

ESTUDO COMPARATIVO DE PRODUÇÃO DE PISOS DE BORRACHA SBR, E DE SILICONE, UTILIZANDO A BORRACHA DE SILICONE RECICLADA COMO CARGA

Blenda de Assunção Cardoso Gaspar (IC) e Miriam Lúcia Chiquetto Machado (Orientador)

Apoio: PIBIC Mackpesquisa

RESUMO

Os elastômeros possuem degradação lenta, causando sérios problemas ambientais depois de descartados. A borracha de silicone é um material de grande uso, podendo ser utilizada, após descarte, como carga em compostos poliméricos. O objetivo deste trabalho é estudar a influência da utilização da borracha de silicone reciclada, microlizada, como carga em compostos de borracha de silicone virgem e de borracha estireno-butadieno (SBR), nas propriedades mecânicas destes, visando a produção de pisos e tapetes para locais públicos, como metrô e condomínios residenciais. Foram preparados compostos de borracha SBR, e de borracha de silicone virgem, com 10%, 20% e 30%, em massa, de borracha de silicone reciclada (como carga). Os compostos foram processados em calandra e em moldagem por compressão, para vulcanização. As propriedades foram caracterizadas através de ensaios de resistência à tração, de dureza Shore A, ensaio de deformação permanente à compressão, ensaio de inchamento ao óleo e Microscopia Eletrônica de Varredura, procurando-se comparar as propriedades dos compostos de borrachas SBR e de silicone virgem, sem carga, com as propriedades dos compostos com carga. Observou-se que a carga elevou a rigidez das borrachas, ocorrendo boa adesão entre as mesmas. Conclui-se que é possível produzir tapetes e pisos para locais públicos utilizando-se borracha reciclada, uma vez que as propriedades dos compostos de borracha, tanto de SBR como de silicone, não sofreram alterações significativas para este fim. A adição de cargas de borracha reciclada em borrachas virgens diminui o custo de produção dos produtos de borracha e possibilita uma produção industrial mais sustentável.

Palavras-chave: SBR. Borracha de silicone. Reciclagem.

ABSTRACT

Elastomers are slowly degraded, causing serious environmental problems after disposal. Silicone rubber is a material of great use and can be used, after disposal, as a filler in polymeric compounds. The objective of this work is to study the influence of the use of recycled, microlized silicone rubber as filler in virgin silicone rubber and styrene-butadiene rubber (SBR) compounds on their mechanical properties, aiming at the production of floors and carpets for public places such as subways and residential condominiums. SBR rubber and virgin silicone rubber compounds were prepared with 10%, 20% and 30% by weight of recycled silicone rubber (as filler). The compounds were processed in calender and compression molding for vulcanization. The properties were characterized by tensile strength, Shore A hardness tests, permanent compression deformation test, oil swelling test and Scanning Electron Microscopy, trying to compare the properties of SBR and virgin silicone rubber compounds, uncharged, with the properties of the charged compounds. It was observed that the load increased the stiffness of the rubbers, with good adhesion between them. It is concluded that it is possible to produce carpets and floors for public places using recycled rubber, since the properties of rubber compounds, both SBR and silicone, did not change significantly for this purpose. The addition of recycled rubber fillers to virgin rubbers reduces the cost of producing rubber products and enables more sustainable industrial production.

Keywords: SBR. Silicone rubber. Recycling.

1. INTRODUÇÃO

Ao se analisar pesquisas de novos produtos não se pode deixar de estudar soluções sustentáveis, por exemplo, o reaproveitamento de resíduos de borrachas. As borrachas (elastômeros) depois de descartados possuem degradação lenta e causam problemas ambientais quando descartados incorretamente, como contaminação de solos. Tem-se procurado soluções sustentáveis para reciclagem destes materiais. Os resíduos de borrachas podem ser utilizados como carga, tanto em termoplásticos rígidos, tornando-os mais flexíveis, como em compostos de borracha, com modificação em suas propriedades mecânicas (Rabello, 2000).

A borracha estireno-butadieno (SBR) é um elastômero sintético, muito parecido com a borracha natural. A borracha SBR, após polimerização, apresenta estrutura química apresentada na figura 1.

