

ESTUDO SOBRE A DURABILIDADE DE GEOMEMBRANA DE PEAD APLICADA EM LAGOA DE CHORUME POR MEIO DE UMA AMOSTRA EXUMADA IN SITU

Mayara Palácio Ercolini ¹; Fernando Luiz Lavoie ²

¹ Aluno de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT);

² Professor da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT).

Resumo. *Os geossintéticos são materiais sintéticos bastante utilizados em obras de infraestrutura devido a sua grande variedade de funções, pela facilidade de instalação e por ser uma solução menos impactante ao meio ambiente em substituição às tradicionais. Atualmente um dos geossintéticos mais utilizados no país é a geomembrana de PEAD (polietileno de alta densidade), que é empregada em obras geotécnicas em sistemas de impermeabilização com a função de barrar fluxos em obras ambientais, de saneamento, hídricas e em barragens de rejeito de minérios. Com o intuito de analisar a durabilidade de uma amostra de geomembrana de PEAD exumada in situ de uma lagoa de chorume após 5 anos e 2 meses de uso, devido ao contato permanente à intempéries, agentes químicos e a esforços mecânicos, foram realizados ensaios físicos e mecânicos de forma a verificar o comportamento do material. Os resultados dos ensaios físicos e mecânicos demonstraram que a amostra apresentou resultados consistentes que superam os valores mínimos recomendados pela norma GRI-GM13. Pode-se concluir que a amostra avaliada apresentou um bom comportamento diante da exposição sofrida durante o seu período de uso, sem indícios de mudança de comportamento do polímero.*

Introdução

A palavra geossintético pode ser explicada como uma família de produtos fabricados a partir de materiais polímeros para aplicação em obras geotécnicas. Podem exercer várias funções inclusive simultaneamente. Para que o dimensionamento das obras com esses materiais seja eficiente, é necessário o conhecimento de suas propriedades frente as solicitações da obra.

As geomembranas de polietileno de alta densidade (PEAD) são geossintéticos bastante utilizadas em barreiras de fluxo, em bases de aterros de resíduos e em barragens e pilhas de rejeitos de mineração, como revestimento de fundo em lagoas de efluentes industriais, tratamento de esgoto, tratamento de chorume e tratamento de água. No setor do agronegócio o uso das geomembranas é de grande importância e, de acordo com Lavoie & Coelho 2018, o uso mais comum da geomembrana é para a contenção de líquidos, seja para a contenção de efluentes gerados na produção agrícola como na contenção de água para irrigações.

A figura 1 mostra um reservatório de água para irrigação revestido por uma geomembrana.



Figura 1: Reservatório de água para irrigação revestido por uma geomembrana.

Sua utilização tem grande importância também em canais de coleta de água, bem como para a geração de energia em pequenas centrais hidroelétricas e canais de adução. Ainda, na base de biodigestores são instaladas geomembranas, que funcionam como mantas flexíveis na cúpula deste tipo de estruturas assim como na cobertura de aterros de resíduos com bons ganhos ao sistema de cobertura final (Lavoie & Coelho, 2018).

O polietileno de alta densidade é um polímero termoplástico semicristalino. É composto por macromoléculas que são formadas através do processo de polimerização. Há uma tendência deste tipo de material de degradação e sua vida útil é determinada, em geral, pela degradação fotoquímica e oxidação térmica quando expostos à intempérie ou quando em contato com materiais agressivos, lixívias e resíduos industriais, ou com a combinação desses fatores (Greenwood et al. 2012).

Os ensaios de desempenho, como a compatibilidade química, a resistência à degradação térmica e à radiação ultravioleta (UV) têm tido ênfase no estudo das geomembranas, pois ajudam o projetista a deliberar sobre o desempenho do material ao longo do tempo (Bueno 2003).

Em um estudo realizado em um aterro sanitário do Canadá, Safari et al. 2011 exumaram amostras de geomembrana de PEAD após 25 anos de uso, e, foi constatado que as amostras de geomembrana de PEAD sofreram mudanças em comparação com uma geomembrana virgem a partir da avaliação do consumo de antioxidantes, que são responsáveis por garantir a manutenção das propriedades do polímero frente aos agentes degradantes. Os resultados mostraram que os valores de OIT (tempo de indução oxidativa) das amostras foram inferiores aos de uma amostra virgem moderna.

