**Preparado pelo**

**INTERNATIONAL ASSOCIATION OF GEOSYNTHETIC INSTALLERS**

***ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE INSTALADORES DE GEOSSINTÉTICOS***

**Diretrizes para Instalação de:**

**Especificações para Instalação de Geomembranas de Polietileno de Alta e Baixa densidades**

International Association of Geosynthetic Installers

*8357 North Rampart Range Road, Unit 106*

*PMB # 154*

*Roxborough, CO 80125*

##### *USA*

*Telephone: +1(720) 353-4977*

*Fax: +1 (612) 235-6484*

*Email:iagi@iagi.org*

Revisão, Maio de 2015

**A informação contida neste documento foi composta pela IAGI de acordo com as normas vigentes de controle de qualidade e garantia de qualidade da indústria de geomembrana. A determinação final da adequação de qualquer informação ou material para a utilização prevista e sua forma de uso é de responsabilidade exclusiva do usuário.**

**PARTE 1 - GERAL**

**1.01 Escopo das Diretrizes**

1. Esta especificação inclui o fornecimento e instalação de geomembranas de PEAD e PEBDL, com uma densidade formulada da manta de 0,940 g/cm3 ou maior associada a geomembranas de PEAD e uma densidade formulada da manta de 0,939 ou menos para geomembranas de PEBDL. As geomembranas com duas superfícies lisas e texturizadas estão incluídas.

**1.02 Referências**

1. Associação Americana de Ensaios e Materiais (ASTM):
2. D638, Método de Ensaio Padrão para Propriedades de Tração de Plásticos.
3. D 4439, Terminologia de Geossintéticos.
4. D 751, Métodos de Ensaio Padrão para Tecidos Revestidos.
5. Métodos de Ensaio Padrão para a Densidade e Gravidade Específica (Densidade Relativa) de Plásticos por Deslocamento.
6. D 1004, Método de Ensaio Padrão para Resistência Inicial ao Rasgo de Película e Chapa de Plástico.
7. D 1204, Método de Ensaio Padrão para Alterações Lineares Dimensionais de Chapa ou Filme Termoplástico Não-Rígido em Temperatura Elevada.
8. D 1238, Método de Ensaio Padrão para Taxas de Fluxo de Termoplásticos por Plastômetro de Extrusão
9. D 1505, Método de Ensaio Padrão para a Densidade de Plásticos pela Técnica da Densidade-Gradiente.
10. D 1603, Método de Ensaio Padrão para Teor de Negro-de-Fumo em Plásticos Olefina.
11. D 3895, Método de Ensaio para Tempo de Indução à Oxidação de Poliolefinas por Análise Térmica
12. D 4218, Método de Ensaio para Determinação do Teor De Negro-de-Fumo em Compostos de Polietileno pela Técnica do Forno de Mufla
13. D4437 - 08, Prática Padrão para Ensaios Não-Destrutivos (NDT) para Determinação da Integridade de Soldas Feitas para Unir Mantas Poliméricas de Geomembranas Flexíveis.
14. D 4833, Método de Ensaio para Índice de Resistência à Perfuração de Geotêxteis, Geomembranas e Produtos Correlatos.
15. D 5199, Método de Ensaio Padrão para a Medição da Espessura Nominal de Geomembranas Lisas.
16. D 5397, Método de Ensaio Padrão para Avaliação da Resistência ao Fissuramento sob Tensão de Poliolefinas Utilizando o Ensaio de Tração em Corpo de Prova com Incisão Sob Carga Constante.
17. D 5596, Prática Padrão para Exame Microscópico de Dispersão de Pigmentos em Compostos Plásticos.
18. D 5641, Prática Padrão para Avaliação de Solda de Geomembrana em Câmara de Vácuo.
19. D 5721, Prática para Envelhecimento em Estufa de Geomembranas de Poliolefinas.
20. D 5820, Método de Ensaio para Teste de Ar.
21. D 5885, Método de Ensaio para Tempo de Indução à Oxidação de Geossintéticos de Poliolefinas por Calorimetria com Varredura Diferencial em Alta Pressão.
22. D 5994, Método de Ensaio Padrão para Medição da Espessura Nominal de Geomembranas Texturizadas.
23. D 6365, Prática Padrão para Ensaios Não-Destrutivos de Soldas de Geomembranas Utilizando o Teste de Faísca (Spark Test).
24. D5820-95, Ensaio de Canal de Ar Pressurizado para Geomembranas com Solda de Cunha Dupla.
25. D 6392-08, Integridade de Soldas Não-Reforçadas de Geomembranas Produzidas por Métodos de Termo-Fusão.

