



## ANAIS DO 15º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

4 e 5 de junho de 2018 - São Paulo / SP

### PRODUTOS DE ALTO DESEMPENHO EM IMPERMEABILIZAÇÕES DE BAIXA INCLINAÇÃO

#### **ZACARIAS, Felix**

Engenheiro de aplicações  
ExxonMobil Chemical Company  
Houston, TX (EUA)  
[felix.zacarias@exxonmobil.com](mailto:felix.zacarias@exxonmobil.com)

#### **REIS, Tércio**

Engenheiro de aplicações  
ExxonMobil Química Ltda.  
São Paulo, SP  
[terbio@exxonmobil.com](mailto:terbio@exxonmobil.com)

#### **NEGRINI, Patricia**

Engenheiro de aplicações  
ExxonMobil Química Ltda.  
São Paulo, SP  
[patricia.negrini@exxonmobil.com](mailto:patricia.negrini@exxonmobil.com)

#### **ARYS, Thomas**

Engenheiro de mercado  
ExxonMobil Química Ltda.  
São Paulo, SP  
[thomas.arys@exxonmobil.com](mailto:thomas.arys@exxonmobil.com)

#### **RESUMO**

Este trabalho apresenta um estudo sobre soluções poliméricas baseadas em asfalto modificado para coberturas de baixa inclinação. Ilustra como novos produtos de alto desempenho podem criar oportunidades para melhorar o desempenho das mantas, facilitar a instalação ou como otimizar os custos da matéria-prima. Primeiramente, são apresentadas soluções usando uma nova gama de elastômeros muito flexíveis, polímeros de alto desempenho, os quais trazem novas possibilidades em mantas de poliolefinas termoplásticas (TPO), incluindo melhor resistência na solda, maior flexibilidade e excelente resistência à delaminação. Eles também são usados como modificadores em mantas asfálticas melhorando o desempenho em comparação com modificadores convencionais. Isso pode criar oportunidades de diminuir os custos da mistura total usando níveis mais baixos de modificador de polímero. Além disso, esses polímeros elastoméricos de alto desempenho também podem ajudar a melhorar a dispersão das cargas, otimizando a viscosidade da mistura e aumentando a flexibilidade em baixas temperaturas. Por fim, o artigo discute o uso da borracha EPDM (Etileno-Propileno-Dieno-Monômero) de alto desempenho para mantas de impermeabilização, permitindo desenvolver grades especificamente adaptados para folhas de cobertura.

#### **Palavras-chave**

Elastômero poliolefínico flexível; mantas de poliolefinas termoplásticas (TPO); mantas asfálticas; mantas de borracha EPDM

## 1. Introdução

As classificações típicas das coberturas são baseadas na inclinação da cobertura e no material utilizado para a impermeabilização. De acordo com a inclinação as classificações são: coberturas planas, de baixa inclinação, coberturas convencionais e íngremes. A inclinação da cobertura irá definir quais técnicas de impermeabilização são mais adequadas, coberturas íngremes usam telhas, azulejos, placas de metal, folhas de PVC ou policarbonato ou placas de fibra de cimento. Em coberturas planas ou de baixa inclinação são empregados materiais multicamada a base de asfalto ou de camada única como mantas asfálticas ou poliméricas. Este artigo aborda soluções para coberturas de baixa inclinação, conforme figura 1.

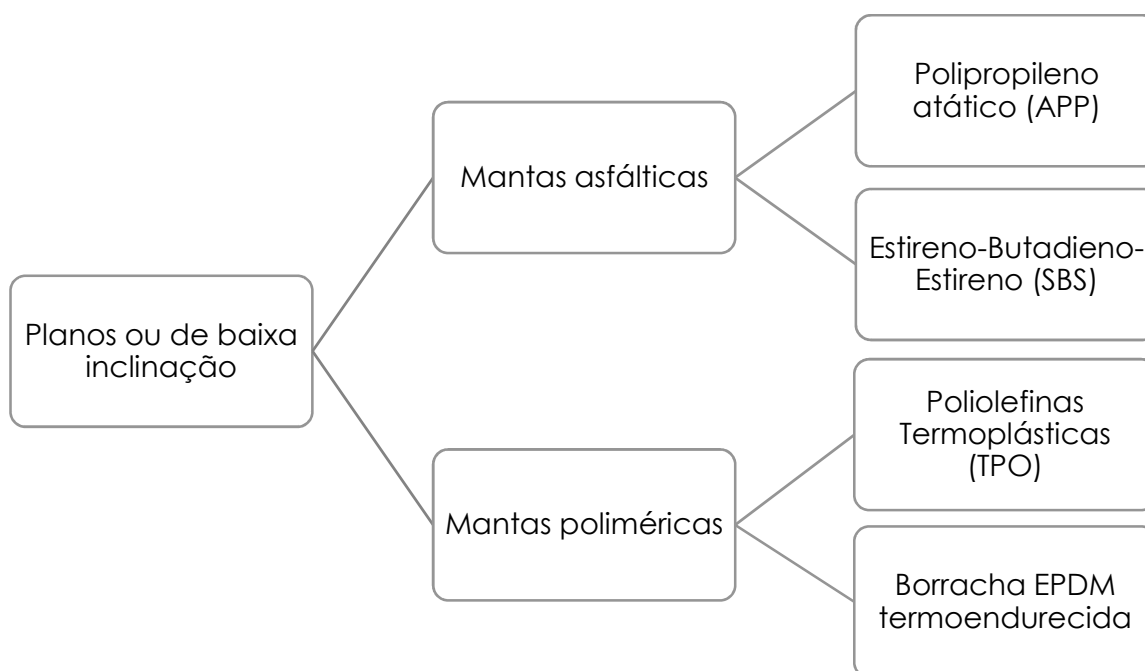


Figura 1 - Visão geral das mantas de impermeabilização sujeitas a este trabalho

## 2. Mantas asfálticas à base de asfalto modificado

Os componentes de uma manta asfálticas genérica são asfalto, enchimento, óleo, modificador e outros polímeros (estes são em muitos casos, polímeros reciclados de baixo custo). As formulações típicas de partida estão ilustradas na tabela 1.