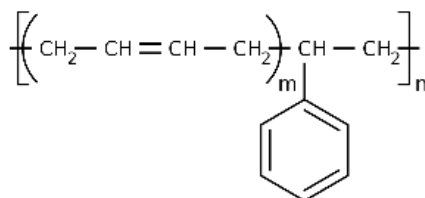


Figura 1 - Fórmula estrutural da borracha SBR (fonte rubberpedia)

Como principais propriedades da borracha SBR, destacam-se: a compatibilidade com a maioria dos elastômeros, ou seja, mistura-se bem com outros tipos de borracha, apresentam uma melhor resistência à abrasão do que a borracha natural, assim como uma melhor resistência a altas temperaturas (100 °C) e ao envelhecimento, mas uma menor flexibilidade e elasticidade a baixas temperaturas. É a borracha mais consumida no mundo porque é utilizada na fabricação da maior parte de pneus.

A borracha de silicone (denominada MQ) é sintética e apresenta em sua cadeia polimérica átomos de silício e oxigênio. Uma das suas características é a resistência a altas temperaturas e rasgos, apresentando flexibilidade e capacidade de alongamento. Devido a elevadas aplicações em artigos médicos, de aeronáutica, moldes, automóvel, componentes eletrônicos, reatores nucleares entre outros, esses materiais são, também, muito descartados, causando problemas ambientais, se não forem corretamente descartados, ou reaproveitados. A figura 2 apresenta a estrutura química dessa borracha.

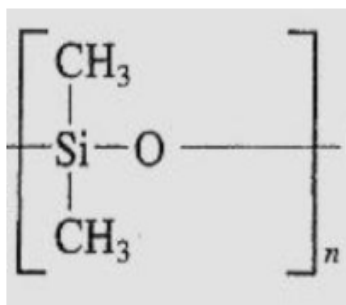


Figura 2- Borracha MQ (fonte rubberpedia)

Quando a borracha de silicone ou qualquer outra borracha está no estado reticulado (material termofixo), não é possível seu reprocessamento de forma convencional, como os materiais termoplásticos, mas podem ser utilizadas como cargas em compostos poliméricos.

Alguns tipos de pisos e tapetes são produzidos com o uso de materiais reciclados como pneus, são usados em lugares públicos como metrô e condomínios residenciais entre outros lugares.

O objetivo desta pesquisa foi estudar a influência da utilização da borracha de silicone reciclada, na forma de partículas microlizadas, como carga, em compostos tanto de borracha de silicone, como de borracha SBR, com relação às alterações de propriedades, diminuição de custos, e redução do impacto ambiental devido ao descarte de borracha após seu uso. O estudo desses materiais compostos visa a produção de pisos e tapetes, que podem ser produzidos com o emprego de materiais reciclados.

A borracha de silicone reciclada (denominada RMQ) utilizada neste trabalho foi fornecida, na forma de discos, por fábrica de bijuteria localizada na cidade de São Paulo, estado de São Paulo. Esses discos são utilizados como moldes para bijuterias ou semi-jóias, sendo descartados, em grande quantidade, após uso, por várias fábricas. Na figura 3 observa-se pilhas de discos de borracha de silicone da fábrica doadora do material para este trabalho, aguardando para ser descartado.



Figura 3 – Pilhas de discos de borracha de silicone pós-uso, que serão descartados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A mistura de elastômeros é realizada por três razões principais: melhoria das propriedades técnicas do elastômero original, realização de um melhor comportamento de processamento e redução do custo do composto (Mark; Erman; Eirich, 1994).

Os resíduos são a expressão visível e mais palpável dos riscos ambientais. Segundo a definição da Organização Mundial da Saúde, um resíduo é algo que seu proprietário não mais deseja, em um dado momento e em determinado local, e que não tem um valor de mercado (Valle, 1995).

Os principais tipos de reciclagem de polímeros são: reciclagem química, reciclagem energética e reciclagem mecânica.

No Brasil, destaca-se a reciclagem mecânica, que será o método a ser aplicado nesse trabalho de pesquisa. Na reciclagem mecânica os resíduos coletados são transformados em pequenos grãos, a serem utilizados na produção de novos bens. A reciclagem mecânica classifica-se em:

a) Reciclagem Primária ou Pré-consumo: na qual são reaproveitados resíduos e sobras dentro das próprias indústrias;

b) Reciclagem Secundária ou Pós-consumo: na qual são reaproveitados resíduos de artigos plásticos já consumidos, provenientes das mais variadas origens e, obtidos geralmente em lixões, aterros sanitários ou por meio de coleta seletiva.