B. Instituto de Pesquisas de Geossintéticos (GRI):

* + - 1. GRI GM 9, Solda de Geomembranas em Tempo Frio.
      2. GRI GM 10, a Resistência ao Fissuramento de Mantas de Geomembrana de PEAD.
      3. GRI GM 13, Propriedades de Ensaio, Frequência de Testes para Geomembranas de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) Lisas e Texturizadas.
      4. GRI GM 14, Frequências de Testes para Seleção de Ensaios de Solda Destrutiva, de Intervalos Variáveis para a Escolha de Amostras Destrutivas de Geomembrana, Utilizando o Método de Atributos.
      5. ASTM D7466, Medição da Altura de Aspereza da Textura de Geomembranas Utilizando um Instrumento de Medição de Profundidade.
      6. GRI GM 17, Métodos de ensaio, Propriedades de Ensaio e Frequência de Ensaios para Geomembranas de Polietileno de Baixa Densidade Linear (PEBDL) Lisas e Texturizadas.
      7. GRI GM 19, Resistência de Solda e Propriedades Relacionadas às Geomembranas Poliolefínicas Emendadas Termicamente.GRI GM 20, Seleção de Intervalos Variáveis para Exame de Amostras de Soldas Destrutivas de Geomembrana Utilizando Gráficos de Controle

**1.03 Envios**

1. Enviar nos termos da seção 01300, Envios.
2. Envie o seguinte ao Engenheiro ou proprietário, para análise e aprovação, num prazo razoável, de modo a agilizar o envio ou instalação da geomembrana:
   1. Documentação das qualificações do fabricante, conforme especificado na subseção 1.04A desta Seção.
3. Manual do programa de Controle de Qualidade do fabricante ou documentos descritivos.
4. Uma página com as propriedades do material incluindo, no mínimo, todas as propriedades especificadas na GRI GM 13 ou GRI GM 17, incluindo os métodos de ensaio utilizados.
5. Amostra do Material.
6. Documentação das qualificações do Instalador, conforme especificado abaixo e na subseção 1.04b desta Seção.
   1. Envie uma lista de pelo menos dez projetos de instalações concluídas. Para cada instalação, fornecer: nome e tipo de projeto; sua localização; a data de instalação; nome e número de telefone de contato no local da obra; tipo e espessura da geomembrana e; área de superfície da geomembrana instalada.
   2. Envie currículos ou qualificações do Supervisor de Instalação, Mestre de Solda e Técnicos soldadores certificados pelo IAGI (CWTs) a serem designados para este projeto.
   3. Programa de Controle de Qualidade
7. Exemplo de Garantia do Material e Garantia de Instalação da Manta

# Desenhos com o Layout dos Painéis

1. Enviar cópias dos Desenhos com o layout dos painéis para aprovação do engenheiro dentro de um prazo razoável, de modo a não atrasar o início da instalação da geomembrana. Os desenhos com o layout dos painéis devem mostrar o layout dos painéis proposto identificando soldas e detalhes. Soldas devem geralmente seguir a direção do talude. Soldas de pé de talude ou de final de rolo não devem ocorrer num talude, a menos que sejam aprovadas pelo representante do proprietário. Soldas de pé de talude, se permitidas, devem ser escalonadas.
2. A colocação de geomembrana não deve ser autorizada a prosseguir até que o Representante do Proprietário receba e aprove os desenhos com o layout dos painéis.
3. Envios Adicionais (em curso e após finalização)
4. Garantia do fabricante (consulte a subseção 1.07)
5. Garantia de instalação da Geomembrana (consulte a subseção 1.08).
6. Aceitação diária por escrito da superfície do subleito (consulte a subseção 3.01.C).
7. Procedimentos de solda em baixa temperatura, se aplicável (consulte a subseção 3.03.A).
8. Pré-qualificação de amostras de teste de soldas (consulte a subseção 3.05.A.6).
9. Resultados dos testes não-destrutivos de solda de campo (consulte a subseção 3.05.B.1).
10. Resultados dos testes destrutivos de solda de campo (consulte a subseção 3.05.C.6).
11. Relatórios de instalação de campo diários (consulte a subseção 3.05.G).
12. Desenho de registro de Instalação *“As-Built”*, como discutido na subseção 3.05.