Tabela 1 – Formulações genéricas para mantas asfálticas à base de asfalto modificado

Componentes	APP modificado	SBS modificado
Asfalto	40-60%	60-70%
Modificador	5-20%	5-15%
Outros polímeros	15-0%	0%
Enchimentos	0-20%	0-20%
Óleo	5%	5%

- As cargas de asfalto variam de 40% a 60% do total da mistura. A dureza do asfalto varia de região para região, dependendo do fornecimento de petróleo bruto. Um asfalto de dureza mais alta irá resultar em uma membrana mais rígida em níveis semelhantes ao de modificador.
- A carga é tipicamente  $\text{CaCO}_3$  como enchimento de baixo custo, além de em alguns casos, um retardador de chama é adicionado (tipicamente  $\text{Mg(OH)}_2$  em masterbatch).
- O óleo é adicionado para diminuir a viscosidade para um processamento mais fácil.
- O modificador é adicionado para melhorar as propriedades físicas da membrana final, mas também para controlar a viscosidade do composto. Os modificadores mais comuns são APP ou SBS, mas outros polímeros flexíveis também podem ser usados.

O principal critério de desempenho é a flexibilidade da manta. Isto é importante não só para a instalação (a manta precisa ser fácil de rolar pela cobertura), mas também para suportar tensões mecânicas que ele está sujeito durante a vida útil (tensões causadas pelo vento, movimento do edifício e expansão térmica). Neste estudo, esses critérios são medidos por flexibilidade a baixa temperatura (até  $-40^\circ\text{C}$ ) e tensão de deformação.

Outros parâmetros importantes da manta são: a dureza (que neste estudo foi medida pelo teste de penetração da agulha a  $25^\circ\text{C}$ ), o teste do ponto de amolecimento do indica a consistência do composto a altas temperaturas, um parâmetro essencial para uma instalação confiável por tocha e, por fim, a viscosidade composta que também é importante, pois a menor viscosidade ajuda a melhorar o processamento durante a produção de membrana.

Para mantas asfálticas à base de asfalto modificado, as principais vantagens competitivas são o custo e a facilidade de instalação. Para se manter competitivo, há um foco constante na redução dos custos das matérias-primas, aumentando o nível de material de reciclagem de baixo custo e o nível de cargas, diminuindo o nível de modificadores e movendo-se para um tipo de asfalto com maior dureza, casos esses em que os elastômeros muito flexíveis testados neste artigo podem criar novas oportunidades, os quais são citados neste trabalho como “polímeros de alto desempenho”.

Os polímeros de alto desempenho testados neste estudo têm o potencial de substituir a totalidade ou parte dos modificadores utilizados convencionalmente como APP o SBS. Em comparação com formulações típicas modificadas com APP, esses polímeros resultam em produtos com maior flexibilidade e resistência. Em comparação com as formulações modificadas com SBS, propriedades similares da manta podem ser obtidas. Caso o modificador SBS seja totalmente substituído, algumas vezes é necessário um aditivo para compatibilizar os polímeros de alto desempenho com o asfalto. Além disso, eles são altamente amorfos, aceitando cargas de enchimento excepcionalmente altas com excelente dispersão de enchimento. Essas melhorias podem permitir otimizar os custos das formulações, baixando as cargas modificadoras ou aumentando o conteúdo do material de carga ou do material de reciclagem.

Para ilustrar os benefícios que os polímeros de alto desempenho podem criar, este estudo avaliou os principais parâmetros de desempenho para compostos feitos com asfalto AC-5, onde modificadores convencionais são parcialmente substituídos por polímeros de alto desempenho (A, B e C). Os compostos foram feitos misturando quantidades em escala de laboratório e não foram utilizadas cargas e óleo. As formulações modificadoras são mostradas na Tabela 2 e os resultados de desempenho nas Figuras 2 e 3.

Tabela 2 - Formulações modificadoras em asfalto AC-5 testado neste estudo

Compostos APP modificados	Compostos SBS modificados
20% APP	10% SBS 1 (linear)
10% APP com 10% de polímero A	10% SBS 2 (radial)
10% APP com 10% de polímero B	7% SBS 1 com 5% de polímero A
10% APP com 10% de polímero C	5% SBS 1 com 5% de polímero A

