

# FGI 1120: Especificação de Materiais Para Geomembranas de PVC<sup>1,2,3,4,5\*</sup>



(\*Ver notas sobre esta especificação no Anexo A)

**Data efetiva: 1º de Setembro de 2019**  
**Revisado 1º de Janeiro de 2020**

Propriedades Certificadas <sup>6,7</sup>	ASTM	PVC 10	PVC 20	PVC 30	PVC 40	PVC 50	PVC 60
Espessura média mm [mil] <sup>6,7,8,9</sup>	<a href="#">D-5199</a> - Procedimento B	0,25±0,013 mm [10 ± 0,5 mil]	0,51±0,03mm [20 ± 1 mil]	0,76±0,04 mm [30 ± 1.5 mil]	1,02±0,05 mm [40 ± 2 mil]	1,27±0,06 mm [50 ± 2,5 mil]	1,52±0,08 mm [60 ± 3 mil]
Propriedades de Tração <sup>6,7,8</sup>	<a href="#">D-882</a> - Mínimo (Long. e Transv.)						
Força de Tração na Ruptura		4,2 kN/m 24 lbs/pol	48 lbs/pol 8,4 kN/m	73 lbs/pol 12,8 kN/m	97 lbs/pol 17,0 kN/m	116 lbs/pol 20,3 kN/m	137 lbs/pol 24,0 kN/m
Alongamento na Ruptura		250%	360%	380%	430%	430%	450%
Força de Tração à 100% de Alongamento		1,8 kN/m 10 lbs/pol	3,6 kN/m 20 lbs/pol	5,4 kN/m 30 lbs/pol	7,2 kN/m 40 lbs/pol	9,0 kN/m 50 lbs/pol	10,8 kN/m 60 lbs/pol
Média do Módulo na Ruptura		16.800 kN/m <sup>2</sup> 2.400 lbs/pol <sup>2</sup>	16.470 kN/m <sup>2</sup> 2.400 lbs/pol <sup>2</sup>	16.470 kN/m <sup>2</sup> 2.400 lbs/pol <sup>2</sup>	16.470 kN/m <sup>2</sup> 2.400 lbs/pol <sup>2</sup>	16.470 kN/m <sup>2</sup> 2.400 lbs/pol <sup>2</sup>	16.470 kN/m <sup>2</sup> 2.400 lbs/pol <sup>2</sup>
Média do Módulo à 100 % do Alongamento		6.895 kN/m <sup>2</sup> 1.000 lbs/pol <sup>2</sup>	6.895 kN/m <sup>2</sup> 1.000 lbs/pol <sup>2</sup>	6.895 kN/m <sup>2</sup> 1.000 lbs/pol <sup>2</sup>	6.895 kN/m <sup>2</sup> 1.000 lbs/pol <sup>2</sup>	6.895 kN/m <sup>2</sup> 1.000 lbs/pol <sup>2</sup>	6.895 kN/m <sup>2</sup> 1.000 lbs/pol <sup>2</sup>
Resistência ao Rasgo <sup>6,7,8</sup>	<a href="#">D-1004</a> - (Long. e Transv.) Min	11 N 2,5 lbs	27 N 6,0 lbs	35 N 8,0 lbs	44 N 10,0 lbs	58 N 13,0 lbs	67 N 15,0 lbs
Estabilidade Dimensional <sup>6,7,10</sup>	<a href="#">D-1204</a> - Variação Máxima (Long. e Transv.)	4%	4%	3%	3%	3%	3%
Resistência ao Impacto à Baixa Temperatura <sup>6,7,11,12</sup>	<a href="#">D-1790</a> - Mínimo de 50% das amostras passam	-10° F -23° C	-15° F -26° C	-20° F -29° C	-20° F -29° C	-20° F -29° C	-20° F -29° C
Curvatura ou Planicidade da bobina manufacturada, Máximo Desvio permitido entre duas (2) leituras <sup>6,7,8, 23</sup>	<a href="#">Ensaio de Circunferência FGI</a> – ver Anexo C	Diferença Máxima de Circunferência ao longo da largura da bobina < 25 mm (1,0 pol.) e Diferença Máxima entre extremos da bobina (arco) < 11 mm (0.43 pol.)					