**1.04 Controle de qualidade**

1. Qualificações do fabricante: o fabricante de geomembrana do tipo especificado ou produto semelhante deve ter pelo menos cinco anos de experiência na fabricação de tal geomembrana. Além disso, o fabricante da geomembrana deve ter fabricado pelo menos 1.000.000 m² do tipo especificado de geomembrana ou produto semelhante durante os últimos cinco anos.
2. Qualificações do Instalador
3. O Instalador de Geomembrana deve ser o fabricante, Instalador aprovado pelo fabricante ou por uma empresa licenciada pelo representante do proprietário para instalar a geomembrana.
4. O Instalador de Geomembrana deve ter pelo menos três anos de experiência na instalação da geomembrana especificada ou similar. O Instalador de Geomembrana deve ter instalado pelo menos em 10 projetos, de um total de 500.000 m² do tipo especificado de geomembrana ou similar durante os últimos três anos.
5. A instalação deve ser realizada sob a direção de um Supervisor de Obra que, durante toda a instalação da geomembrana, será responsável pelo layout dos painéis de geomembrana, soldas, emendas (manchões), testes, reparos, e todas as outras atividades do Instalador de Geomembrana. O Supervisor de Obra deve ter instalado ou supervisionado a instalação e soldagem de um mínimo de 10 projetos, de um total de 500.000 m² de geomembrana do tipo especificado ou produto similar.
6. A solda deve ser realizada sob a direção de um Soldador-Mestre (que também pode ser o Supervisor de Obra ou o Encarregado da Equipe) que tenha soldado um mínimo de 300.000 m² de geomembrana do tipo especificado ou produto similar, utilizando o mesmo tipo do aparelho de solda a ser utilizada no projeto atual. O Supervisor de Obra e/ou Soldador-Mestre deve estar presente sempre que a solda for executada.
7. Toda solda, aplicação de emendas (manchões), outras operações de soldagem e testes devem ser realizadas por técnicos qualificados, empregados pelo Instalador de Geomembranas.

**1.05 Entrega, Armazenagem e Manuseio**

1. Cada rolo de geomembrana entregue no local da obra deve ser identificado pelo fabricante. A etiqueta de identificação deve ser firmemente fixada e deverá indicar claramente o nome do fabricante, identificação do produto, espessura do material, número do rolo, dimensões e peso do rolo.
2. A Geomembrana deve ser protegida da lama, sujeira, poeira, de perfurações, corte ou quaisquer outras condições prejudiciais ou deletérias.
3. Os rolos devem ser armazenados longe de áreas de alto tráfego. Os rolos devem ser mantidos continuamente e uniformemente em superfície lisa preparada.

**1.06 Condições de projeto**

* 1. A Geomembrana não deve ser instalada na presença de água parada, enquanto está chovendo, durante ventos excessivos, ou quando a temperatura do material estiver fora dos limites especificados na Seção 3.03.

**1.07 Garantia do Material**

1. Conforme acordado entre os participantes do projeto.

**1.08 Garantia de Instalação da Geomembrana**

1. O Instalador da Geomembrana deve garantir a instalação da geomembrana contra danos de instalação e de mão de obra por 1 ano a partir da data final do final da obra.