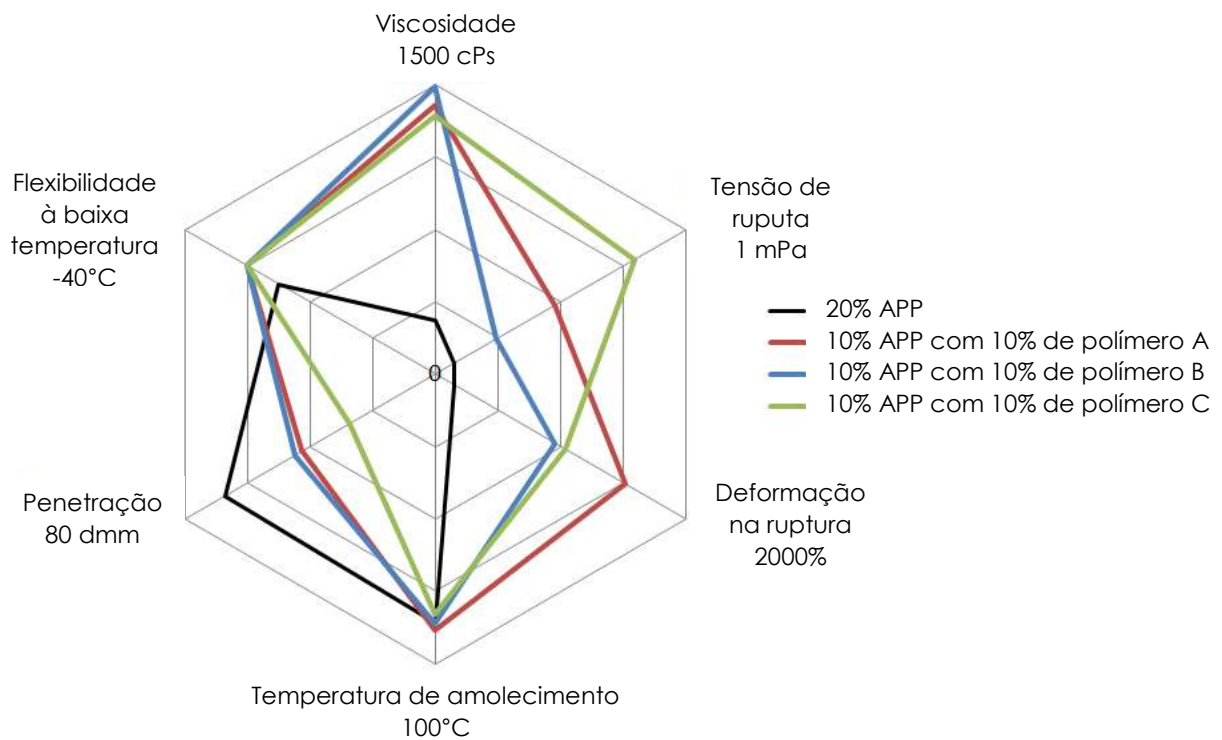


Figura 2 – Modificador APP convencional parcialmente substituído por polímeros de alto desempenho

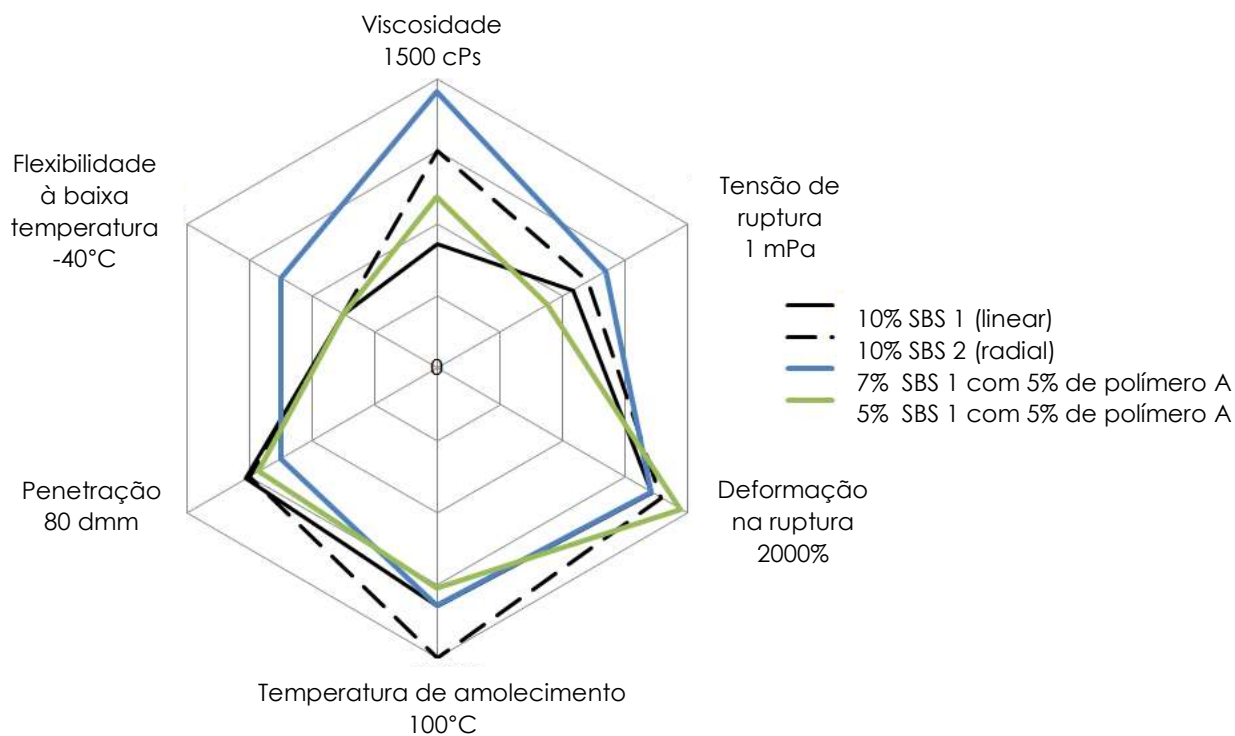


Figura 3 – Modificador SBS convencional parcialmente substituído por polímeros de alto desempenho