A realização da reciclagem mecânica do plástico consiste na submissão dos resíduos às seguintes etapas: a) separação; b) moagem; c) lavagem; d) secagem; e) reprocessamento; f) transformação em novo produto (Santos; Cavalcante; Carvalho, Revista Pensar Gestão e Administração, v. 3, n. 2, jan.2015).

No Brasil, a reciclagem mecânica vem crescendo em volume e aumentando a diversidade e qualidade dos produtos, devido à otimização dos processos. É importante ressaltar que a reciclagem de polímeros, bem como o método de reciclagem a ser empregado, depende de vários fatores, como a quantidade e a qualidade do material, o custo do material e do processamento e a existência de mercado para o produto final (Quím. Nova vol.28 no.1 São Paulo Jan./Feb. 2005).

Com a crise do petróleo nos anos 60 e 70, os materiais poliméricos, que tiveram pouco tempo ante grandes desenvolvimentos científicos, atingiram preços exorbitantes. Para reduzir um pouco os custos de fabricação, os transformadores (fabricantes de peças) adotaram um procedimento antigo como meio de viabilização econômica: o uso de cargas minerais de baixo custo como aditivos em plásticos e borrachas com fins não reforçantes. A necessidade

despertou o interesse maior pelo uso técnico de cargas, levando a grandes desenvolvimentos nesta área, de modo que hoje as cargas se constituem ao aditivo mais empregado (em termos percentuais de consumo) nos plásticos.

De acordo com a capacidade de reforço pode-se classificar as cargas como:

- a) Carga ativa ou reforçante: cargas que proporcionam um elevado grau de reforço.
- b) Carga inerte ou enchimento: cargas que não proporcionam nenhum reforço (Rabello, 2000).

3. METODOLOGIA

Foram utilizadas Borracha SBR virgem (denominada SBR), Borracha de silicone virgem (denominada MQ) e Borracha de silicone reciclada (denominada RMQ).

Os discos de borracha, fornecidos pela fábrica de bijuterias, foram submetidos a trituração a fim de se obter o material microlizado. Esse processo ocorreu em empresa especializada em trituração de borracha, localizada no interior do estado de São Paulo.

A preparação dos compostos e a caracterização dos mesmos, realizada através de vários testes, foi realizada no Laboratório de Caracterização e Processamento de Materiais da Universidade Presbiteriana Mackenzie, campus Higienópolis. Serão apresentadas algumas fotografias de equipamentos e ensaios realizados para demonstração.

Foram processadas formulações para os compostos das borrachas SBR e MQ, conforme tabelas 1 e 2. As formulações para as matrizes SBR e MQ seguiram as composições-padrão para esses elastômeros, acrescidas da carga de borracha de silicone reciclada (RMQ), em concentrações iguais, com o objetivo de verificar a influência dessa carga, nas propriedades dos diferentes compostos (SBR e MQ) (Nagdi, 1993).

Nos compostos de Borracha de silicone (MQ/RMQ) também foram adicionados o agente reticulante peróxido de dicumila; cargas, como talco (carga não-reforçante), negro de fumo (NF), como carga reforçante, e pigmento, e RMQ (Resíduos de borracha de silicone). Nos compostos de SBR (SBR/RMQ) foram adicionados ácido esteárico (agente peptizante); óxido de zinco (ativador de reticulação); dióxido de silício (carga de reforço); negro de fumo (carga de reforço, e pigmento); MBTS (Dissulfeto de Benzotiazila), acelerador de vulcanização de média velocidade; TMTD (Dissulfeto de tetrametil-tiuran), acelerador de alta velocidade; e enxofre (agente de vulcanização).

Tabela 1 – Formulações dos compostos de matriz MQ

	MQ (phr)	MQ 10 (phr)	MQ 20 (phr)	MQ 30 (phr)
Peróxido de dicumila	0,5	0,5	0,5	0,5
RMQ	-	10	20	30
Talco	2,0	2,0	2,0	2,0
NF	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 2 – Composição dos compostos de matriz SBR

	SBR (phr)	SBR 10 (phr)	SBR 20 (phr)	SBR 30 (phr)
Ácido esteárico	2,0	0,5	0,5	0,5
ZnO	3,0	10,0	20,0	30,0
SiO₂	20,0	2,0	2,0	2,0
RMQ	-	10,0	20,0	30,0
MBTS	1,0	1,0	1,0	1,0
TMTD	0,5	0,5	0,5	0,5
NF	1,0	1,0	1,0	1,0
Enxofre	2,5	2,5	2,5	2,5

Os compostos de borrachas foram processados por calandragem, para mistura dos componentes, e ensaiados em reômetro MDR (Reômetro Dinâmico de Cavidade Móvel) para determinação do tempo de vulcanização. Os equipamentos utilizados foram a calandra, mostrada na figura 4, e o reômetro MDR, mostrado na figura 5a. A seguir, os compostos foram processados em moldagem por compressão, para vulcanização, a 150°C e determinado tempo, determinado pelo teste reológico. O equipamento utilizado nesta etapa foi a prensa hidráulica, mostrada na figura 5b.