**1.09 Reunião Pré-Instalação da Geomembrana**

1. Uma reunião Pré-Instalação da Geomembrana deve ser realizada no local da obra antes da instalação da geomembrana. No mínimo, a reunião deve contar com a presença do Instalador da Geomembrana, do proprietário, do representante (Engenheiro e /ou Firma de CQA) do proprietário, e o contratado responsável pela Terraplanagem.
2. Tópicos que deve ser discutidos na reunião:
3. Saúde e Segurança
4. Linhas de autoridade e comunicação. Resolução de qualquer ambigüidade no documento do projeto.
5. Métodos para documentar, relatórios e distribuição de documentos e relatórios.
6. Os procedimentos para empacotamento e armazenamento de amostras de arquivo.
7. Revisão do calendário para toda a instalação e testes.
8. Revisão de layout do painel e sistemas de numeração para os painéis e soldas, incluindo detalhes para a marcações na geomembrana.
9. Procedimentos e responsabilidades pela preparação e apresentação de desenhos de “*as-built”* dos painéis e soldas.
10. Limitações de temperatura e clima. Os procedimentos de instalação para condições climáticas adversas. Definição das condições do subleito, geomembrana, ou umidade ambiente e temperatura aceitáveis para trabalhar durante a instalação da geomembrana.
11. Condições de subleito, responsabilidades de remoção de água e plano de manutenção do subleito.
12. Técnicas de implantação, incluindo subleito permitido para a geomembrana.
13. Plano para controlar a expansão/contração e enrugamento da geomembrana.
14. Cobertura da geomembrana e colocação da cobertura de solo.
15. Programação de medições e pagamentos.
16. Responsabilidades de cada parte.
17. A reunião deve ser documentada por uma pessoa designada em seu início e a minuta da reunião deve ser transmitida a todas as partes.

**PARTE 2 – PRODUTOS**

**2.01 Controle de Qualidade de Origem**

# Controle de Qualidade de Fabricação

1. Os métodos de ensaio e frequências utilizados pelo fabricante para o controle de qualidade/garantia da geomembrana acima antes da entrega, devem estar de acordo com as especificações GRI GM 13 para geomembrana de PEAD ou de acordo com o GRI GM 17 para geomembrana de PEBDL, ou modificados conforme necessário para as condições específicas do projeto.
2. Certificações de controle de qualidade do fabricante da geomembrana, incluindo resultados de ensaios de controle de qualidade dos produtos, conforme especificado na subseção 2.01.A.3 desta seção, devem ser fornecidas ao representante do proprietário para verificar se os materiais fornecidos para o projeto estão em conformidade com todas as especificações do produto e/ou projeto nesta seção. A certificação deve ser assinada por uma parte responsável empregada pelo fabricante, como o Gerente de QA/QC, Gerente de Produção, ou o Gerente de Serviços Técnicos. Certificações devem incluir números de lote e de rolo e informações de frete correspondente.
3. O fabricante fornecerá certificação de que a geomembrana e fio de solda fornecidos para o projeto foram feitos a partir do mesmo tipo de material e são compatíveis.

**2.02 Geomembrana**

1. As geomembranas devem ser produtos novos, de primeira qualidade projetadas e fabricadas especificamente para a finalidade deste trabalho, que deve ter sido satisfatoriamente demonstrado por meio de testes anteriores que provem que são adequadas e duráveis para tais fins. Os rolos de geomembrana devem ser contínuos, de polietileno de alta densidade (PEAD –Densidade Formulada da Manta ≥ 0,940 g/cc) ou polietileno de baixa densidade linear (PEBDL – Densidade Formulada da Manta ≤ 0,939 g/cc) que não contenham plastificantes, *fillers* ou diluentes e devem estar livres de furos, bolhas ou contaminantes, e livre de vazamentos verificados 100% em teste de faísca em linha ou equivalente. A geomembrana deve ser fornecida como uma manta contínua, sem soldas de fábrica nos rolos. A geomembrana deverá cumprir as exigências de propriedade como mostra a Tabela 1a ou 2a (GRI GM 13) ou Tabela 1a ou 2a (GRI GM 17).
2. Ensaios de conformidade de materiais por representante do proprietário, se necessário, serão realizados por meio de amostragem em chão de fábrica, ou conforme especificado para o projeto.
3. As soldas da geomembrana devem cumprir os requisitos de propriedade, como mostrado na Tabela 2, (Anexo B) ou conforme exigido pelas especificações do projeto.

**PARTE 3 – EXECUÇÃO**

**3.01 Preparação do Subleito**

# O subleito deverá ser preparado em conformidade com as especificações de projeto. O subleito de geomembrana deve ser uniforme e livre de objetos cortantes ou pontiagudos que possam danificar a geomembrana antes da instalação da geomembrana.

1. O Instalador de Geomembrana e o Representante do proprietário deverão inspecionar a superfície a ser coberta com a geomembrana em cada dia da operação antes da colocação da geomembrana para verificar a adequação.
2. O Instalador de Geomembrana e o Representante do proprietário devem fornecer aceitação diária por escrito para a superfície a ser coberta pela geomembrana nas operações do dia. A superfície deve ser mantida de forma que, durante a instalação da geomembrana, garanta a adequação do subleito.
3. Todo subleito danificado por equipamentos de construção e considerado impróprio para a implantação da geomembrana deve ser reparado antes da colocação da geomembrana. Todos os reparos devem ser aprovados pelo representante do proprietário e o Instalador da Geomembrana. Este dano, reparo e as responsabilidades do empreiteiro e do Instalador da Geomembrana serão definidos na reunião de pré-construção.