Os resultados na Figura 2 mostram que a substituição de 50% do modificador APP pelos polímeros de alto desempenho resultou em melhora significativa das propriedades físicas do composto (maiores resistências à tração), mas também em compostos mais duros (valores de penetração mais baixos). No outro caso (Figura 3), a substituição parcial do SBS pelo polímero de alto desempenho A, configurando a formulação 5% SBS 1 + 5% polímero de alto desempenho A, forneceu propriedades físicas semelhantes às referências do SBS, enquanto que para a formulação 7% SBS 1 + 5% polímero de alto desempenho A, as propriedades foram ligeiramente maiores, oferecendo aumento da flexibilidade a baixa temperatura. Além disso, em ambos os casos, a maior viscosidade das misturas pode melhorar o processamento dos compostos.

Os resultados obtidos com este estudo mostram que é possível utilizar os polímeros de alto desempenho como modificador para otimizar as formulações de mantas asfálticas para alcançar as propriedades abaixo:

- Flexibilidade da manta semelhante usando um nível inferior de modificador
- Folha mais flexível com o mesmo nível de modificador
- Maior concentração de carga, mantendo a flexibilidade
- Melhor dispersão de carga

### 3. Mantas de poliolefinas termoplásticas (TPO)

Os sistemas de coberturas de TPO são usados principalmente para edifícios comerciais com grandes áreas de superfície plana. Eles são amplamente utilizados na América do Norte e na Europa, crescendo rapidamente na China, mas apenas ocasionalmente utilizados na América Latina.

As mantas de TPO tipicamente são estruturas de 3 camadas, constituídas por um tecido ou uma camada revestida em ambos os lados com um composto de polímero. A camada superior, que é muitas vezes de cor branca, é formulada com retardadores de chama como  $Mg(OH)_2$ , estabilizadores de luz ultravioleta (UV), antioxidantes e pigmentos. A camada inferior, muitas vezes de cor preta, é normalmente rica em polímeros. Quando aplicado na cobertura, a camada branca é exposta à luz solar, enquanto que a camada preta que está embaixo da camada branca é anexada a cobertura (tipicamente material de isolamento). Os polímeros utilizados na cobertura de TPO são normalmente materiais com fluxo de fusão apropriado para processamento de extrusão e com módulo intrinsecamente baixo, pois as membranas de cobertura precisam ser enroladas durante o armazenamento e desenroladas durante a instalação.

Os componentes de um composto genérico de polímero TPO são polímeros, retardadores de chamas, estabilizadores de UV e pigmento. A formulação de partida típica é ilustrada na tabela 3.

Tabela 3 – Formulações genéricas para um composto de polímero TPO genérico

Componentes	Porcentual em peso
Polímero	60%
$Mg(OH)_2$ masterbatch	30%
Masterbatch estabilizador UV	5%
Masterbatch de pigmento	5%

Os principais critérios de desempenho para mantas de cobertura TPO são:

- Flexibilidade da manta para fácil instalação e reparo
- Força de solda e fiabilidade para uma longa vida útil
- Janela de solda larga para facilidade de instalação e confiabilidade de solda de costura
- Sem delaminação mesmo após anos de serviço

A nova gama de elastômeros muito flexíveis testados neste estudo podem ser usados como modificador de polímeros de referência de mercado atuais ou podem ser usados em combinação com polipropileno como uma solução alternativa de polímero. Em ambos os casos, oferecem possibilidades para diferenciar o desempenho da membrana.

Para este estudo, várias formulações foram combinadas usando uma extrusora de dupla rosca. As formulações extrudadas para fabricar folhas para ensaios ou espécimes dos compostos foram preparadas por moldagem por compressão com um arrefecimento controlado.

Nesta primeira parte, avaliaram-se os polímeros de alto desempenho como modificador de outro material poliolefinico, aqui descrito como referência de mercado. Os resultados das Figuras 4, 5, 6 e 7 ilustram os benefícios de desempenho

obtidos pela mistura de até 20% de polímeros de alto desempenho A no material de referência de mercado:

- Instalação mais fácil por meio de flexibilidade, melhorando até 30% desta propriedade
- Maior durabilidade aumentando a resistência da costura em até 40% e força de delaminação melhorado em até 20%
- Janela de soldagem expandida em 30°C devido a temperatura de iniciação de soldagem mais baixa

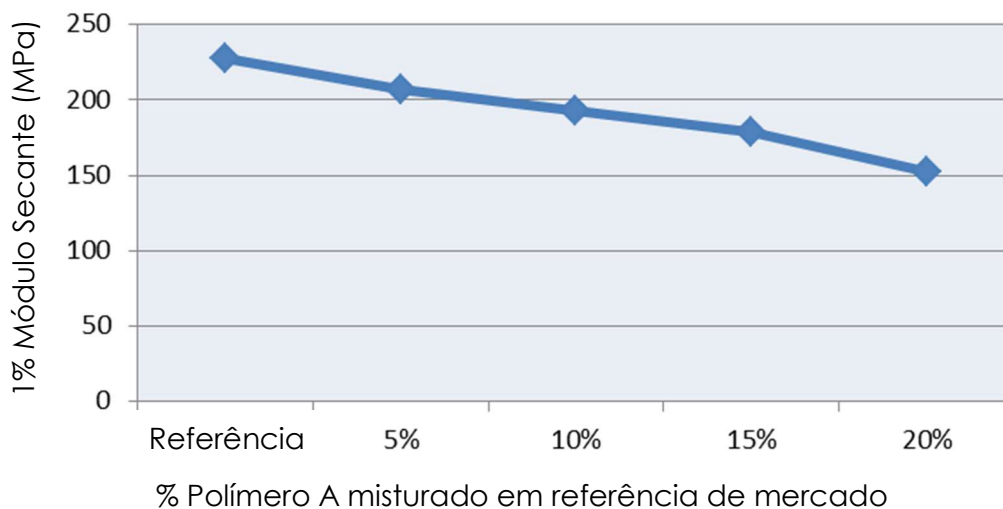


Figura 4 – Dados que ilustram a flexibilidade melhorada ao adicionar o polímero A