Propriedades- índice <sup>7,13</sup>	ASTM	PVC 10	PVC 20	PVC 30	PVC 40	PVC 50	PVC 60
Densidade Específica <sup>7,13</sup>	<a href="#">D-792</a> - Típico	1,2 g/cm <sup>3</sup>					
Extração em água Perda Percentual (máxima) <sup>7,13</sup>	<a href="#">D-1239</a> - Perda Máxima	0,25%	0,25%	0,25%	0,30%	0,30%	0,30%
Média Ponderada do Peso Molecular de Mistura de Plasticantes à base de Ftalatos <sup>7,13,14, 15, 16, 20</sup>	<a href="#">D-2124</a> - Mínimo	400 g/mol					
Percentual de Perda de Voláteis <sup>7,13</sup>	<a href="#">D-1203</a> - Máximo	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
Exposição Biológica em Solo <sup>7,13,17, 22</sup> Força de Tração na Ruptura (95%),  Alongamento na Ruptura (80%), e  Força de Tração à 100% de Alongamento (80%)	<a href="#">G160</a> - Valores Mínimos	4,0 kN/m 22,8 lbs/pol	8,0 kN/m 45,6 lbs/pol	12,2 kN/m 69,4 lbs/pol	16,2 kN/m 92,2 lbs/pol	19,3 kN/m 110,2 lbs/pol	22,8 kN/m 130,2 lbs/pol
Resistência Hidrostática <sup>7,13</sup>	<a href="#">D-751</a> - Min	42 psi 290 kPa	68 psi 470 kPa	100 psi 690 kPa	120 psi 830 kPa	150 psi 1.030 kPa	180 psi 1.240 kPa
Desvio de Cor dentro de um Lote de Fabricação <sup>7,13,18, 21</sup>	<a href="#">E1164- e E308</a>	Delta E menor que 2,0					
Brilho de Filme, máximo brilho a ângulo de 60° para superfície lisa e gravada	<a href="#">D2457</a> - Máximo	50 (face lisa) / 15 (face gravada)					
Dureza Shore <sup>7,13,19</sup>	<a href="#">D2240</a> - - <a href="#">Durômetro A</a>	Delta ± 3					
<b>Resistências de Solda<sup>8</sup></b>	<b>ASTM</b>	<b>PVC 10</b>	<b>PVC 20</b>	<b>PVC 30</b>	<b>PVC 40</b>	<b>PVC 50</b>	<b>PVC 60</b>
Resistência ao Cisalhamento de Solda <sup>8</sup>	<a href="#">D-7408</a> - Min	3,5 kN/m 20,0 lbs/pol	6,7 kN/m 38,4 lbs/pol	10,0 kN/m 58,4 lbs/pol	14,0 kN/m 77,6 lbs/pol	16,0 kN/m 92,8 lbs/pol	20,0 kN/m 109,6 lbs/pol
Resistência ao Descolamento de Solda a 50 mm./min <sup>8</sup>	<a href="#">D-7408</a> - Min	1,8 kN/m 10,0 lbs/pol	2,2 kN/m 12,5 lbs/pol	2,6 kN/m 15,0 lbs/pol	2,6 kN/m 15,0 lbs/pol	2,6 kN/m 15,0 lbs/pol	2,6 kN/m 15,0 lbs/pol
Resistência ao Descolamento de Solda a 500 mm./min <sup>8</sup>	<a href="#">D-7408</a> - Min	1,8 kN/m 10,0 lbs/pol	2,2 kN/m 15,0 lbs/pol	3,1 kN/m 18,0 lbs/pol	3,1 kN/m 18,0 lbs/pol	3,1 kN/m 18,0 lbs/pol	3,1 kN/m 18,0 lbs/pol

