D3878-95, compósito é um produto obtido através da união de dois ou mais materiais insolúveis entre si, com o intuito de formar um novo material, com determinadas propriedades não encontradas em materiais isolados (AMERICAN STANDARDS FOR TESTING AND MATERIALS, 2015)

O poliuretano (PU) é altamente versátil e de grande aplicação em diversos segmentos industriais. Um dos principais usos do polímero é na fabricação de isolantes térmicos e componentes de refrigeradores, tanto domésticos quanto industriais. Essa larga aplicação na cadeia do frio se justifica pelas propriedades do poliuretano. Além de versátil, possui características que o colocam como um dos principais isolantes de temperatura disponíveis no mercado (MARQUES et al., 2019)

Os resíduos marinhos proveniente da atividade pesqueira é uma grande preocupação mundial nas últimas décadas. Nas operações de pesca, independente da categoria é comum o abandono, perda ou descarte de petrechos e equipamentos (FAO, 2009). Os petrechos de pesca mais comuns são redes, varas, anzóis, cabos de amarração, armadilhas, entre outros e quando estes petrechos de pesca são abandonados, perdidos e/ou descartados no mar, podem causar graves problemas ecológicos, morte de diversas espécies de peixes, crustáceos, baleias, tartarugas, tubarões e outros animais, e socioeconômicos. A

Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) estima que 640 mil toneladas de petrechos de pesca são perdidas anualmente pela pesca amadora e industrial em todo o mundo (MACFADYEN, GRAEME; HUNTINGTON, TIM; CAPPELL, 2009). Aproximadamente 580 kg de redes são perdidos na costa brasileira diariamente. (World Animal Protection, 2018).

Estes petrechos de pesca são quase totalmente produzidos a partir de fios de polímeros sintéticos como a poliamida – PA (também conhecido pelo nome genérico de náilon, do inglês nylon), polietileno - PE, polipropileno - PP e poliéster. Estes polímeros orgânicos sintéticos são moléculas de substâncias formadas por um grande número de unidades moleculares repetidas, denominadas monômeros, unidas por ligações covalentes (NOGUEIRA et al., 2000). Sendo que a maioria dos monômeros que compõem os petrechos são extraídos diretamente do petróleo. Estes materiais de pesca quando expostos a estresse mecânico, oxigênio, água salgada, radiação ultravioleta, etc. as suas cadeias poliméricas, podem se decompor e degradar e liberar micropartículas compostos por diferentes espécies químicas prejudiciais ao meio ambiente (SKVORČINSKIENĖ et al., 2019). Governos de diferentes países vem discutindo esta problemática do resíduo marinho. No Chile, a empresa Bureo se dedica à transformação de redes de pesca em novos produtos. A Bureo utiliza apenas material reciclado de 100% de rede de pesca, não sendo adicionado qualquer outro tipo de material. O principal material utilizado são as redes de PA 6 (náilon 6), utilizando também náilon 6,6, PEAD e PP para a produção de pranchas de skate. Na Itália, o Econyl Regeneration System transforma o nylon 6, presente nas redes de pesca e nos tapetes em nova matéria-prima. No caso das redes de pesca, aproximadamente 80% do material da rede é despolimerizado e transformado em fios (fio Bulk Continuous Filaments - BCF e fio Nylon Textile Filament - NTF), sendo que os restantes 20% são resíduos, principalmente corantes, que são normalmente incinerados (MONTEIRO, 2016). Dave Hakkens (holandês) desenvolveu máquinas que transformam resíduos de plástico em matéria-prima como granulado ou filamento para impressoras 3D, ou em produtos como jarras, bacias, candeeiros, cestos, entre outros (DUDUÁ 2016; MONTEIRO, 2016). Na Coreia do Sul as redes de pesca e os equipamentos de pesca quando retirados do oceano eram enterradas, a partir de 2001, o governo buscou formas mais ecológicas para tratar estes resíduos. Uma opção de reciclagem analisado foi a pirólise (2005) e mostrou ser viável o uso do óleo obtido da pirólise do náilon em motores diesel (KIM e PARK, 2001; KIM et al., 2005). O combustível produzido a partir de resíduos plásticos está recebendo mais atenção devido à enorme disponibilidade de resíduos plásticos nos oceanos em todo o mundo. Damodharan et al. (2018) e Viswanath e Vijayabalan (2015) estudaram as características de combustão de motores a diesel usando resíduos de óleo plástico e os resultados indicaram que o motor diesel funciona sem problemas com 100% de óleo plástico. E quando comparado ao diesel, houve uma pequena variação na eficiência térmica dos freios. Sivathanu, Anantham e Peer (2019) estudaram o efeito do óleo de rede de pesca residual e suas misturas no desempenho e nas características de emissão de gases do motor a diesel.