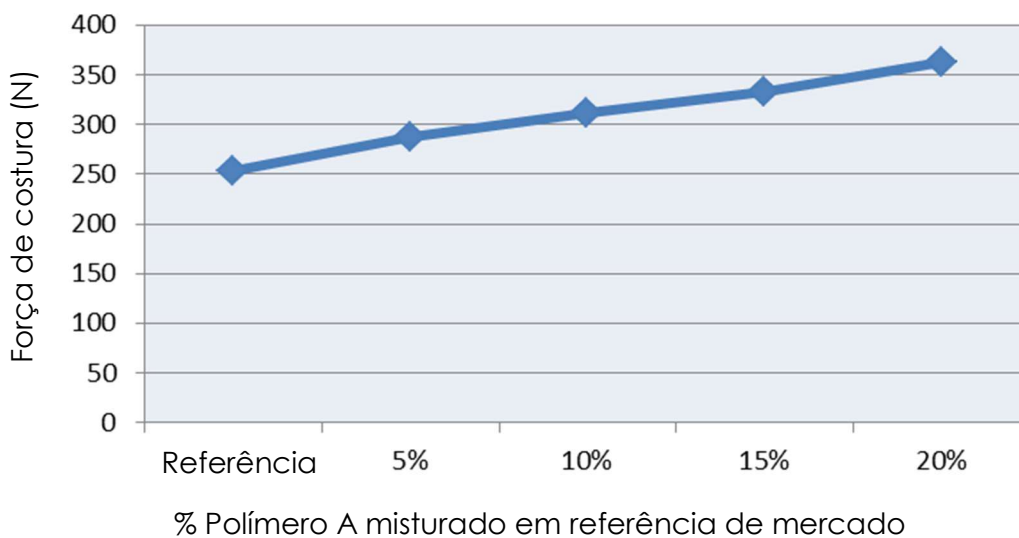


Figura 5 - Dados que ilustram a força de costura melhorada ao adicionar o polímero A



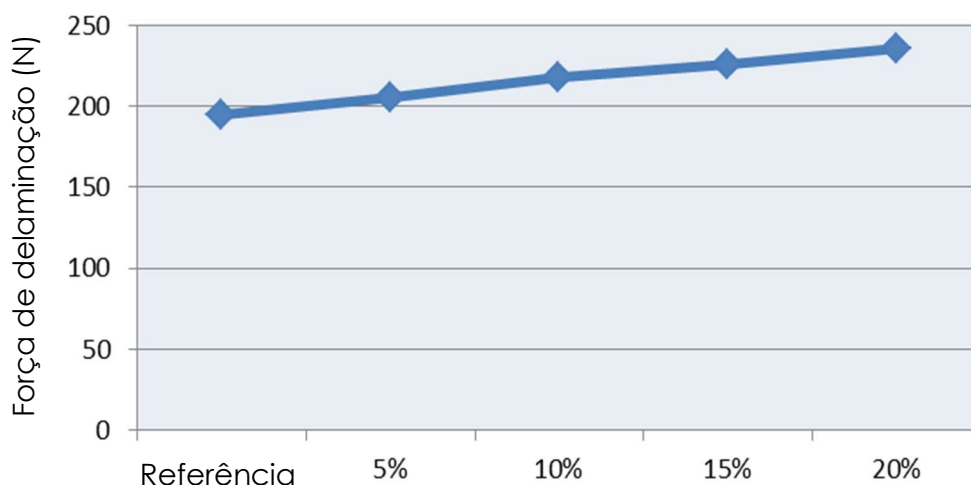


Figura 6 - % Polímero A misturado em referência de mercado

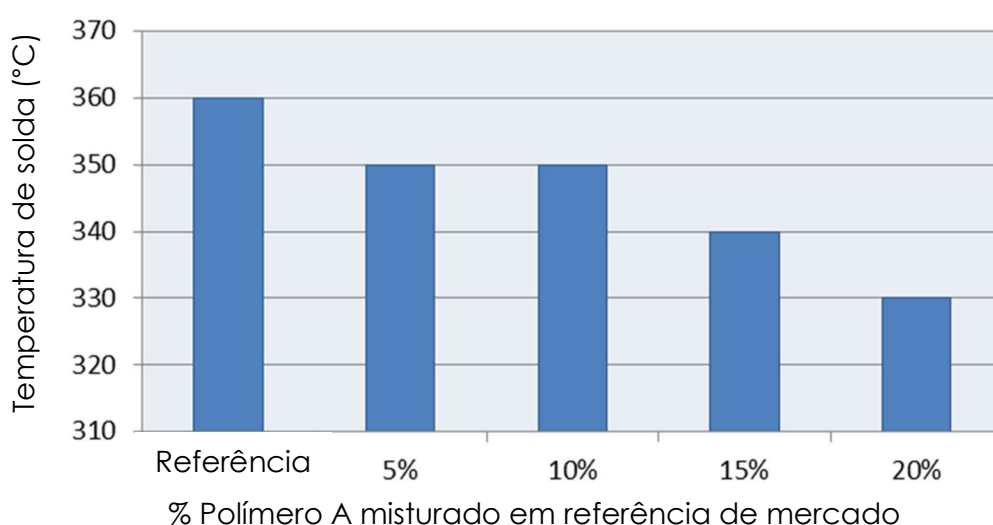


Figura 7 - Dados que ilustram a menor temperatura de soldagem ao adicionar o polímero A