## \*Notas:

1. Esta Especificação de Material FGI para Novas Geomembranas de PVC substitui a revisão da Especificação de PVC FGI datada de 1º de janeiro de 2017 (FGI 1117).
2. Uma nova geomembrana de PVC pode conter material retrabalhado. Material de retrabalho é definido como: material de produto similar com processo de fabricação interna, mas não após uso em campo/externo. O fabricante deverá manter a formulação da geomembrana incluindo a quantidade de material retrabalhado que foi incluído na formulação caso o cliente solicite esta informação.
3. O material de retrabalho não inclui qualquer geomembrana de PVC que tenha sido usada fora do processo de fabricação para qualquer aplicação.
4. O material de retrabalho é definido na ASTM D883 e é considerado sucata do processo do fabricante.
5. Recomenda-se que as geomembranas de PVC não sejam manuseadas ou instaladas em temperaturas frias abaixo de 5°C/40°F. Se uma geomembrana de PVC precisa ser instalada em temperaturas abaixo de 5°C/40°F, o instalador deve enviar um plano de trabalho para tempo frio para aprovação do fabricante e/ou produtor da geomembrana modulada.
6. As propriedades certificadas são testadas por lote, conforme especificado no Anexo A (veja abaixo) da revisão da Especificação de PVC da FGI datada de 1º de setembro de 2019.
7. Modificações ou detalhes adicionais dos ensaios estão descritos no Anexo B (veja abaixo) da revisão da Especificação de PVC da FGI datada de 1º de setembro de 2019.
8. Os valores métricos são convertidos dos valores dos EUA e arredondados para os dígitos significativos disponíveis.
9. A espessura sob D5199 não variará mais do que  $\pm 5\%$ . As melhores práticas exigem um scanner online.
10. Os corpos de prova do ensaio de estabilidade dimensional devem ser expostos a 100°C por 15 minutos antes da medição do corpo de prova exposto.
11. O grupo considerou o teste de flexão a frio pela ASTM D2136, mas optou pelo ensaio de impacto ao frio ASTM D1790 porque este é mais severo para avaliar o comportamento à baixa temperatura.
12. Para climas quentes e áridos (onde a temperatura do filme for maior ou igual a 50°C ou 120°F e precipitação de chuva inferior a 250 mm ou 10 polegadas anualmente) as temperaturas aprovadas para o teste de impacto à baixa temperatura são -17°C para PVC 20 e -20°C para todas as outras espessuras. Para áreas em que ocorrem temperaturas inferiores a -20°C (ambiente típico), a geomembrana de PVC deve passar no Teste de Impacto a -29°C para espessuras de 0,76; 1,02; 1,27 e 1,52 mm. Caso o destino do produto não seja conhecido, a geomembrana de PVC deverá passar no Teste de Impacto a -29°C para espessuras de 0,76; 1,02; 1,27 e 1,52 mm.
13. As propriedades-índice são testadas uma vez por formulação conforme especificado no Anexo A (veja abaixo) da revisão da especificação FGI PVC datada de 1º de setembro de 2019.
14. Estes requisitos para peso molecular médio de plastificante referem-se a formulações que utilizam plastificantes de Ftalato.
15. Este método não determina um dos principais plastificantes secundários utilizados em filmes flexíveis de PVC, o óleo de soja epoxidado (OSE). O ponto importante é o peso molecular muito alto que esse plastificante possui, podendo assim aumentar o valor da média.
16. Para climas áridos (temperaturas do filme maior ou igual a 50°C ou 120°F e precipitação de chuva inferior a 250 mm ou 10 polegadas anuais), utilizar um peso molecular ponderado médio do plastificante com um valor mínimo de 410 gramas/mol.
17. A amostra do ensaio de Exposição Biológica em Solo não necessita ser submetida a condicionamento ou exposição a UV antes de realizar este ensaio.
18. A especificação de cor deve ser acordada entre o fabricante e o cliente para alcançar a uniformidade de cor desejada ou conforme especificado pelo cliente.

19. O fabricante deve especificar a Dureza Shore para o lote de fabricação da geomembrana e os resultados do ensaio utilizando D2240 devem ser  $\pm 3$  do valor especificado pelo fabricante.
20. Se a aplicação da geomembrana for para água potável, favo utilizar a certificação NSF-61 da National Sanitation Foundation (NSF) dos EUA ou outra certificação semelhante.
21. Os requisitos de desvio de cor desta especificação devem ser atendidos, a menos que especificado de forma diferente pelo cliente.
22. Valores mínimos de Exposição Biológica em Solo para: (1) Força de tração na ruptura corresponde a 95% da força de tração na ruptura não enterrada em solo, (2) Alongamento na ruptura corresponde a 80% da força de tração na ruptura não enterrada, e (3) Força de tração em 100% de alongamento corresponde a 80% da força de tração na ruptura não enterrada.
23. Esta especificação de curvatura ou layflat de um rolo fabricado deve ser especificada pelo cliente, por exemplo, o número de pontos medidos, ou atender à Circunferência Máxima e às Diferenças Máximas de Curvatura recomendadas nesta especificação.