No litoral de Santa Catarina, a poluição marinha não é diferente. As redes, provenientes da atividade de pesca estão presentes nos mares e oceanos por diversos motivos, dentre eles: abandono acidental, ruptura, abandono devido a atividades de fiscalização e instalação em áreas proibidas, sendo apreendidas pela Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina (PMASC). O órgão é responsável pela fiscalização, apreensão e gerenciamento das redes de pesca apreendidas e recolhidas nos oceanos, rios, canais e barragens no estado. O 1º Batalhão de Polícia Militar Ambiental, sediado em Florianópolis-SC, recolheu

em 2018 aproximadamente cinco toneladas de redes de pesca, apreendidas ou recolhidas dos mais diversos ambientes naturais: praias, lagoas e rios. Todas essas redes são apreendidas por estarem em situação de irregularidade, conforme fiscalização da Polícia Militar Ambiental. As irregularidades mais comuns são pesca no período do defeso, pesca sem licença e malha da rede com tamanho menor do que o permitido.

A figura 1 representa as redes que foram apreendidas/recuperadas na região de Laguna, nas lagoas, nos rios e no mar.



Figura 1: Redes apreendidas e recuperadas em lagoa/ rio/mar - 2018 - Guarnição de Laguna. Fonte: PMSC.

Atualmente o Batalhão de Polícia Militar Ambiental (BPMA) conta com um efetivo de 382 policiais militares distribuídos nas 19 (dezesete) unidades pelo Estado de Santa Catarina, sendo 14 (catorze) pelotões e 6 (seis) grupamentos, conforme o mapa.

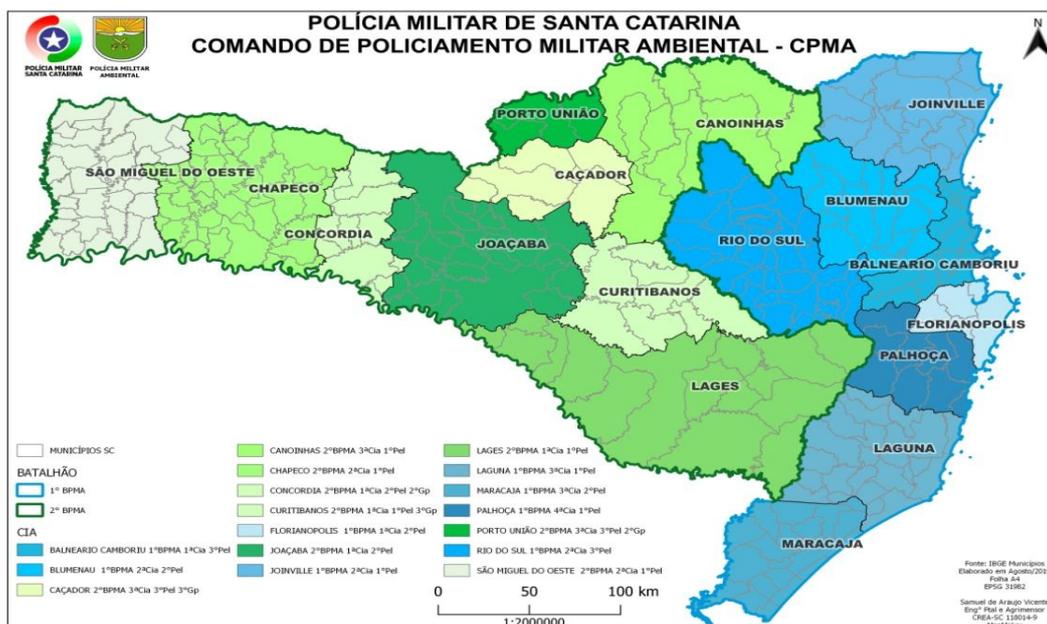


Figura2: Locais de atuação no Estado de Santa Catarina. Fonte: PMSC.