Posteriormente, avaliaram-se as misturas de polímeros de alto desempenho em polipropileno (neste caso, copolímero de impacto ou ICP) como solução alternativa para o atual polímero de referência de mercado (TPO). A tabela 5 ilustra os intervalos de composição da mistura de polímeros e as propriedades-chave dos componentes.

Tabela 5 - Solução de mistura de polímeros de alto desempenho para coberturas de TPO

	Por cento em peso	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	MFR (g/10 min)
Polímero A	70-80%	0.862	3
ExxonMobil ICP	20-30%	0.900	4

Os compostos foram avaliados utilizando a Análise Térmica Mecânica Dinâmica (DMTA) para compreender a flexibilidade na faixa de temperatura de -60°C a 100°C. Usando DMTA, o módulo Elástico (E') foi medido para entender a flexibilidade da mistura: um módulo menor indica maior flexibilidade. Os resultados estão representados na Figura 8 e sugerem que uma mistura usando 30% de ICP no polímero



de alto desempenho A possui propriedades de flexibilidade mais próximas da referência de mercado e ainda oferece os seguintes benefícios:

- Flexibilidade superior à referência do mercado sobre a faixa de temperatura de instalação (normalmente considerada entre -10°C a 30°C) oferecendo uma instalação mais fácil
- Acima das temperaturas da gama de instalação (> 30°C), misturas com mais de 30% de ICP podem ser mais rígidas do que a referência do mercado para ajudar a reduzir as tendências de bloqueio durante o desenrolamento do rolo

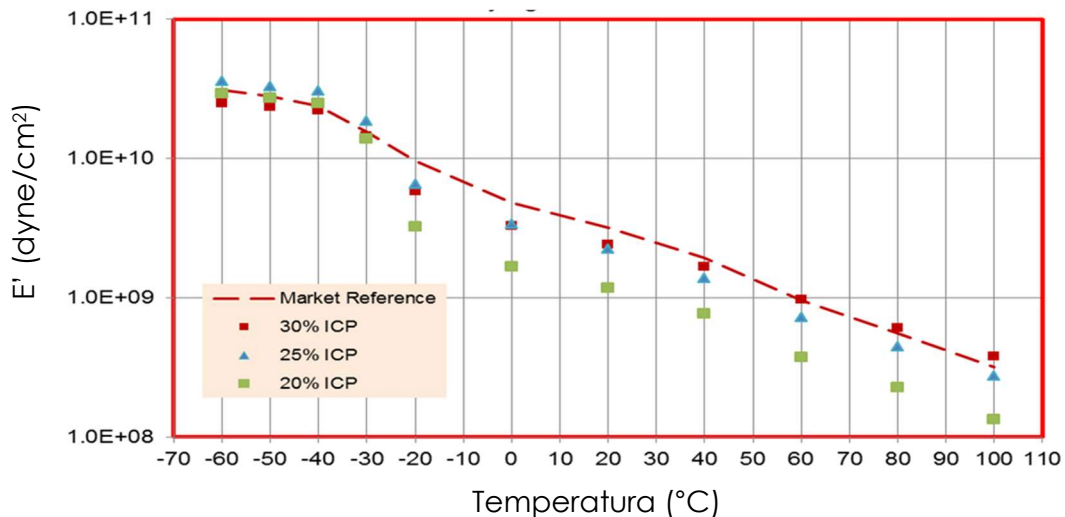


Figura 8 – Dados de análise térmica mecânica dinâmica no polímero A em misturas ICP

Os mesmos compostos também foram testados quanto ao módulo, a tração e o alongamento para ilustrar o potencial das misturas de polímeros de alto desempenho comparando-se a flexibilidade e as propriedades de tração das membranas de cobertura TPO.

A flexibilidade da manta, medida aqui pelo módulo secante de flexão 1%, pode ser adaptada através da variação do conteúdo de ICP na mistura, conforme ilustrado na Figura 9. As misturas de polímeros de alto desempenho permitem membranas muito flexíveis ou mais rígidas.