Os compostos obtidos foram caracterizados por ensaios mecânicos de resistência à tração, de acordo como a norma ASTM D 412 , e de dureza Shore A, de acordo com a norma ASTM D 2240, ensaio de deformação permanente à compressão (Compression set), de

acordo com a norma ASTM D 395, ensaio de inchamento ao óleo, de acordo como a norma ASTM D 471 e análise por Microscopia Eletrônica de Varredura.

Os resultados foram obtidos a partir da média de 10 medidas para cada material.



Figura 4 – Calandra do Laboratório de Caracterização e Processamento de Materiais da Universidade Presbiteriana Mackenzie, campus Higienópolis



a)



b)

Figura 5- Equipamentos do Laboratório de Caracterização e Processamento de Materiais da Universidade Presbiteriana Mackenzie, campus Higienópolis:

a) Reômetro MDR; b) Prensa Hidráulica

Na figura 6 encontram-se os dispositivos utilizados para realização dos ensaios de deformação permanente à compressão (Compression set).



Figura 6 - Dispositivos utilizados para realização dos ensaios de deformação permanente à compressão (Compression set)

Na figura 7 encontra-se modelo de corpo de prova utilizado no ensaio de inchamento ao óleo e os recipientes com óleo, nos quais estão submersos os corpos de prova.

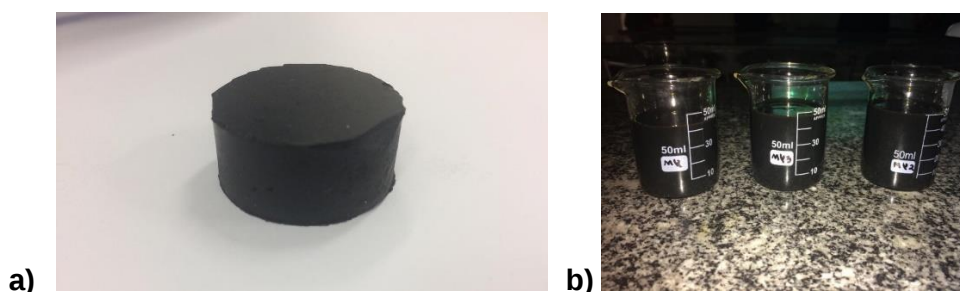


Figura 7 - a) Modelo de corpo de prova antes de ser submetido ao ensaio de inchamento ao óleo; b) recipientes com óleo nos quais estão imersos os corpos de prova.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Serão apresentados todos os resultados obtidos nos ensaios realizados, com as respectivas análises e discussões sobre os mesmos.

Na tabela 3 encontram-se os resultados obtidos no ensaio reológico para determinação do tempo de vulcanização tanto para os compostos puros como para as misturas com borracha reciclada.

Tabela 3 - Tempo de vulcanização para os materiais puros e compostos

Ensaio reológico	
Composto	Tempo de vulcanização
MQ	9,52 min
MQ 10	9,50 min
MQ 20	9,45 min
MQ 30	9,30 min
SBR	11,07 min
SBR 10	9,43 min
SBR 20	9,47 min
SBR 30	10,35 min

Os tempos de vulcanização (t_{90}) obtidos no reômetro MDR, para os compostos de silicone, praticamente não se alteraram, mostrando que a adição dos resíduos não influenciou na vulcanização dos compostos. Em relação ao SBR sem resíduos, os compostos de SBR, apresentaram uma queda no tempo de vulcanização de aproximadamente 15%, para os compostos com 10% e 20% de carga. Assim, os ensaios reológicos para SBR mostraram que a borracha sem adição de resíduos precisou de mais tempo para vulcanização. Pode-se concluir, comparativamente entre os compostos, que a adição de resíduos pouco influenciou na vulcanização dos compostos, tanto de SBR, como para a borracha de Silicone.