De forma geral, o náilon (SINGH et al., 2018) é um termoplástico semicristalino com baixa densidade e alta estabilidade térmica. As poliamidas estão entre os termoplásticos técnicos mais importantes e úteis devido à sua excelente resistência ao desgaste, bom coeficiente de atrito e propriedades térmicas e de impacto muito boas. Além disso, as poliamidas apresentam uma boa resistência química e é um plástico especialmente resistente a óleo. Este excelente equilíbrio de propriedades faz do náilon um material ideal para substituição de metal em aplicações, como peças automotivas, válvulas industriais, isoladores de amarração ferroviária e outros usos industriais, cujos requisitos de design incluem alta resistência, tenacidade e redução de peso. O plástico de náilon exibe uma propensão a absorver umidade e portanto possui uma estabilidade dimensional mais pobre do que outros plásticos de engenharia. O PA 6 é o polímero mais importante da classe do náilon na fabricação de fibras. Isto pode ser explicado pelo seu preço relativamente baixo, uma vez que, o monômero ϵ -caprolactama, necessário para a sua polimerização, pode ser obtido a partir de substratos relativamente baratos, como ciclo-hexano, benzeno e fenol. Por outro lado, quando comparado com outras fibras poliméricas, as fibras PA 6 ainda são caras. E esse alto custo pode ser reduzido pela preparação de misturas com polímeros de menor custo, como poliolefinas (JHA et al., 2019).

2- Metodologia

2.1 Materiais e obtenção de compósitos

Para a obtenção dos compósitos foram utilizados os reagentes Polioliol Poliéter e 2,6-diisocianato (marca Arinos). As redes de pesca de poliamida (náilon) foram doadas pela Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina. A matriz de poliuretano foi obtida através da reação de policondensação entre Polioliol Poliéter e Isocianato polimérico, conforme descrito por Cangemi, Santos e Claro (2009) e por Marques e colaboradores (2019), sendo a composição otimizada em 1:1,5 polioliol:diisocianato.

Os corpos de prova foram preparados com 30 e 40% de náilon (cortados em pedaços menores de 1cm a 2cm) em matriz de PU, em relação à massa total. Os corpos de prova foram obtidos através da mistura de resíduo náilon e o polieterpolioliol durante 0,5 min e, então, foi adicionado tolueno-2,6-diisocianato e misturado por mais 0,5 min. A mistura homogênea foi vertida para os moldes (tabela 1). Os moldes foram previamente untados com vaselina sólida para facilitar a retirada do corpo de prova. Também foram preparados corpos de prova somente com PU.

Amostra	Poliamida (%)	Polietterpolioliol (g)	Tolueno-2,6-Diisocianato (g)
1	-	8	12
2	30	6	8
3	40	8	7,2

Tabela 1. Quantidades em massa do resíduo de poliamida e dos reagentes polieterpolioliol e tolueno-2,6-diisocianato. Fonte: Elaborado pelas autoras

2.2 Isolamento térmico de compósitos PU/Poliamida

Os ensaios de isolamento térmico foram realizados em triplicata com compósitos no formato cilíndrico com dimensão de 50 mm (diâmetro) por 100 mm (altura). Estes foram escavados de modo a revestir um béquer de 10 ml. No béquer foi adicionada água a uma temperatura de 10°C, e tampado com o mesmo material. A temperatura foi lida com um termômetro digital Hanna, modelo HL 2221, em intervalos de tempo de 10 min, durante 70 min.