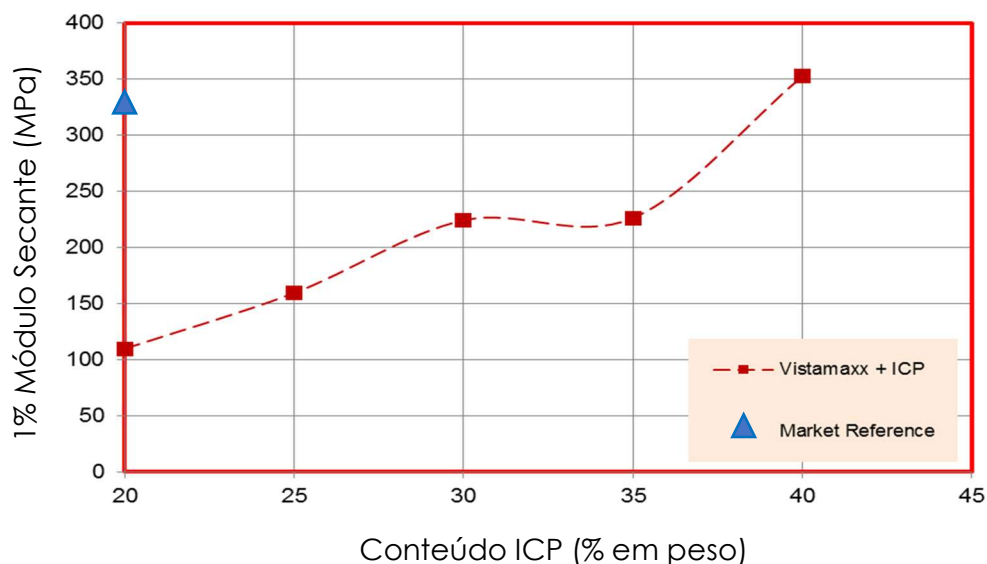


Figura 9 – Adaptando o módulo de flexão das misturas de polímero A e ICP

Os resultados na Figura 10 e 11 mostram as propriedades de tração e alongamento dos compostos testados. Os dados ilustram que a resistência à tração e o alongamento podem ser adaptados através da variação do conteúdo de ICP na mistura: a resistência à tração e o alongamento diminuem com o aumento do conteúdo de ICP.

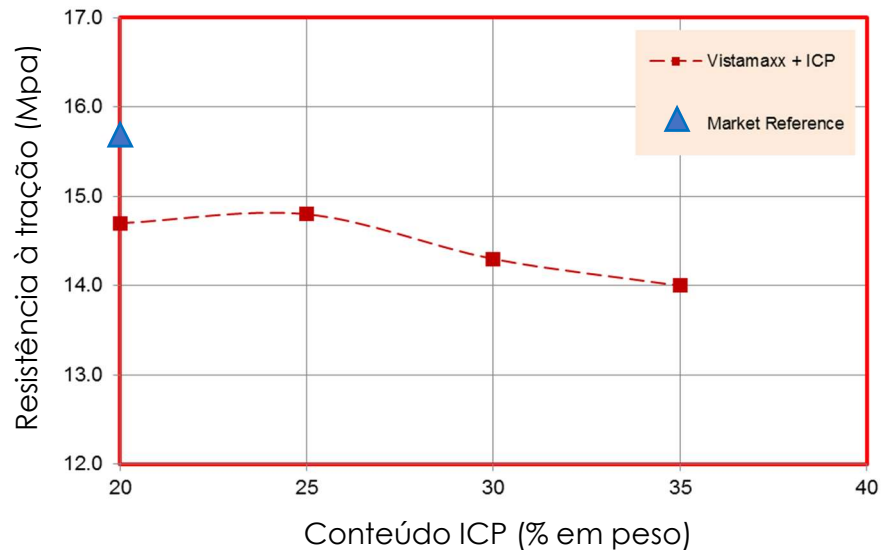


Figura 10 - Adaptando as propriedades de tração das misturas de polímero A e ICP

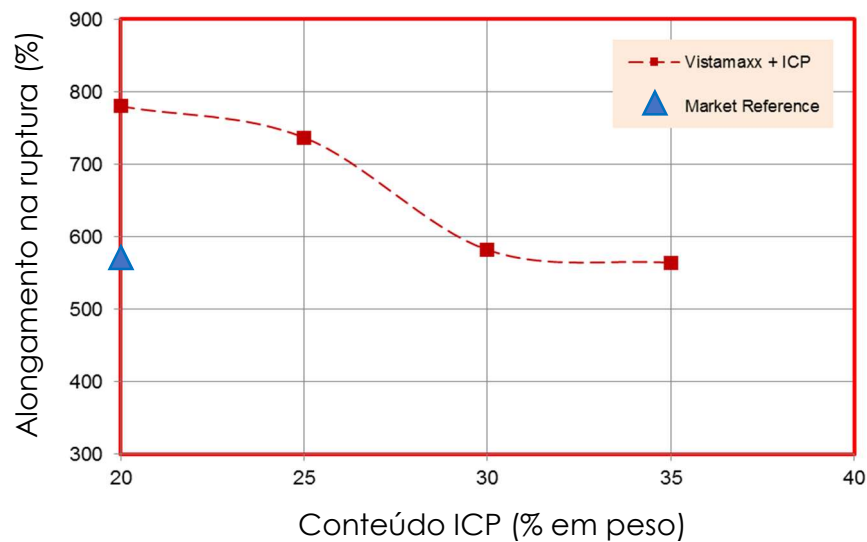


Figura 11 - Adaptando as propriedades de tração das misturas de polímero A e ICP

Os resultados deste estudo mostram grande potencial de aplicação de polímeros de alto desempenho em membranas TPO com as vantagens abaixo:

- Adaptação de propriedades para diferenciação das mantas
- Solução alternativa para os polímeros de referência de mercado

#### 4. Mantas de borracha EPDM

Os materiais de cobertura de EPDM são conhecidos por produzir mantas de cobertura de alta qualidade em termos de durabilidade, flexibilidade e propriedades elásticas. Porém, o processo de instalação é crítico, pois exigem proteção para que se possa caminhar sobre a manta e também um sistema de costura caro. No entanto se bem feito, coberturas EPDM oferecem o melhor desempenho no mercado.