Os resultados de Dureza Shore A obtidos estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Resultados de dureza para os materiais puros e compostos.

Composto	Média
SBR	53,5 + 2,6
SBR 10	51,2 + 2,5
SBR 20	57,0 + 1,9
SBR 30	57,4 + 2,3
MQ	74,4 + 3,2
MQ 10	74,3 + 2,5
MQ 20	77,6 + 1,5
MQ 30	78,3 + 1,3

A dureza dos materiais, tanto para a borracha de silicone como para a SBR, apresentou um incremento com adição de 20% e 30% de borracha reciclada. Para a SBR, o incremento foi de cerca de 7% e, para a MQ, o incremento foi de cerca de 5%, para as duas

composições. Os ensaios de dureza mostraram que os resíduos de borracha se comportaram como carga rígida, elevando a dureza dos compostos.

Os resultados dos ensaios de Tração estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Resultados de tração para os materiais puros e compostos.

	E (Mpa)	σ (Mpa)	ϵ (%)
MQ	12,0 $\pm$ 2,78	4,49 $\pm$ 0,933	260 $\pm$ 47
MQ10	19,8 $\pm$ 0,580	6,13 $\pm$ 0,425	160 $\pm$ 11
MQ20	18,5 $\pm$ 3,75	5,74 $\pm$ 0,501	140 $\pm$ 18
MQ30	19 $\pm$ 0,785	5,19 $\pm$ 0,291	140 $\pm$ 12
SBR	0,786 $\pm$ 0,561	4,72 $\pm$ 1,30	530 $\pm$ 110
SBR10	1,43 $\pm$ 0,538	4,16 $\pm$ 0,704	370 $\pm$ 66
SBR20	2,09 $\pm$ 0,849	4,92 $\pm$ 1,07	440 $\pm$ 110
SBR30	1,56 $\pm$ 0,360	4,67 $\pm$ 1,09	560 $\pm$ 120

Em relação aos ensaios de tração para SBR, observam-se variações de valores nos resultados de deformação máxima na ruptura. Provavelmente os resíduos de borracha não ficaram bem distribuídos (distribuição heterogênea), provocando variações de valores nos resultados de deformação, e a adesão das partículas de resíduos de borracha à matriz SBR foi muito baixa. Independentemente das variações de alguns resultados, pode-se concluir que a utilização dos resíduos de borracha reciclada eleva a rigidez, a deformação, e a deformação na ruptura.

Em relação aos ensaios de tração para os compostos de borracha de silicone (MQ) com resíduos de borracha reciclada, os resultados apresentaram comportamento esperado, ou seja, elevação nas propriedades de módulo, resistência até a ruptura, e diminuição da deformação na ruptura.

Considerando-se que se trata de elastômeros, de estruturas químicas diferentes, por hipótese, acredita-se que as diferenças nas propriedades estão relacionadas à melhor compatibilidade química da carga RMQ, no elastômero de silicone (MQ).

Os resultados obtidos do teste de imersão em óleo estão apresentados na tabela 6.

Tabela 6- Ensaio do teste de imersão em óleo.

Composto	Medidas antes do teste			Medidas depois do teste			%massa de óleo absorvida
	Massa(gr)	Diâmetro(mm)	Altura (mm)	Massa(gr)	Diâmetro(mm)	Altura (mm)	
MQ	12,64	28,01	12,44	13,3	29,31	13,04	5,22
MQ 10	13,54	26,57	13,7	14,18	29,55	13,73	4,73
MQ 20	13,4	28,84	13,63	14,12	29,63	13,71	5,37
MQ 30	13,23	28,4	12,81	13,86	29,08	13,08	4,76
SBR	9,57	28,22	12,41	10,4	28,68	13,28	8,67
SBR 10	9,72	28,7	12,87	10,86	29,37	13,3	11,72
SBR 20	10,42	27,99	13,3	11,3	29,43	13,62	8,44
SBR 30	10,18	28,87	12,91	11,34	28,88	13,15	11,39

A porcentagem de massa de óleo absorvida pelos compostos foi calculada de acordo com a fórmula apresentada a seguir:

$$\% \text{ massa absorvida} = \frac{(\text{massa do corpo depois do teste} - \text{massa do corpo antes do teste}) \times 100}{\text{massa do corpo antes do teste}}$$

Os resultados dos testes de imersão ao óleo mostraram que todos os compostos absorvem pequena quantidade de óleo. Os compostos de borracha de silicone apresentaram absorção de óleo superior aos compostos de SBR, mas a absorção de óleo pelas borrachas não foi significativamente afetada pela presença da carga nos compostos.