2.3 - Teste de Absorção de água PU/Poliamida

O teste de absorção foi realizado de acordo com o método gravimétrico recomendado pela ASTM D570-98, 2010 - Método de Teste Padrão para Absorção de Água de Plásticos (ASTM D570-98, 2010). Inicialmente, as amostras foram secas em estufa a 50 °C por 24 horas. O material seco foi pesado em uma balança analítica. Em seguida, as amostras foram imersas em banho de água destilada a 25 °C por 24 horas. Depois disso, foram removidos e secos com papel toalha e pesados novamente. A taxa de absorção de água foi obtida pela seguinte fórmula:

$$TA = \frac{C_{úmido} - C_{seco}}{C_{seco}} \times 100 \quad (1)$$

Sendo:

TA - taxa de absorção; Cúmido - compósito após a imersão em água; Cseco - compósito seco em estufa a 50°C.

2.4 - Resistência mecânica à compressão de compósitos PU/Poliamida

Para realização dos ensaios mecânicos de compressão foram seguidos os requisitos determinados pela ABNT NBR 8082-2016. Os ensaios foram realizados em triplicata, com corpos de prova de formato cilíndrico com dimensão de diâmetro de 50mm e 100mm de altura. Os ensaios mecânicos foram realizados por compressão utilizando o equipamento universal de ensaios marca EMIC, modelo DL 30000 com célula de carga de 5 kn, de acordo com a ASTM D 63890. Os compósitos foram submetidos a incrementos de pressão até a deformação plástica do material, os ensaios foram realizados em temperatura ambiente.

3- Resultado e discussão

3.1 Otimização da composição para obtenção dos compósitos PU/Poliamida

A incorporação do resíduo de poliamida em diferentes proporções (0, 30 e 40%) ocorreu com a redução em massa dos reagentes de partidas, sendo mantida a proporção 1:1,5. Os compósitos apresentaram superfície uniforme e bom aspecto visual, não demonstrando deformação ou esfrelamento. Na figura 3 apresentam-se os corpos de prova com diferentes proporções de náilon, os quais foram utilizados para o teste de isolamento térmico e teste de resistência mecânica.



Figura 3. Amostras de compósitos PU (1), PU + Poliamida 30% (2) e PU + poliamida 40% (3).

Fonte: Elaborada pelas autoras

3.2 Isolamento térmico de compósitos PU/náilon

A tabela representa os valores de temperatura da água dos béqueres contidos nos compósitos com diferentes concentrações de náilon.

Tempo (min)	Temperatura °C		
	0% Poliamida	30% Poliamida	40% Poliamida
0,00	9,2 ± 0,36	9,1 ± 0,66	9,5 ± 0,85
10,00	11,03 ± 0,21	11,17 ± 0,55	12,33 ± 0,47
20,00	12,77 ± 0,12	12,93 ± 0,45	14,77 ± 0,35
30,00	14,37 ± 0,23	14,47 ± 0,45	16,67 ± 0,32
40,00	15,47 ± 0,23	15,73 ± 0,40	18,1 ± 0,20
50,00	16,4 ± 0,26	16,83 ± 0,31	19,1 ± 0,10
60,00	17,23 ± 0,31	17,73 ± 0,21	19,9 ± 0,19
70,00	18,03 ± 0,31	18,57 ± 0,25	20,57 ± 0,15

Os dados representam a média ± DP – desvio Padrão (n = 3)

Tabela 2. Temperatura da água nos compósitos com 0%, 30% e 40% em massa do resíduo de poliamida. Fonte: Elaborada pelas autoras

Analisando a tabela 2 verifica-se que o corpo de prova com maior quantidade de náilon apresenta um menor isolamento térmico. O gráfico 1 apresenta o perfil da curva de aquecimento da massa de água isolada termicamente pelos compósitos, onde é possível observar um comportamento semelhante entre o compósito PU e o PU + náilon 30%, onde a taxa de aquecimento apresentada para os materiais contendo o resíduo de náilon (30%) mostrou aumento em torno de 3% após 10 min., quando comparada ao material sem a incorporação de náilon. Também foi observado que, com o avanço do tempo, esta diferença tende a aumentar.