Os componentes de um composto genérico de borracha EPDM para aplicações de cobertura são: borracha EPDM, negro de fumo, carga, óleo e estabilizador de UV. Uma formulação genérica é mostrada na Tabela 4.

Tabela 4 – Formulações genéricas para mantas de borracha EPDM

<b>Componentes</b>	<b>Peças por resina</b>
Borracha EPDM	100
Preto de carbono	95
Argila (carga)	75
Óleo parafínico	60
Ácido esteárico (iniciadores)	2
Óxido de zinco (iniciadores)	4
Agentes de cura	4
Total (ppr)	340

Os principais critérios de desempenho para mantas de borracha EPDM para coberturas são, por um lado, relacionados ao processamento: mistura (aceitação de carga), extrusão e calandragem. Por outro lado, uma boa cura é fundamental para garantir a longa vida útil. Além disso, é necessário um bom equilíbrio entre a aderência e a força nas folhas não curadas. Para atingir esses critérios, são necessários modelos moleculares específicos de EPDM. Com base em anos de experiência na indústria de coberturas 2 grades específicos de borracha de EPDM para cobertura foram desenvolvidos usando sistema de catalisadores únicos (veja a seção de referência para obter mais detalhes sobre a borracha de EPDM de alto desempenho 1 e 2). Eles equilibram viscosidade, propriedades físicas e eficiência de cura melhor do que as referências convencionais do mercado EPDM.

#### 5. Conclusão

Várias soluções para coberturas planas ou de baixa inclinação utilizam polímeros para obter o desempenho necessário para a impermeabilização. Este artigo demonstrou como os novos polímeros e borrachas de alto desempenho citados nas referências de produtos possibilitam a criação de novas oportunidades para melhorar as características das mantas, facilitar a fabricação ou instalação e/ou otimizar a formulação de custos de matérias-primas.

## Referências bibliográficas

Dados realizados através do trabalho de desenvolvimento feito para ExxonMobil Chemical documentado em WOMS 201509.0432, 201510.0208, Cmpd No: ND-2015-23, LSR #44339. Houston, EUA, 2015.

NORDEN, Sascha. Aprimoramentos para mantas de poliolefinas termoplásticas (TPO) através de soluções de mistura de polímero, apresentação apresentada pela ExxonMobil Chemical na Conferência de membranas impermeáveis, AMI EMEAF, 2015.

Webiste da ExxonMobil Chemical: <https://www.exxonmobilchemical.com/en>

- Vistamaxx™ polímeros de alto desempenho citados neste trabalho como “polímeros de alto desempenho”:  
<https://www.exxonmobilchemical.com/en/products-and-services/polymer-modifiers/vistamaxx-performance-polymers>
- Borracha de EPDM de alto desempenho Vistalon™ citado neste trabalho como “borracha de EPDM de alto desempenho”:  
<https://www.exxonmobilchemical.com/en/products-and-services/epdm-rubber>
  - Formulação genérica usando Vistalon™ 3702 para membrana de cobertura de borracha EPDM - 70 Shore A:  
[https://www.exxonmobilchemical.com/~media/chemicals/kl-media-assets/2017/07/21/07/32/vistalon\\_epdm\\_3702\\_roof\\_sheeting\\_membrane\\_70a\\_enpdf.pdf](https://www.exxonmobilchemical.com/~media/chemicals/kl-media-assets/2017/07/21/07/32/vistalon_epdm_3702_roof_sheeting_membrane_70a_enpdf.pdf)
  - Formulação genérica usando Vistalon™ 9301 para membrana de cobertura de borracha EPDM - 65 Shore A:  
[https://www.exxonmobilchemical.com/~media/chemicals/kl-media-assets/2017/07/21/07/30/vistalon\\_epdm\\_9301\\_roof\\_sheeting\\_membrane\\_65a\\_enpdf.pdf](https://www.exxonmobilchemical.com/~media/chemicals/kl-media-assets/2017/07/21/07/30/vistalon_epdm_9301_roof_sheeting_membrane_65a_enpdf.pdf)

BOWNE, Thomas R. Freedonia: Industry Study #3167 World Roofing, p. 36-81, 2014.

## Referências de produtos de alto desempenho no artigo

Referência no artigo	Nome comercial
Polímero de alto desempenho A	Vistamaxx™ 6102
Polímero de alto desempenho B	Vistamaxx™ 6202
Polímero de alto desempenho C	Vistamaxx™ 3020
Borracha de EPDM de alto desempenho 1	Vistalon™ 3702
Borracha de EPDM de alto desempenho 2	Vistalon™ 9301

## Métodos de teste

Teste	Unidade	Método
Índice de fluidez (MFR) (230dC/2.16kg)	g/10min	ASTM D1238
Densidade	g/cm <sup>3</sup>	ASTM D1505
Flexibilidade à baixa temperatura	°C	ASTM 5147 modificado
Penetração	dmm	ASTM D5
Viscosidade	cPs	ASTM D 4402

Tensão de ruptura	MPa	ASTM D638
Deformação na ruptura	%	ASTM D638
Temperatura de amolecimento	°C	ASTM D36
1% Módulo Secante (Flexão)	MPa	ASTM D790
1% Módulo Secante (Tensão)	MPa	ASTM D638
Força de costura	N	ASTM D 751 modificado
Força de delaminação	N	ASTM D 413
Módulo elástico, E'	Dyne/cm <sup>2</sup>	Método ExxonMobil
Resistência à tração	MPa	ASTM D638
Alongamento na ruptura	%	ASTM D638



Instituto de  
Impermeabilização

<http://ibibrasil.org.br/>