Com a finalidade de avaliar a durabilidade e o nível de degradação de uma amostra de geomembrana PEAD exumada in situ de uma lagoa de chorume após ficar exposta por cinco anos e dois meses, foram realizados ensaios físicos (espessura, densidade, teor e dispersão de negro de fumo, e índice de fluidez) e mecânicos (tração, rasgo e punção) na amostra.

Apesar da grande importância do estudo do tempo de vida útil desses materiais, atualmente não há muitos estudos sobre este tema. Com isto, pretende-se melhorar a compreensão sobre a geomembranas e sua aplicação ambientais para que seja possível uma especificação e aplicação mais assertivas nas obras.

Material e Métodos

Para esta pesquisa foi utilizada uma amostra de geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD) com 2 mm de espessura nominal exumada de uma lagoa de chorume após 5 anos e 2 meses de uso. Para a avaliação da amostra estudada neste trabalho, foram realizados ensaios físicos e mecânicos, totalizando oito avaliações.

Os ensaios feitos foram de espessura, densidade, dispersão negro de fumo, teor de negro de fumo, índice de fluidez, resistência a tração, rasgo e punção.

O ensaio de espessura foi executado de acordo com a ASTM D5199, e consiste em comparar a medida de uma base rígida sem e com o geossintético a partir de um peso padrão que aplica 200 kPa no corpo de prova, a medida é feita com um relógio comparador. A Figura 1 apresenta o equipamento utilizado no ensaio de espessura.



Figura 1 – Equipamento utilizado no ensaio de espessura.

O ensaio de densidade realizado atende a ASTM D792 e usa o princípio de Arquimedes para determinar a densidade do geossintético. Foi utilizado como líquido referência álcool com densidade de $0,8415 \text{ g.cm}^{-3}$. A Figura 2 apresenta o ensaio de densidade em andamento.

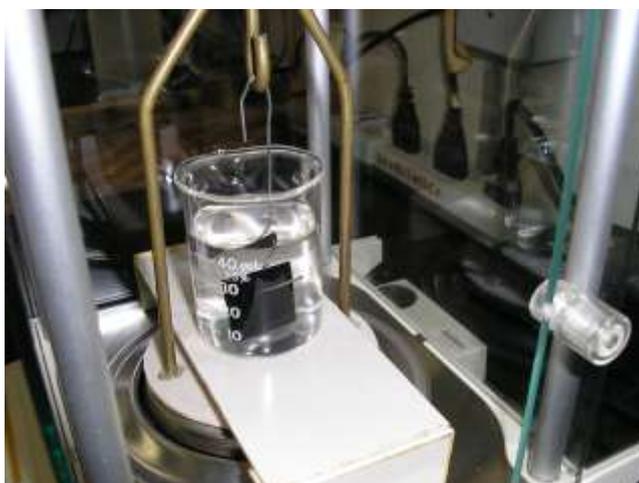


Figura 2 – Ensaio de densidade em andamento.

Os ensaios de dispersão e de teor de negro de fumo foram realizados, respectivamente, pelas ASTM D5596 e ASTM D1603. O ensaio de dispersão verifica, por meio de um microscópio, o tamanho das partículas de negro de fumo utilizadas na amostra, e é feita uma comparação visual com um quadro referência da norma. O ensaio de teor de negro de fumo é feito utilizando um forno a 600 °C, no qual passa por ele um fluxo de nitrogênio por 15 minutos. Após este tempo, sobrar apenas o negro de fumo, que é calculado percentualmente em função da massa inicial da amostra de geomembrana.

O índice de fluidez é determinado pela ASTM D1238. O ensaio mede a massa que passa pelo orifício padrão a 190 °C em 10 minutos de ensaio com uma carga constante aplicada na amostra. Nesta pesquisa foi utilizada a massa de 2,16 kg.