## **Anexo A - FGI 1120-Geomembranas de PVC**

### **FREQUÊNCIA DE ENSAIOS DE PRODUÇÃO**

#### **Propriedades Certificadas**

As propriedades de ensaio certificadas são ensaiadas com base em uma quantidade de material produzido. As propriedades certificadas são ensaiadas uma vez por lote ou uma vez a cada 18.000 kg (40.000 lbs) de material, o que for mais frequente. As propriedades de certificação incluem espessura, força de tração na ruptura, alongamento na ruptura, módulo à 100% de deformação, resistência ao rasgo, estabilidade dimensional, curvatura ou planicidade (veja a nota a seguir sobre frequência), e resistência ao impacto à baixa temperatura. A espessura deve ser testada uma vez por rolo, a menos que equipamento automático de medição de espessura esteja instalado no equipamento de produção. Relatórios de ensaios certificados (Certificados Mill) para as propriedades ensaiadas devem ser fornecidos com cada pedido mediante solicitação. Curvatura ou planicidade devem ser verificados pelo menos a cada 2.288 metros (2.500 jardas), a cada duas (2) horas de fabricação ou o que for mais frequente.

#### **Propriedades-Índices**

Ensaio que são realizados durante a preparação e aprovação de uma formulação de geomembrana. Os ensaios são realizados na formulação final de produção de uma geomembrana. As propriedades índice incluem densidade específica, extração de água, perda volátil, resistência hidrostática, peso molecular médio de plastificante, alteração na cor, brilho, dureza Shore e Exposição Biológica em Solos. Uma declaração certificada dos resultados dos ensaios para a formulação deverá ser disponibilizada ao cliente mediante solicitação.

# Anexo B - Geomembranas FGI 1120-PVC

## ESCLARECIMENTOS E DETALHES DOS ENSAIOS

### Geral:

- Quando ambos os valores métricos e americanos são mostrados, o valor para aceitação será o valor dos EUA. Os valores métricos são conversões e podem conter erros de arredondamento.

### ASTM D5199: Medindo a Espessura Nominal de Geossintéticos

- Unidades americanas de milésimos de polegada (0,001 polegadas = 1 mil)
- Unidade métrica de milímetros de espessura (mm)
- Além das medições de espessura em amostras conforme exigido pela ASTM D5199, durante a fabricação, a espessura deve ser medida na direção da máquina a cada 30 m (100 pés) e continuamente na direção transversal por algum meio.

### ASTM D882: Propriedades de Tração de Filmes Plásticos Finos

- Use o Método A
- O método ASTM D882 pode ser utilizado para filmes de PVC de até 1,5 mm (60 mil) de espessura
- As unidades estão em libras de força por polegada de largura (lbs/pol) para força de tração na ruptura e força de tração a 100% de alongamento.
- Para módulo na ruptura e módulo a 100% do alongamento, as unidades são lbs/pol<sup>2</sup>
- As unidades métricas são kiloNewtons por metro de largura (kN/m) ou Newtons por milímetro de largura (N/mm), que são unidades equivalentes para força de tração na ruptura e a 100% de alongamento.

### ASTM D1004: Resistência Inicial ao Rasgo de Filme Plástico e Laminados.

- As unidades estão em libras de força para iniciar o rasgo, utilizando corpo de prova específico (lbs) ou em Newtons (N)

### ASTM D1790: Fragilidade em Baixa Temperatura de Filmes Plásticos por Impacto

- Mais de 50% das amostras devem passar na temperatura especificada

### ASTM G160: Avaliação da Susceptibilidade Microbiana de Materiais Não Metálicos por Enterramento em Solo

- Enterrar a amostra em solo preparado por 30 dias
- Realizar ensaios nas amostras dos laminados
- Medir a mudança máxima nas propriedades conforme mostrado na especificação

### ASTM D1204: Variações Dimensionais Lineares de Filme Termoplástico em Temperatura Elevadas

- Corpos de prova de ensaio a 100°C por 15 minutos
- Medir a alteração percentual em duas dimensões lineares (comprimento e largura)

### ASTM D1203: Perda Volátil de Plásticos Utilizando Métodos de Carvão Ativado

- Use o método A

### ASTM D1239: Resistência de Filmes Plásticos à Extração por Produtos Químicos

- Teste as amostras em água à 50°C (122°F) por vinte e quatro horas
- Medir a variação percentual no peso

### ASTM D751: Métodos de teste para tecidos revestidos

- Para Resistência Hidrostática, use a Seção 33, Procedimento A, "Aplicação de Pressão pelo Testador Hidrostático Tipo Mullen"
- Unidades de pressão em libras por polegada quadrada (psi) ou kiloPascals (kPa)

