

## Introdução

A economia brasileira caracteriza-se por um elevado nível de desperdício de recursos energéticos e naturais, além de enfrentar graves problemas ambientais decorrentes da geração de resíduos provenientes da mineração e processamento industrial de rochas. Neste contexto, há um crescente interesse em produzir materiais compósitos a base de resíduos de mineração, e de demolição, para a aplicação como revestimentos na construção civil. O presente trabalho tem como objetivo produzir materiais compósitos a base de resíduo de rocha, caracterizando as partículas e avaliando a influência do tamanho e concentração destas partículas nas propriedades tribológicas, como atrito e desgaste, do compósito.

## Metodologia

Quatro granulometrias de distribuição regular de tamanho de partículas de resíduo foram utilizadas para a produção de amostras, onde duas foram processadas em moinho de bolas por 5h, denominadas respectivamente de material grosso, grosso-5h, fino e fino-5h. Para a produção dos corpos de prova foram produzidas 75% e 72% de teor de rocha para o particulado de origem grossa e fina respectivamente. A formulação do poliuretano foi determinada contendo 50% de fase rígida e 50% de fase flexível. Para os ensaios tribológicos, como atrito, foram realizados corpos de prova embutidos a frio em resina poliéster e após preparados em uma politriz. Para determinar os níveis de carga normal, frequência de oscilação, distância de deslizamento e tipo de contracorpo, foram realizados ensaios de desgaste a seco, e as superfícies dos compósitos foram ensaiadas contra esferas de nitreto de silício ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ), aço inoxidável austenítico 304 e Poliamida 6.6. Além dos ensaios tribológicos, foram realizados ensaios de absorção d'água para avaliar o grau de absorção que o compósito possui. Para isso, as amostras foram pesadas, mantidas em água fervente durante duas horas e então resfriadas, e novamente pesadas.

## Resultados e discussão

Diversos corpos de prova foram embutidos a frio em resina poliéster e após preparadas em uma politriz Struers – Tegramin-20. Inicialmente as amostras foram lixadas em disco de desbaste de 45 micra em fluxo de água por três minutos, aplicando sobre a amostra uma força normal de 10 N e rotação base/amostra de 300/150 rpm. Na sequência, foi realizado um polimento intermediário em duas etapas, primeiro com fluido lubrificante diamantado de 9 micra por cinco minutos, carga normal de 20 N e rotação base/disco de 150 rpm, e o segundo com fluido lubrificante diamantado de 3 micra por dez minutos, 15 N e rotação base/disco de 150 rpm. O polimento final foi realizado com alumina gel de 0,05 micra, em 10 minutos, carga 10 N e rotação base/disco de 150 rpm. Entre cada etapa as amostras foram lavadas e postas em banho de ultrassom utilizando uma ponteira Hielscher UP400st por dois minutos. Ao final as amostras foram secas em estufa por 24h à 110°C. A Figura 1 apresenta o aspecto final da superfície das amostras após o polimento.