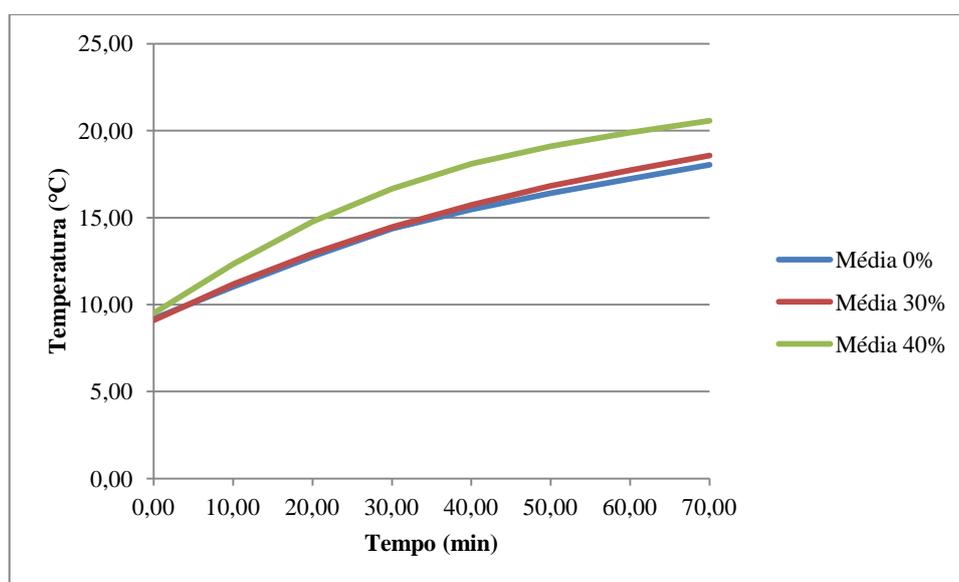


Gráfico 1. Temperatura para os corpos de prova 1,2 e 3. Fonte: Elaborado pelas autoras

3.3 - Teste de Absorção de água dos compósitos de PU/Poliamida

Os resultados do teste de absorção de água (tabela 3) mostrou que para os compósitos com 0 % e 30% a variação foi de 51% de absorção de água, já para os compósitos com 40% de poliamida a absorção de água foi maior que 100%.

Compósitos	Absorção de água PU – Poliamida (%)		
	0% Poliamida	30% Poliamida	40% Poliamida
A	13,77	13,90	21,61
B	8,50	19,01	20,50
C	11,07	17,56	25,61
Média	11,11	16,82	22,57
Desvio Padrão	2,64	2,63	2,69

Tabela 3. Resultados da absorção de água dos compósitos obtidos com 0 %, 10 % e 40 % de poliamida realizados em triplicata (A,B,C). Fonte: Elaborado pelas autoras

3.4 - Resistência mecânica à compressão dos compósitos PU/poliamida

Ensaio de resistência mecânica à compressão foram realizados para avaliar os compósitos quanto à influência da incorporação das redes de pesca de poliamida na matriz de poliuretano. O Gráfico 2 apresenta as curvas de tensão/deformação para os compósitos de PU e dos compósitos PU/poliamida.

Através dos perfis apresentados no Gráfico 2, observa-se uma menor tensão/deformação com o aumento de poliamida nos compósitos. No entanto, com a incorporação de poliamida na matriz de PU houve um aumento na elasticidade.