**ASTM D7408: Especificação Padrão para Soldas de Geomembrana de PVC Não reforçada (Cloreto de Polivinila)**

- Soldas produzidas utilizando métodos químicos, adesivos, solventes e de fusão térmica
- Use corpos de provas de 25,4 mm de largura (1").
- Ensaio de Resistência ao Cisalhamento de Soldas:  
Use uma distância entre garras de 51 mm (2 pol.) mais a largura da solda  
Velocidade de ensaio de 510 mm/min (20 pol/min)
- Ensaio de Resistência ao Descolamento da Solda:  
Posicione as garras a 13 mm (1/2") em cada lado da solda  
Velocidade de ensaio de 51 mm/min (2 pol/min)  
A velocidade de ensaio de 510 mm/min (20 pol/min) também pode ser utilizada.

**ASTM E308: Prática Padrão para Computação de Cores de Objetos Utilizando o Sistema CIE**

- Avaliar o desvio de cor dentro de um lote fabricado.

**ASTM E1164: Prática Padrão para Obtenção de Dados Espectrométricos para Avaliação de Cores de Objetos**

- Avaliar o desvio de cor dentro de um lote fabricado.

**ASTM D2457: Método de Ensaio Padrão para Brilho Especular de Filmes Plásticos e Plásticos Sólidos**

- Avaliação do brilho da geomembrana dentro de um lote fabricado.

**ASTM D2240: Método de Ensaio Padrão para Propriedades de Borracha – Dureza do Durômetro**

- Avaliar a dureza e o toque da geomembrana dentro de um lote fabricado.

## Anexo C - Geomembranas FGI 1120-PVC

### TESTE DE CIRCUNFERÊNCIA FGI

#### Corpo de Prova do Ensaio e frequência de ensaio:

- A bobina completa é medida.
- Em geral, as medições são realizadas em valores métricos. Os valores dos EUA são conversões e podem conter erros de arredondamento.
- Quando ambos os valores métricos e dos EUA são apresentados, o valor para aceitação é o valor dos EUA.
- O Fabricante deverá realizar o Teste de Circunferência a cada 2.288 metros (2.500 jardas), a cada 2 (duas) horas de fabricação ou o que for mais frequente.

#### Equipamento:

- Fita métrica de alfaiate flexível, mas não alongada (veja as fotos das Figuras 1 a 4 abaixo mostram fitas métricas típicas) em unidades americanas ou métricas. (Por exemplo, consulte [https://www.amazon.com/eBoot-Measure-Sewing-Tailor-Ginger/dp/B06XS877YJ/ref=sr\\_1\\_2\\_sspa?ie=UTF8&qid=1542303512&sr=8-2spons&keywords=alfaiates+fita+medida&psc=1&smid=APHB2NWNKDSBL](https://www.amazon.com/eBoot-Measure-Sewing-Tailor-Ginger/dp/B06XS877YJ/ref=sr_1_2_sspa?ie=UTF8&qid=1542303512&sr=8-2spons&keywords=alfaiates+fita+medida&psc=1&smid=APHB2NWNKDSBL)).

#### Método do Ensaio:

- Circunferência: Medição de circunferência em qualquer ponto da bobina
- Diferença de circunferência: Diferença entre medidas de circunferência máxima e mínima
- Diferença de curvatura: Diferença entre medidas de circunferência em extremidades opostas da bobina com 25,4 mm (1") em cada borda.
- De frente para a bobina, comece a medição em uma extremidade da bobina e enrole a fita circular ao redor dela, com o lado centimétrico/milimétrico (não o lado em polegadas) para frente (veja a **Figura 1**).
- Puxe a fita circular firmemente ao redor da bobina, até que a extremidade livre fique alinhada com o início da fita circular e registre a medida em unidades métricas. Consulte os métodos de medição corretos (**Figuras 1 e 2**) e métodos de medição incorretos (**Figuras 3 e 4**).
- Repita este procedimento em toda a largura da bobina no número especificado de pontos ao longo da bobinas (consulte Pontos de Verificação de Inspeção).



Figura 1: Medição Correta



Figura 2: Medição Correta



Figura 3: Medição incorreta porque a fita está torcida.



Figure 4: Medição incorreta porque a fita não está paralela à borda da bobina.