**3.02 Colocação da Geomembrana**

1. Nenhuma geomembrana deve ser instalada até que as certificações aplicáveis e os certificados de controle de qualidade que figuram na subseção 1.03 da presente seção sejam submetidos e aprovados pelo representante do proprietário dentro do prazo especificado nos documentos de contrato. Se o material não atender às especificações de projeto, deve ser removido da área de trabalho.
2. A geomembrana deve ser instalada com os limites mostrados nos desenhos do projeto e, essencialmente, como mostrado em desenhos de layout de painéis aprovados.
3. Nenhum material de geomembrana deve ser desenrolado e instalado se as temperaturas do material forem menores do que 0 ºC, a menos que aprovado pelo representante do proprietário. A temperatura mínima prevista para a instalação do material pode ser ajustada pelo representante do proprietário. Limitações de temperatura devem ser definidas na reunião de Pré-Instalação. Normalmente, apenas a quantidade de geomembrana que será ancorada e soldada em um dia deve ser colocada.
4. Nenhum tráfego de veículos deve passear sobre a geomembrana que não seja um veículo aprovado de baixa pressão sobre o solo ou equivalente.
5. Sacos de areia ou de lastro equivalente devem ser utilizados conforme necessário afim de reter temporariamente a geomembrana em posição sob a previsível e razoavelmente esperadas condições de vento. Os sacos de areia devem ser de malha suficientemente fechada para prevenir a passagem de finos de solo através dos sacos e deposição sobre a geomembrana.
6. A colocação da geomembrana não deve ser feita se a umidade impede a preparação adequada do subleito, da colocação de painel, ou da soldagem de painéis. Limitações de umidade devem ser definidas na reunião de pré-instalação.
7. Painéis danificados ou partes de painéis danificados que tenham sido rejeitados devem ser marcados e sua remoção da área de trabalho registrada.
8. Não se deve permitir que geomembrana "passe sobre" vazios ou áreas de rebaixo do subleito. A geomembrana deve repousar em contato íntimo com o subleito.
9. Enrugamentos causados pela colocação do painel ou expansão térmica devem ser minimizadas em conformidade com a seção 1.09 B11.
10. Considerações sobre a geometria do local: Em geral, as soldas devem ser orientadas paralelamente à linha de inclinação máxima do talude. Em cantos e lugares geométricos de forma singular, o comprimento total de emendas de campo deve ser minimizado. Soldas não devem ser localizadas em pontos de rebaixo no subleito, a menos que a geometria exija solda nesses locais e, se aprovado pelo representante do proprietário.
11. Sobreposição: Os painéis devem ser sobrepostos antes de soldar em qualquer medida necessária para resultar numa boa solda e permitir que sejam feitos os testes adequados. Em nenhum caso esta sobreposição deve ser inferior a 75 milímetros (3 polegadas).

**3.03 Procedimentos de Solda**

1. Instalações em tempo frio devem seguir as diretrizes conforme descrito na GRI GM9.
2. Nenhum material de geomembrana deve ser soldado quando as temperaturas da manta forem inferiores a 0 ºC, a menos que as seguintes condições sejam cumpridas:
   1. Soldagem de geomembrana com temperaturas de materiais abaixo de 0ºC é permitida se o Instalador de Geomembrana puder demonstrar ao representante do proprietário, usando soldas de teste de pré-qualificação, que soldas de campo estão em conformidade com as especificações do projeto, a segurança dos trabalhadores é assegurada, e o material de geomembrana pode ser fabricado (como por exemplo camisas de tubos, penetrações, reparos. etc.) em temperaturas de sub-congelamento.
   2. O Instalador da Geomembrana deve apresentar ao Representante do Proprietário para aprovação, os procedimentos detalhados para soldagem a baixas temperaturas, possivelmente incluindo o seguinte:
3. Pré-aquecimento da geomembrana.
4. O fornecimento de uma tenda ou outro dispositivo se necessário, para evitar perdas de calor durante a soldagem e da perda rápida de calor subsequente à soldagem.
5. Número de soldas de teste para determiner os parâmetros apropriados de soldagem.