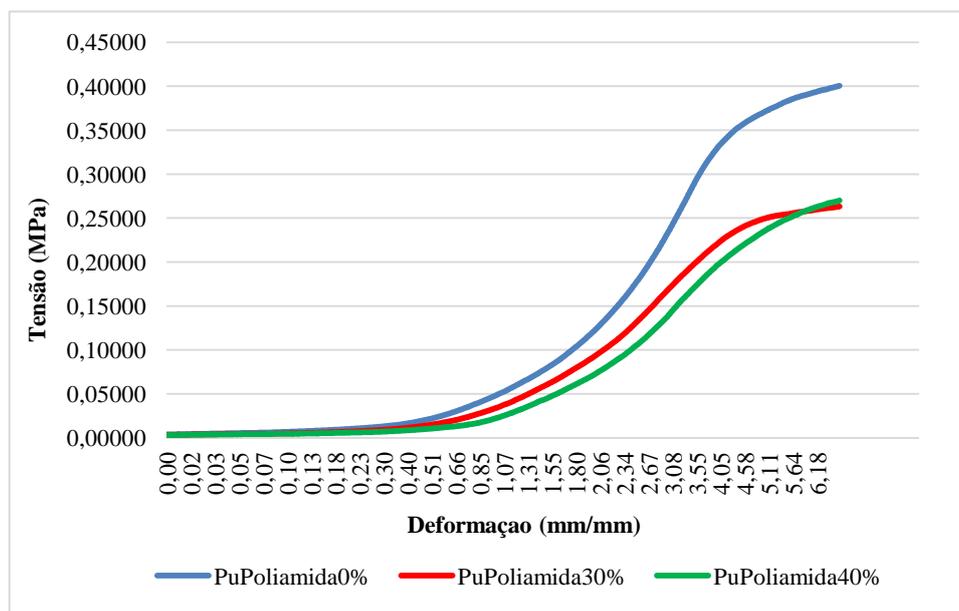


Gráfico 2. Resistência mecânica dos compósitos de PU com 0 % de poliamida, 30 % de poliamida e com 40 % de poliamida. Fonte: Elaborado pelas autoras

4- Considerações Finais

O desenvolvimento de compósitos utilizando resíduos de poliamida juntamente com a matriz de poliuretano é uma forma de aproveitamento das redes de pesca apreendidas pela Polícia Militar Ambiental. O uso de 30 % de poliamida apresentou um comportamento semelhante ao compósito de PU sem poliamida, quanto ao isolamento térmico. Com 40 % de poliamida o isolamento térmico foi menor. A absorção de água pelos compósitos aumentou com o aumento da concentração de poliamida, houve um aumento na absorção de 103 % quando foi incorporado 40 % de poliamida, com 30 % de poliamida o aumento foi de 51 % em relação ao compósito somente com PU. Com relação aos resultados dos ensaios de resistência mecânica, observou-se que a incorporação da rede, em maiores percentuais, resulta na diminuição da resistência à compressão mecânica do material, se comparada com o resultado apresentado pelo material sem incorporação. É importante que

mais estudos sejam realizados com diferentes concentrações de poliamida, para determinar a concentração ótima. Uma das possíveis aplicações destes compósitos com rede de poliamida é na produção de caixas ou copos térmicos.

Agradecimento

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos e à Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL) por proporcionar a oportunidade da realização do mestrado em Ciências Ambientais.

Referencias

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil em 2014. São Paulo: Editora da ABRELPE, 118p.

AMERICAN STANDARDS FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D3878-07: Standard Terminology of Composite Materials. Conshohocken, USA, 2015.

ASTM D570-98. Standard Test Method for Water Absorption of Plastics. ASTM Standards, v. 98, n. Reapproved 2010, p. 1–4, 2010.

DAMODHARAN, D.; SATHIYAGNANAM, A. P.; RANA, D.; RAJESH KUMAR, B.; SARAVANAN S. Combined influence of injection timing and EGR on combustion, performance and emissions of DI diesel engine fueled with neat waste plastic oil. Energy Convers Manag, v. 161, p. 294-305. 2018.

DUDUÁ. Precious Plastic: transformando el plástico. Disponível em: <https://www.duduadudua.com/blog/2016/04/precious-plastic-recicla.html>. Acesso em: 07 jul. 2019.

FAO. Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear. Fisheries ed. Rome, Italy: Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 2009. v. 523. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i0620e/i0620e00.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2019.

GUNN, R.; HARDESTY, B. D.; BUTLER, J. Tackling “ghost nets”: Local solutions to a global issue in northern Australia. Ecological Management and Restoration, v. 11, n. 2, p. 88–98, 2010

JHA, N. S. et al. Investigation on the mechanical , thermal properties of polyamide 6 / polypropylene blends with natural talc as filler Investigation on the Mechanical , Thermal properties of Polyamide 6 / Polypropylene Blends with Natural Talc as filler. v. 020019, n. May, 2019.