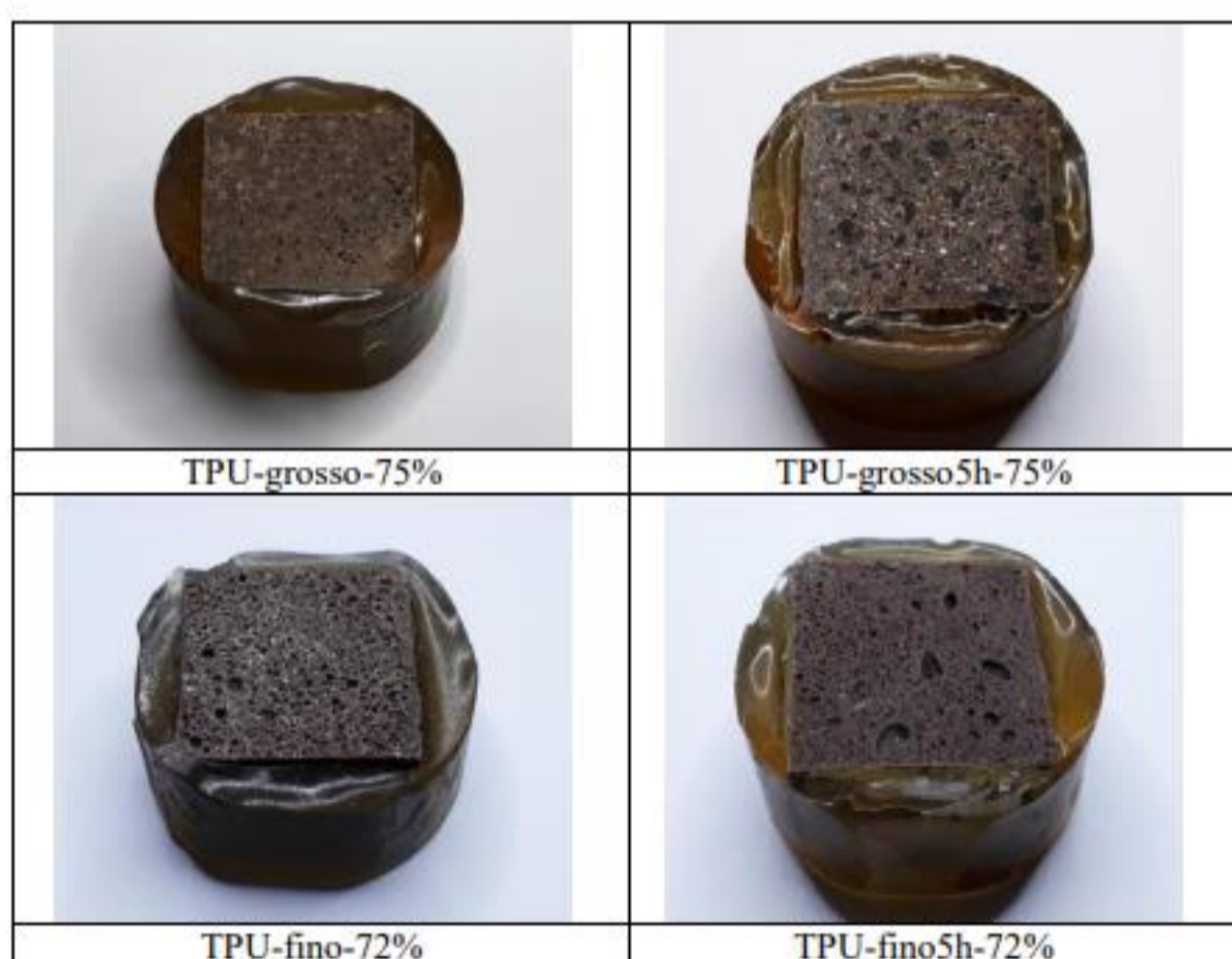


Figura 1. Aspecto final das amostras polidas utilizadas nos ensaios tribológicos.

A avaliação do valor de absorção de água das amostras foi realizada conforme procedimento descrito na Norma NBR 13818, anexo B – Placas cerâmicas para revestimento: Especificação e métodos de ensaio. Foram utilizadas cinco amostras de cada formulação. As amostras foram secas em estufa a 110°C e após mantidas em sílica gel até atingirem a temperatura ambiente. Após pesadas, as amostras foram mantidas em água fervente durante duas horas e então resfriadas, onde com auxílio de um pano úmido foram levemente enxugadas. As amostras então foram novamente pesadas e a absorção de água calculada. Na Tabela 1 tem-se os resultados do ensaio.

Formulação	Índice de absorção de água (%)
TPU-grosso-75%	4,07 ± 1,01
TPU-grosso5h-75%	6,87 ± 0,51
TPU-fino-72%	3,36 ± 0,09
TPU-fino5h-72%	3,24 ± 0,17

Tabela 1. Ensaio de absorção de água (%).

Foram realizados ensaios de desgaste por deslizamento alternado preliminares com o objetivo de determinar os níveis de carga normal, frequência de oscilação, distância de deslizamento e tipo de contracorpo adequados para o estudo do comportamento tribológico das formulações de compósitos de matriz polimérica. Os ensaios foram realizados sem meio líquido (a seco) e as superfícies dos compósitos foram ensaiadas contra esferas (contracorpos) de nitreto de silício ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ), aço inoxidável austenítico 304 e Poliamida 6.6, que correspondem a um material cerâmico, metálico e polimérico, respectivamente.

Formulações	Coefficiente de atrito médio e desvio padrão	Largura da trilha (mm)	Diâmetro da calota de desgaste (mm)
TPU-grosso5h-75% - AISI 304	0,540 ± 0,021	1,12 ± 0,04	1,00
TPU-grosso5h-75% - $\text{Si}_3\text{N}_4$	0,422 ± 0,002	1,47 ± 0,05	-
TPU-grosso5h-75% - Poliamida 6.6	0,469 ± 0,004	-	1,32

Tabela 2. Coeficiente de atrito e desgaste das formulações.