Os ensaios mecânicos realizados foram o de tração, de acordo com a ASTM D6693, o ensaio de rasgo, de acordo com a ASTM D1004, e o ensaio de punção, de acordo com a ASTM D4833.

O ensaio de tração mede a resistência à tração na ruptura, bem como seu alongamento na ruptura, para um corpo de prova padrão da norma. O ensaio de rasgo possui um corpo de prova característico, que induz a ruptura em um ponto determinado, determinando assim a resistência ao rasgo. O ensaio de punção é feito utilizando-se um pistão com área padrão que comprime a amostra até a ruptura. A Figura 3 apresenta um ensaio de tração em andamento na máquina universal de ensaios.

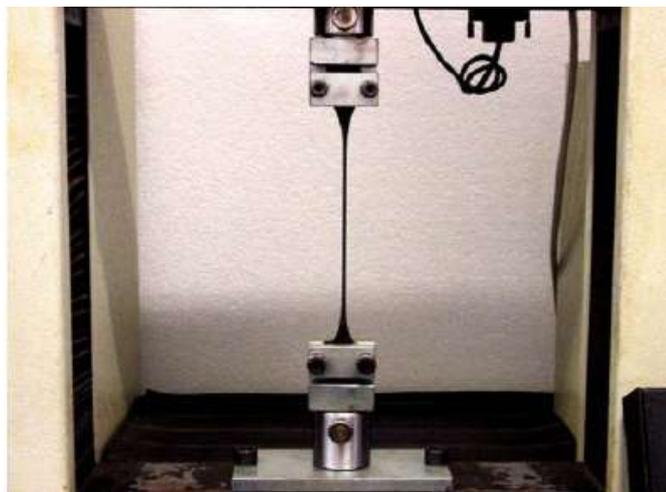


Figura 3 – Ensaio de tração em andamento na máquina universal de ensaios.

Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados dos ensaios físicos de espessura, densidade, dispersão de negro de fumo, teor de negro de fumo e índice de fluidez. A Tabela 1 também apresenta os respectivos coeficientes de variação obtidos das medidas.

Tabela 1 – Valores médios obtidos nos ensaios físicos da amostra ensaiada e os respectivos coeficientes de variação (CV).

Propriedade	Valor Médio	CV (%)
Espessura (mm)	2,07	0,0325
Densidade (g.cm ⁻³)	0,946	0,000017
Dispersão de Negro de Fumo	Todos na Categoria I	-
Teor de negro de fumo (%)	2,43	0,0086
Índice de fluidez (g.(10 min) ⁻¹)	0,0691	0,0315

A norma GRI-GM13 especifica valores mínimos aceitáveis no controle de qualidade de fabricação de geomembranas de PEAD para diversas propriedades do material, sendo frequentemente utilizada como referência no Brasil.

Os resultados dos ensaios físicos mostraram um valor acima do valor nominal da geomembrana (2 mm), com baixa variação de valores. A densidade mínima requisitada pela GRI-GM13 é de $0,940 \text{ g.cm}^{-3}$, a amostra apresentou valor acima do mínimo recomendado. A faixa de valores recomendados de teor de negro de fumo é entre 2 e 3%, com o intuito de proteger a resina da ação dos raios ultravioleta. O valor obtido está dentro da faixa de valores recomendada. A classificação encontrada no ensaio de dispersão de negro de fumo é considerada dentro do padrão recomendado. A norma GRI-GM13 não especifica valores mínimos ou máximos para o índice de fluidez da geomembrana, porém, o valor encontrado demonstra que a resina da amostra possui baixa fluidez.

A Tabela 2 apresenta os valores médios de resistência na ruptura, bem como os valores médios do alongamento na ruptura referentes ao ensaio de tração realizado na amostra.

Tabela 2 – Valores médios de resistência à tração na ruptura e no alongamento à tração na ruptura e coeficientes de variação (CV).

Propriedade	Valor Médio	CV (%)
Resistência à Tração na Ruptura (MPa)	29,32	0,1435
Alongamento na Ruptura (%)	752,6	10,76

A Figura 4 apresenta as curvas tensão-deformação no ensaio de tração realizado na amostra.