#### Pontos de verificação de inspeção:

- As inspeções de circunferência normalmente consistem em 2, 3, 5 ou 7 verificações ou pontos de medição em uma determinada largura da bobina ao longo de seu comprimento, dependendo da largura do filme. Para geomembranas, sete (7) verificações ou medições devem ser feitas ao longo da largura da bobina em um local específico. Se forem feitas menos medições em uma determinada largura de rolo, elas deverão usar os seguintes locais:
- Verificação de 2 locais: Verificação em cada extremidade.
- Verificação de 3 locais: Verifique a largura do início, meio e fim da bobina.
- Verificação de 5 locais: Verifique no início (dentro de uma polegada (25,4 mm) da borda da bobina), aproximadamente no meio entre o início e o centro, no centro, aproximadamente no meio entre o centro e o final da bobina e no final da bobina.
- Verificação de 7 locais: Verifique no início (dentro de uma polegada (25,4 mm) da borda da bobina) em dois pontos aproximadamente igualmente espaçados entre o início e o centro, no centro, em dois pontos aproximadamente igualmente espaçados entre o centro e o fim, e no fim da da bobina (veja a **Figura 5**).

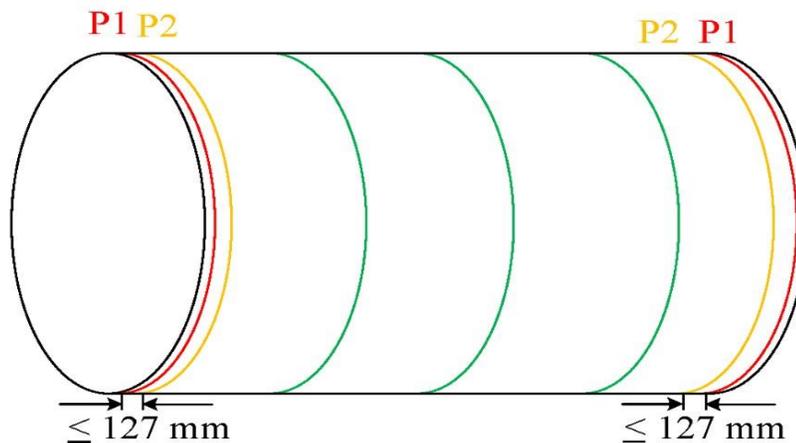


Figura 5: Localização das medições de verificação de 7 locais, incluindo o primeiro (P1) e o segundo (P2) locais de medição nas bordas da bobina.

**Diferença máxima sugerida entre quaisquer duas leituras:**

- Para todos os produtos, as duas primeiras e as duas últimas leituras não devem estar separadas por mais de 127 mm nas bordas da bobina. Por exemplo, a primeira e a última medição devem estar o mais próximo possível da borda em todos os rolos, mas não mais do que 127 mm de distância (ver **Figura 5**).
- Lembre-se de focar nas bordas baixas de todos os produtos.
- Faça o primeiro ponto de medição na borda da bobina (P1) e uma segunda medição a menos de 127 mm de distância em direção ao centro da bobina para o segundo local de medição (P2) (ver **Figura 5**). A diferença entre essas duas circunferências (P1 e P2) deve estar entre -3 mm e +1,0 mm conforme mostrado abaixo na forma de equação:  
$$- 3 \text{ mm} \leq (P1 - P2) \leq + 1,0 \text{ mm}.$$
- O ideal é que a diferença entre estas duas circunferências (P1 e P2) seja de 0 mm.

**Requisitos de relatório:**

- Reportar as medições de circunferências atuais e as diferenças especificadas de circunferência medidas (circunferência e curvatura) arredondando para o milímetro mais próximo.
- O fabricante deve enviar a diferença máxima de circunferência ao longo da largura da bobina e se ela é ou não inferior a 25 mm (1,0 pol.), ou seja, aprovado ou reprovado, para cada bobina enviada conforme exigido acima.
- O fabricante deve enviar a diferença máxima de curvatura, ou seja, diferença de borda a borda de uma bobina e se é ou não inferior a 11 mm (0,43 pol.), ou seja, aprovado ou reprovado, para cada bobina enviada conforme exigido acima.

A Especificação de PVC da FGI (1º de setembro de 2019) foi desenvolvida com a cooperação das empresas membros da FGI para atender aos rigorosos requisitos das aplicações geossintéticas atuais. Para garantir esse nível de qualidade, certifique-se de especificar que sua geomembrana de PVC é produzida e fabricada por um membro da FGI.

**Telefone: 217-333-3929 E-mail: [fabricatedgeomembrane@gmail.com](mailto:fabricatedgeomembrane@gmail.com)  
[www.fabricatedgeomembrane.com](http://www.fabricatedgeomembrane.com)**