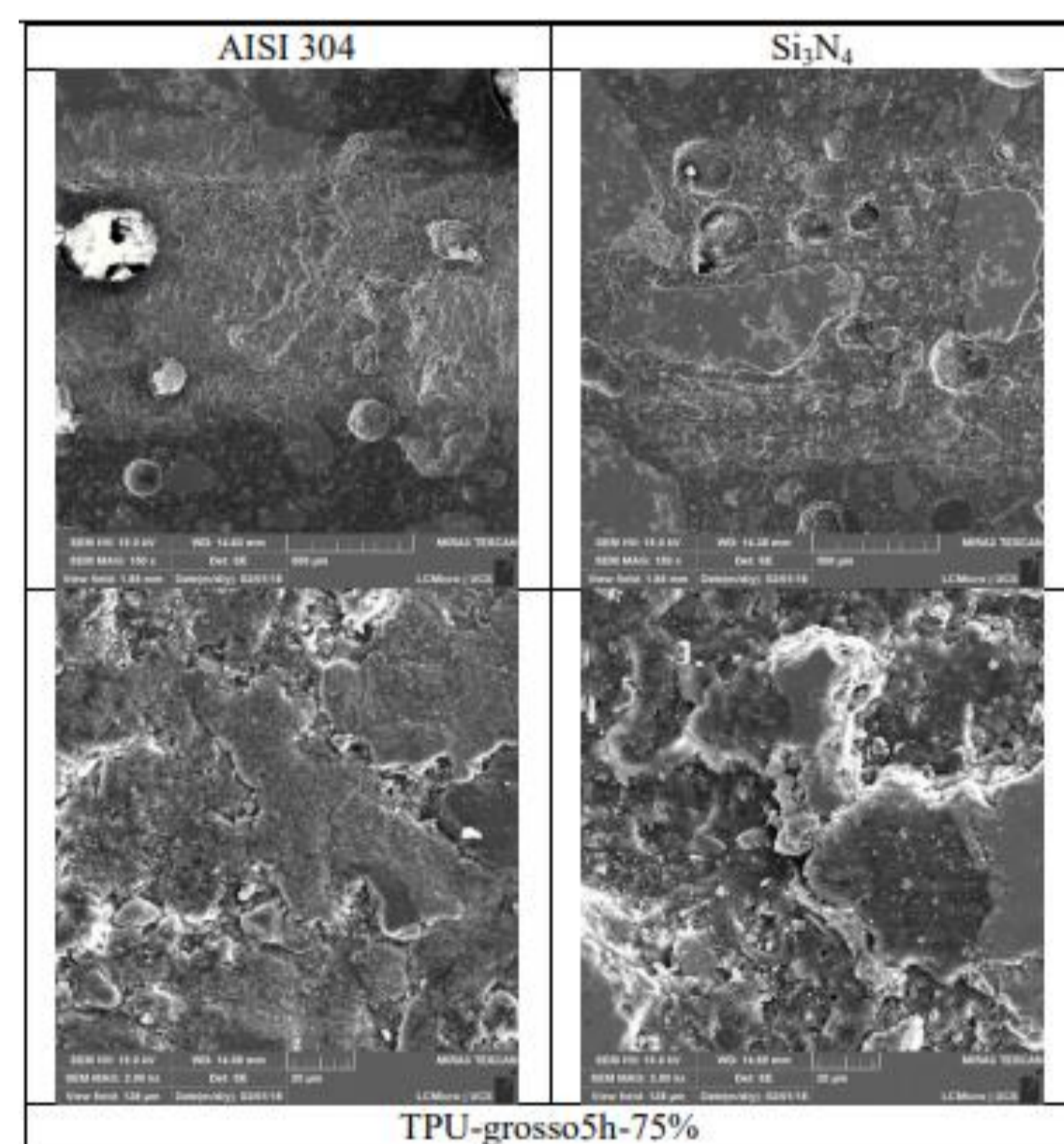


Figura 2. Imagens de MEV das trilhas de desgaste da formulação TPU-grosso5h-75% obtidas após ensaios de deslizamento alternado contra esferas de aço inoxidável austenítico 304 e de nitreto de silício.

## Considerações finais

É importante ressaltar que a análise desses resultados não é conclusiva, pois trata-se de ensaios preliminares. No entanto, algumas tendências são observadas, as quais foram verificadas em outros estudos tribológicos. Neste sentido, tanto o comportamento do coeficiente de atrito quanto o do desgaste dependem da natureza do contracorpo e do material em estudo, o que comumente está associado os mecanismos de atrito e de desgaste predominantes.

## Referências bibliográficas

- Hinrichs, R. Técnicas instrumentais não destrutivas aplicadas a gemas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - IGEO/UFRGS. 2014.
- Nardy, A.J.R.; Machado, F.B.; Oliveira, M.A.F. As rochas vulcânicas mesozóicas ácidas da Bacia do Paraná: litoestratigrafia e considerações geoquímicas-estratigráficas. Revista Brasileira de Geociências, V.38, n.1, p.178-195.
- Herrera, M., Matuschek, G., Kettrup, A. Thermal degradation of thermoplastic polyurethane elastomers (TPU) based on MDI. 2002: Polymer Degradation and Stability. V78, p.323-331.

## Agradecimentos