Os resultados do ensaio de deformação permanente à compressão “Compresion set” estão na tabela 7.

Tabela 7- Ensaio de deformação permanente à compressão (“Compression set”).

Composto	Medidas antes do teste		Medidas depois do teste		Redução De diâmetro	Redução de altura
	Diâmetro(mm)	Altura (mm)	Diâmetro(mm)	Altura (mm)	%	%
MQ (phr)	28,69	13,01	27,01	13	5,86	0,08
MQ 10 (phr)	29,31	13,02	29,13	12,86	0,61	1,22
MQ 20 (phr)	29,43	12,8	28,82	12,32	2,07	3,75
MQ 30 (phr)	29,08	13	28,51	12,89	1,96	0,85
SBR (phr)	29,62	12,65	28,32	11,27	4,39	10,91
SBR 10 (phr)	29,88	13,09	28,45	11,43	4,79	12,68
SBR 20 (phr)	27,81	13,67	27,33	12,24	1,73	10,46
SBR 30 (phr)	30,53	12,96	28,44	11,56	6,85	10,80

A porcentagem de redução de diâmetro e de altura dos compostos foi calculada de acordo com a fórmula apresentada a seguir:

$$\% \text{ redução da medida} = \frac{(\text{medida do corpo antes do teste} - \text{medida do corpo depois do teste}) \times 100}{\text{medida do corpo antes do teste}}$$

Os corpos de prova submetidos ao ensaio de deformação permanente à compressão apresentaram alterações nas suas medidas antes e depois do teste. Os compostos de SBR em relação aos compostos de MQ tiveram maior redução da medida, mas as reduções em ambos materiais não foram significativamente afetadas pela presença da carga.

Os compostos foram analisados por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para verificação da interação entre a carga e matriz, e análise de características microestruturais dos compostos. A figura 8 apresenta as micrografias das superfícies analisadas da borracha de silicone (MQ) e dos compostos MQ10, MQ20 e MQ30. A figura 9 apresenta as micrografias das superfícies analisadas da borracha SBR e dos compostos SBR10, SBR20 e SBR30.