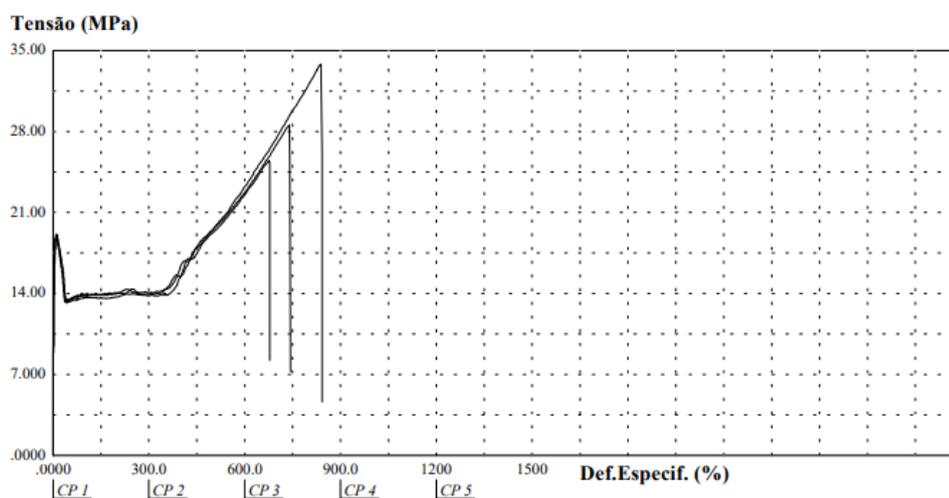


Figura 4 – Curvas de tensão-deformação no ensaio de tração realizado na amostra.

A Tabela 3 apresenta os resultados dos ensaios de rasgo e punção e seus respectivos coeficientes de variação.

Tabela 3 - Valores médios de resistência ao rasgo na ruptura e de resistência à punção e coeficientes de variação (CV).

Propriedade	Valor Médio	CV (%)
Resistência ao Rasgo (N)	321,80	0,0276
Resistência à Punção (N)	815,8	0,0156

As Figura 5 e 6 apresentam, respectivamente, as curvas força-deformação nos ensaios de rasgo e de punção realizados na amostra.

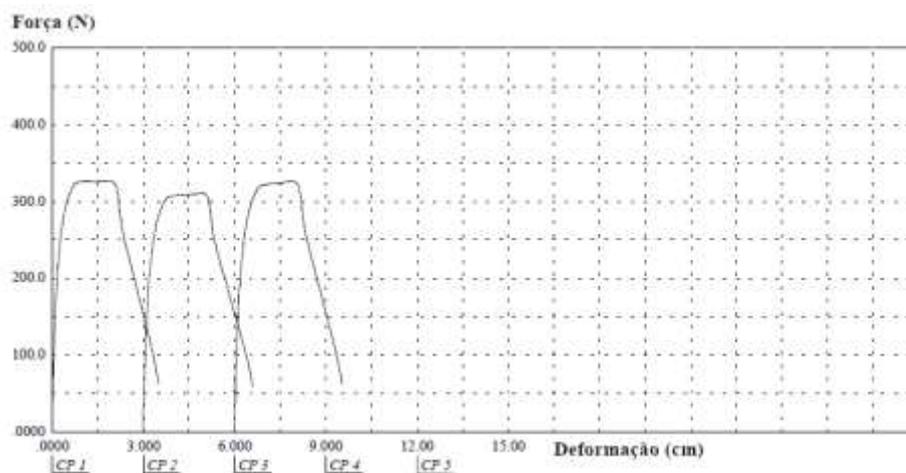


Figura 5 – Curvas de força-deformação no ensaio de rasgo realizado na amostra.