# Nenhum material de geomembrana deve ser soldado quando a temperatura da manta for superior a 75 ºC, medidos por um termômetro infravermelho ou termopar de superfície, a menos que aprovado pelo Representante do Proprietário. Esta aprovação será baseada nas recomendações do fabricante e em uma demonstração de campo feita pelo Instalador de Geomembrane usando soldas de teste de pré-qualificação para demonstrar que soldas estão em conformidade com a especificação.

1. A soldagem deve ser primeiramente executada utilizando equipamentos e técnicas de solda de fusão automática. Soldagem por extrusão deve ser usada onde a solda por fusão não é possível, como em penetrações de tubos, remendos, reparos e pequenas soldas (menos que a largura de um rolo).
2. Bocas de peixe ou enrugamentos excessivos nas sobreposições de solda devem ser minimizadas e, quando for necessário, cortadas ao longo do cume dos enrugamentos de modo a estabelecer uma sobreposição plana. O corte deve ser finalizado com um corte de buraco pequeno (nominal 10 mm buraco de diâmetro), de modo a minimizar o fissuramento/propagação de rasgo. A sobreposição será posteriormente emendada. O corte em forma de buraco pequeno deve ser corrigido com um remendo (manchão) oval ou redondo do mesmo material da geomembrana base que se sobre um mínimo de 150 mm além do corte em todas as direções.

**3.04 Sistema de Tubulação e estrutura de vedação e penetração**

1. Fornecer sistema de vedação de penetração como demonstrado nos desenhos do projeto.
2. Penetrações devem ser construídas a partir do material-base da geomembrana, placa, luvas e acessórios pré-fabricados, como mostrado nos desenhos do projeto. O conjunto pré-fabricado ou fabricado em campo deve ser soldado em campo à geomembrana como mostrado nos desenhos de projeto, de modo a evitar vazamentos. Este conjunto deve ser testado como descrito na secção 3.05.B. Alternativamente, onde o ensaio não-destrutivo de campo não pode ser executado, anexos serão testados com teste de faísca em campo por detectores de vazamento padrão do tipo *“holiday”*, de acordo com a norma ASTM D6365.
3. O teste de faísca (Spark test) pode ser feito em áreas em que tanto o teste de pressão de ar e de vácuo não são possíveis.
4. O equipamento para o teste de faísca deve ser composto de, mas não limitado a: equipamento de teste de faísca do tipo *“holiday”* e haste condutora que geradora de alta voltagem.
5. As atividades de teste devem ser realizadas pelo Instalador de Geomembrana, colocando uma fita ou fio condutor elétrico sob a solda antes da soldagem. Uma solda de teste contendo um segmento não soldado estarão sujeitos a um teste de calibração para garantir que esse defeito (segmento não soldado) será identificado nas configurações do equipamento e procedimentos planejados. Após a conclusão da soldagem, ligue o equipamento de teste de faísca (spark) e segure-o a aproximadamente 25 mm acima da solda movendo-o lentamente ao longo de todo o comprimento da solda de acordo com a norma ASTM D6365. Se não houver uma faísca, a solda é considerada sem vazamentos.
6. Uma faísca indica um buraco na solda. A área com defeito deve ser localizada, reparada e testada pelo Instalador de Geomembrana.
7. Deve-se tomar cuidado se gases inflamáveis estão presentes na área a ser testada.

**3.05 Controle de qualidade de campo**

# O Representante do Proprietário deve ser notificado antes de todos os testes de pré-qualificação e produção de soldagem, ou conforme acordado na reunião de pré-instalação.