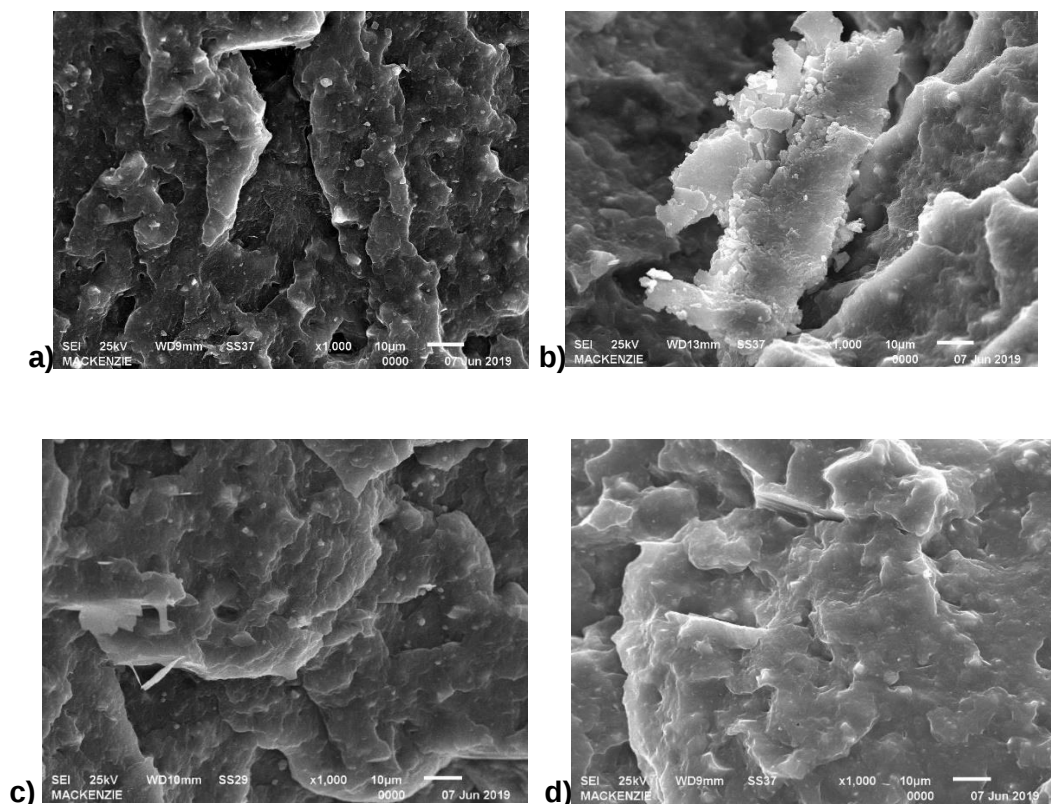


Figura 8 – Micrografias dos compostos analisados por MEV (X 1000):
a) composto MQ; b) composto MQ 10; c) composto MQ 20; d) composto MQ 30

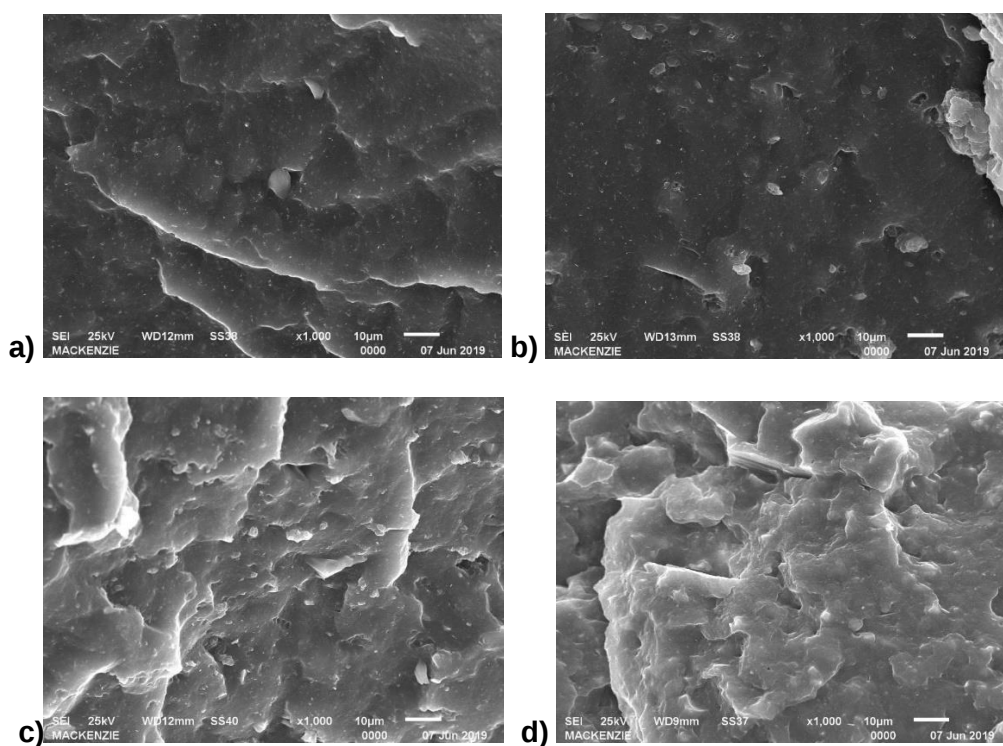


Figura 9 – Micrografias dos compostos analisados por MEV (X 1000):
a) composto SBR; b) composto SBR 10; c) composto SBR 20; d) composto SBR 30

Para os compostos da borracha de silicone (MQ), as micrografias mostraram que houve boa adesão entre a matriz e os resíduos de borracha (borracha de silicone vulcanizada). Isto é consequência da origem dos resíduos, que foram obtidos a partir da borracha MQ vulcanizada.

Para os compostos da borracha SBR, as micrografias mostraram a presença dos resíduos da borracha MQ. A partir de corpos de prova fraturados, após resfriamento em nitrogênio líquido, as micrografias dos compostos de SBR também mostraram boa adesão dos resíduos na matriz SBR.

Amostras de tapetes foram confeccionadas com os compostos de contendo borracha reciclada. Na figura 10 estão apresentadas algumas amostras, confeccionadas a partir dos compostos MQ20 e MQ30.