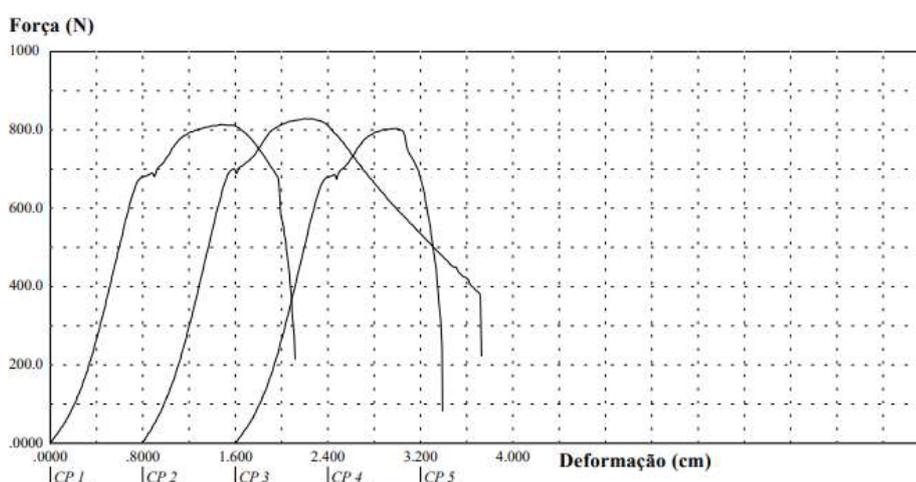


Figura 6 – Curvas de força-deformação no ensaio de punção realizado na amostra.

Os resultados do ensaio de tração demonstram que a amostra possui bom comportamento mecânico, mesmo após a exposição e contato com o chorume por mais de 5 anos. A resistência à tração na ruptura, assim como o alongamento à tração na ruptura apresentaram valores superiores aos mínimos recomendados pela GRI-GM13. Os resultados dos ensaios de rasgo e punção também corroboram com os resultados de tração, pois demonstram um bom comportamento do material, com valores acima do mínimo recomendado pela norma de referência.

Conclusões

A amostra de geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD) exumada de uma lagoa de chorume após 5 anos e 2 meses de uso foi analisada quanto as suas propriedades físicas e mecânicas. Pode-se concluir que a amostra avaliada apresentou um bom comportamento diante da exposição sofrida durante o seu período de uso, sem indícios de mudança de comportamento do polímero, já que os valores obtidos nos ensaios superam os valores mínimos requisitados pela norma GRI-GM13.

Referências Bibliográficas

- American society for testing and materials. ASTM D5199: Standard Test Method for Measuring the Nominal Thickness of Geosynthetic, 2019.
- American society for testing and materials. ASTM D792: Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement, 2013.
- American society for testing and materials. ASTM D6693: Standard Test Method for Determining Tensile Properties of Nonreinforced Polyethylene and Nonreinforced Flexible Polypropylene Geomembranes, 2015.
- American society for testing and materials. ASTM D1004: Standard Test Method for Tear Resistance (Graves Tear) of Plastic Film and Sheeting, 2013.
- American society for testing and materials. ASTM D1238: Standard Test Methods for Melt Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer, 2013.
- American society for testing and materials. ASTM D4833: Standard Test Methods for Index puncture resistance of geotextiles, geomembranes, 2007.
- American society for testing and materials. ASTM D5593: Standard Test Method for Microscopic Evaluation of the Dispersion of Carbon Black in Polyolefin Geosynthetics, 2016.
- American society for testing and materials. ASTM D1603: Standard Test Method for Carbon Black Content in Olefin Plastics, 2014.
- Bueno, B.S. (2003). Propriedades, Especificações e Ensaios. IV Simpósio Brasileiro de Geossintéticos.
- Greenwood, J. H.; Schroeder, H. F.; Voskamp, W. (2012) *Durability of Geosynthetics*; CUR Building and Infrastructure, Rotterdam.
- Lavoie, F.L.; Coelho, M.F.L.. (2018). Geomembranas e suas Principais Aplicações. *Revista Fundações e Obras Geotécnicas*, **93**, 28-32.
- Safari, e.; Rowe, r. k.; Markle, J. (2011). Antioxidants in an HDPE Geomembrane Used in a Bottom liner and Cover in a PCB Containment Landfill for 25 years. Pan Am CGS Geotechnical Conference, Toronto, Canada.
- Test methods, test properties and testing frequency for high density polyethylene (HDPE) smooth and textured geomembranes SM. GRI—GM13 Standard Specification. Geosynthetic Institute, 2019.