KIM, S. D.; JUN, J. G.; YOO, K. S. Pyrolysis reaction mechanism of PE, PP, NY of major components of spent fishing ropes and nets. Journal of the Korean Solid Wastes Engineering, v. 18, v. 4, p. 410- 418, 2001.

KIM, S. S.; JEON, J. K.; PARK, Y. K.; KIM, S. Thermal of fresh and waste fishing nets.

Waste Manag, v. 25, p. 811–817, 2005.

LIU, Z.; SHI, J.; WANG, Y. Evaluating Tensile Properties of 3D Printed Continuous Fiber Reinforced Nylon 6 Nanocomposites. p. 1–8, 2018.

MACFADYEN, GRAEME; HUNTINGTON, TIM; CAPPELL, R. Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 523, v. 523, p. 115 p., 2009.

MARQUES, D. V. et al. Recycled polyethylene terephthalate and aluminum anodizing sludge-based boards with flame resistance. Waste Management, v. 92, p. 1–14, 2019.

MONDRAGON, G. et al. Thermomechanical recycling of polyamide 6 from fishing nets waste. Journal of Applied Polymer Science, v. 48442, p. 48442, 201

MONTEIRO, D. M 2016. p. 134, 2016.

NOGUEIRA, J. S.; SILVA, A. L. B. B.; SILVA, E. O. Introdução a polímeros. In. SEMANA DE QUÍMICA, 2 – ETF-MT. Mato Grosso, 2000. p. 27

OTTOSEN, L. M.; SVENSSON, S. J.; BERTELSEN, I. M. G. Discarded nylon fishing nets as fibre reinforcement in cement mortar. WIT Transactions on Ecology and the Environment, v. 231, n. August 2019, p. 245–256, 2019.

OZGER, O. B. et al. Effect of nylon fibres on mechanical and thermal properties of ardened concrete for energy storage systems. Materials and Design, v. 51, p. 989–997, 2013

RAO, M. M. An Investigation on Non-Destructive and Durability Properties of Nylon and HDPE Fibre Reinforced Concrete. v. 8, n. 09, p. 172–176, 2019.

SAMROSE, S.; MUTSUDDY, R. Durability of nylon fiber reinforcement concrete. n. March, 2019.

SINGH, R. et al. On the applicability of composite PA6-TiO₂ filaments for the rapid prototyping of innovative materials and structures. Composites Part B: Engineering, v. 143, p. 132–140, 2018a.

SINGH, R. et al. On the recyclability of polyamide for sustainable composite structures in civil engineering. Composite Structures, v. 184, p. 704–713, 2018.

SIVATHANU, N.; ANANTHAM, N. V.; PEER, M., S. An experimental investigation on waste fishing net as an alternate fuel source for diesel engine. Environmental Science and Pollution Research, 2019. v. 26, n. 20, p. 20530-20537

SKVORČINSKIENĖ, R. et al. Thermal Analysis of Waste Fishing Nets for Polymer Recovery. Waste and Biomass Valorization, n. 0123456789, 2019.

SUSTAITA-RODRÍGUEZ, J. M. et al. Thermal Stability and Early Degradation Mechanisms of High-Density Polyethylene, Polyamide 6 (Nylon 6), and Polyethylene Terephthalate. Polymer Engineering and Science, v. 59, n. 10, p. 2016–2023, 2019

VISWANATH, K. K.; VIJAYABALAN, P. A detailed study of combustion characteristics of a DI diesel engine using waste plastic oil and its blends. Energy Convers Manag., v. 105, p. 951-956. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.08.043>.

WORLD ANIMAL PROTECTION. Maré fantasma - Situação atual, desafios e soluções para a pesca fantasma no Brasil, 2018. p. 1-44. Disponível em:

https://d31j74p4lpxrfp.cloudfront.net/sites/default/files/br_files/documents_br/wap-relatorio-mare-fantasma-2019.pdf. Acesso em: 07 out. 2019.