# Teste de solda de pré-qualificação

* 1. Soldas de ensaio deverão ser preparadas e testadas pelo Instalador de Geomembrana para verificar se os parâmetros de soldagem (velocidade, temperatura e pressão de equipamentos de soldagem) são adequados.
  2. Soldas-teste devem ser feitas por cada técnico de soldagem e testados de acordo com a norma ASTM D 4437, no início de cada período de soldagem. Ensaios de solda devem ser realizados nas mesmas condições e com a mesma combinação equipamento e operador da produção de soldas. A solda-teste deve ser de aproximadamente 3,3 metros de comprimento para soldagem por fusão e 1 metro de comprimento para a soldagem de extrusão com a soldagem centrada longitudinalmente. No mínimo, soldas-testes devem ser feitas por cada técnico uma vez a cada 4-6 horas; testes adicionais podem ser necessários com as mudanças nas condições ambientais.
  3. Dois corpos de prova de 25 mm de largura, devem ser cortados de cada ponta da solda de ensaio com molde de faca e prensa pelo Instalador de Geomembrana. Os corpos de prova devem ser testados pelo Instalador de Geomembrana utilizando um tensiômetro de campo para teste de ambas as linhas de solda para resistência ao descolamento e também para a resistência ao cisalhamento. Cada amostra deve romper no material de origem e não na solda, ruptura tipo “Film Tear Bond" (F.T.B.). Separação da solda igual ou superior a 25% da largura da linha de solda deve ser considerado um teste falho.
  4. Os valores mínimos de resistência de solda aceitáveis para serem obtidos para todos os corpos de prova testados estão listados na Subseção 3.05.C.4 desta Seção. Quatro corpos de prova devem passar para a solda-teste ser aprovada.
  5. Se uma solda de teste falhar, uma solda de teste adicional deve ser conduzida imediatamente. Se a solda-teste adicional falhar, o aparelho de solda deve ser rejeitado e não utilizado para soldagem de produção até que as deficiências sejam corrigidas e uma solda de teste bem-sucedida possa ser produzida.
  6. Uma amostra de cada solda de teste deve ser identificada. O rótulo deve indicar a data, temperatura da geomembrana, número da unidade de solda, técnico que realizou a solda de teste e a descrição de aprovação ou reprovação. A amostra é então dada ao Representante do Proprietário para arquivamento.