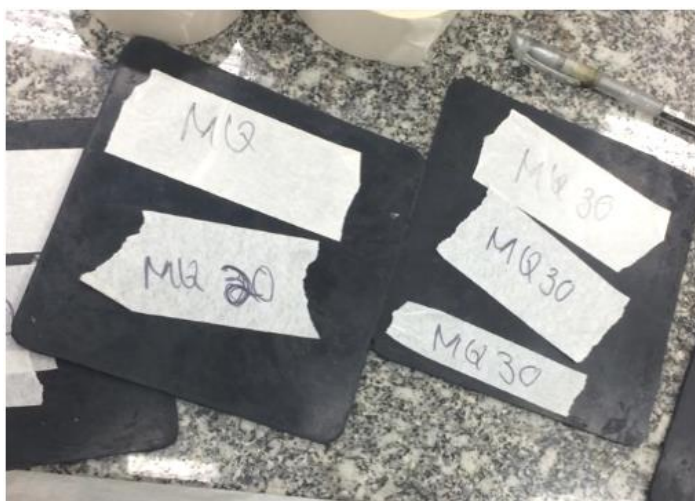


Figura 10 – Amostras de tapetes produzidas a partir dos compostos MQ20 e MQ30

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Comparando-se a borracha de silicone (MQ) com a borracha SBR, observa-se que a borracha MQ, em relação à borracha SBR, apresenta propriedades mecânicas bastante elevadas. Quando se utiliza resíduos de borracha reciclada de mesma origem, ou seja, borracha reciclada vulcanizada de MQ, como carga, os resultados ficam potencializados, conforme mostra a tabela 5.

Os resultados dos ensaios de dureza confirmaram que a borracha reciclada elevou a rigidez das borrachas, sendo mostrado, também, pelos resultados dos módulos de elasticidade.

A partir de todos os resultados obtidos conclui-se que é possível produzir tapetes e pisos para locais públicos utilizando-se borracha reciclada, com até 30% de composição em massa, uma vez que as propriedades dos compostos de borracha, tanto de SBR como de silicone, não sofreram alterações significativas para este fim, comparando-se os compostos obtidos sem a mistura com borracha reciclada e os compostos com a mistura de borracha reciclada.

O estudo do emprego de borracha reciclada, como carga, para obtenção de outros produtos, como tapetes e pisos, é de grande importância uma vez que não é possível o reprocessamento de borrachas de forma convencional, como os materiais termoplásticos. A adição de cargas de borracha reciclada em borrachas virgens diminui o custo de produção dos produtos de borracha, colaborando com o importante problema de poluição ambiental gerado pelo descarte de grandes quantidades de borracha pós-uso, proporcionando uma produção industrial mais sustentável.

Sendo este um trabalho inicial sobre o estudo de incorporação de borracha microlizada obtida a partir de borracha de silicone descartada em grandes quantidades no meio ambiente, sugere-se para futuros trabalhos o aprofundamento do estudo buscando-se outros produtos que possam ser obtidos com parte do material composto por borracha reciclada microlizada, aproveitando o detalhado estudo de propriedades dos compostos realizado neste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

ASTM D395 - Standard Test Methods for Rubber Property—Compression Set

ASTM D471 - Standard Test Method for Rubber Property—Effect of Liquids

ASTM D412 - Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers—Tension

ASTM D2240 - 15e1 Standard Test Method for Rubber Property—Durometer Hardness

K. Nagdi. Rubber as an engineering material: guideline for users. Hanser, Munich, 1993.

Mark E. James, Burak Erman, Frederick R. Eirich. Science and technology of Rubber 2nd ed. San Diego: Academic Press, Inc., 1994.

Quím. Nova vol.28 no.1 São Paulo Jan./Feb. 2005 disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010040422005000100014>. Acesso 19 mar. 2018. 11:03:30

Revista Pensar Gestão e Administração, v. 3, n. 2, jan.2015 disponível em:<http://revistapensar.com.br/administracao/pasta_upload/artigos/a104.pdf >Acesso 24 mar. 2018. 12:31:47

Rabello, M. S. Aditivação de Polímeros. São Paulo: Artliber Editora, 2000.

Rubberpedia disponível em <<http://www.rubberpedia.com/borrachas/borracha-butadieno-estireno.php>> acesso em 14 mar. 2018. 23:25:20

Valle, Cyro Eyer do. Qualidade ambiental: como ser competitivo protegendo o meio ambiente: (como se preparar para as Normas ISSO 14000). São Paulo: Pioneira, 1995.

Contatos: blendagaspar@hotmail.com e miriamlucia.machado@mackenzie.br