# Teste não-destrutivo de solda de campo

* 1. Todas as soldas de campo devem ser testadas de maneira não-destrutiva pelo Instalador de Geomembrana ao longo do comprimento total da solda antes das mesmas serem cobertas. Cada solda deve ser numerada ou designada. O local, a data, a unidade de teste, o nome do testador e os resultados de todos os ensaios não-destrutivos devem ser registados e submetidos ao Representante do Proprietário.
  2. O teste deve ser feito de acordo com o desenvolvimento do trabalho de soldagem, não na conclusão de todo o campo de soldagem, a menos que acordado previamente com o Representante do Proprietário. Todos os defeitos encontrados durante os testes devem ser numerados e marcados imediatamente após a detecção. Todos os defeitos encontrados devem ser reparados, retestados e remarcados para indicar a conclusão aceitável do reparo.
  3. Ensaios não-destrutivos devem ser realizados utilizando caixa de vácuo, pressão de ar ou equipamento de teste de faísca.
  4. Ensaios não-destrutivos devem ser executados por técnicos experientes familiarizados com os métodos de ensaio especificados. O Instalador de Geomembrana deve demonstrar para o Representante do Proprietário todos os métodos de ensaio para verificar se os procedimentos de ensaio são válidos.
  5. Soldas de extrusão devem ser testadas em caixa de vácuo pelo Instalador da Geomembrana de acordo com a norma ASTM D 4437 e ASTM D 5641 com os seguintes equipamentos e procedimentos:
     1. O equipamento para teste de solda por extrusão deve ser composto por, mas não limitado a: um conjunto de caixa de vácuo que consiste de um invólucro rígido, um visor transparente, uma junta de vedação de borracha macia ligada à base, furo de saída, ou conjunto de válvula e um manômetro de vácuo; um conjunto de bomba de vácuo equipado com um controlador de pressão e conexões de tubos; uma mangueira de borracha pressão / vácuo com acessórios e conexões; um balde de plástico; pincel largo de pintura ou espanador; e uma solução de sabão.
     2. A bomba de vácuo deve estar carregada e a pressão do tanque ajustada para aproximadamente 35 kPa (5 psi).
     3. O Instalador de Geomembrana deve criar um selo estanque entre a vedação e a interface da geomembrana, molhando uma tira da geomembrana de aproximadamente 0,3 m por 1,2 m (comprimento e largura da caixa) com uma solução de sabão, colocando a caixa sobre a área molhada, e, em seguida, comprimindo a caixa contra a geomembrana. O Instalador de Geomembrana deve, em seguida, fechar a válvula de fuga, abrir a válvula de vácuo, manter a pressão inicial de cerca de 35 kPa (5 psi) durante cerca de 5 segundos. A geomembrana deve ser continuamente examinada através da janela de visualização para a presença de bolhas de sabão, indicando um vazamento. Se não aparecerem bolhas depois de 5 segundos, a área deve ser considerada sem vazamentos. A caixa deve ser despressurizada e movida para a próxima área adjacente com sobreposição adequada e o processo é repetido.
     4. Todas as áreas em que as bolhas de sabão aparecem deverão ser marcadas, reparadas e, em seguida, novamente testadas.
     5. Em locais onde as junções não podem ser testadas de maneira não-destrutiva, como penetrações de tubos, alternativas como testes não-destrutivos de faísca (como descrito na seção 3.04.B) ou equivalente devem ser utilizados como substitutos.
     6. Todas as soldas que são testados em vácuo devem ser marcadas com a data de teste, o nome do técnico que o realizou e seus resultados.
  6. Soldas duplas de fusão com um canal fechado devem ser testadas com pressão do ar pelo Instalador da Geomembrana de acordo com as normas ASTM D 5820 e ASTM D4437 e os seguintes equipamentos e procedimentos:
     1. O equipamento para testar soldas duplas de fusão deve ser constituído por, mas não limitados a: uma bomba de ar equipada com um manômetro capaz de gerar e manter uma pressão de 210 kPa (30 psi), montada sobre uma borracha para proteger a geomembrana; e um manômetro equipado com uma agulha oca afiada ou outro dispositivo de alimentação sob pressão aprovado.
     2. As atividades de ensaios devem ser realizadas pelo Instalador de Geomembrana. Ambas as extremidades da solda a serem testadas devem ser seladas e uma agulha ou outro dispositivo de alimentação sob pressão aprovado inserido no túnel criado pela cunha de dupla fusão de solda. A bomba de ar deve ser ajustada para uma pressão de 210 kPa (30 psi), e a válvula fechada. Permita 2 minutos para que o ar injetado entre em equilíbrio no canal, e mantenha a pressão durante 5 minutos. Se a perda de pressão não exceder 28 kPa (4 psi), após este período de cinco minutos a solda deverá ser considerada estanque. Libere a pressão da extremidade oposta verificando a mudança de pressão na agulha para assegurar o ensaio de toda a solda. A agulha ou outro dispositivo de alimentação sob pressão aprovado deve ser removida e o buraco de alimentação selado.
     3. Se a perda de pressão superar 28 kPa (4 psi) durante o período de teste ou a pressão não estabilizar, a área com defeito deve ser localizada, reparada e testada pelo Instalador de Geomembrana.
     4. Os resultados do teste de pressão devem ser registados na manta adjacente à solda testada e em um formulário de registro de teste de pressão.

# Ensaio de Solda Destrutivo de Campo

* 1. Uma amostra de ensaio destrutivo a cada 150 m lineares de comprimento de solda ou outro comprimento pré-determinado de acordo com GRI GM14 ou GRI GM20 deve ser tomada pelo Instalador de Geomembrana a partir de um local especificado pelo Representante do Proprietário. O Instalador de Geomembrana não deve ser informado com antecedência sobre a localização da amostra. A fim de obter resultados de testes antes da conclusão da instalação da geomembrana, as amostras serão cortadas pelo Instalador de Geomembrana conforme indicado pelo Representante do Proprietário conforme a soldagem progride.
  2. Todas as amostras de campo devem ser marcadas com um número de amostra e número da solda. O número da amostra, data, hora, local e número da soldagem deverá ser registrado. O Instalador da Geomembrana deve reparar todos os buracos na geomembrana resultantes da obtenção das amostras de solda. Todas os reparos (ou manchões) devem ser testadas via caixa de vácuo ou teste de faísca. Se o reparo não puder ser feito permanentemente sobre o local de teste no mesmo dia da coleta da amostra, um reparo temporário deve ser soldado à ar quente sobre a abertura até que uma correção permanente possa ser colocada.
  3. O tamanho da amostra destrutiva deve ser de 300 mm de largura por 1 m de comprimento com a solda centrada longitudinalmente. A amostra deve ser cortada em três partes iguais e distribuídas da seguinte forma: uma seção dada ao Representante do Proprietário como uma amostra de arquivo; uma seção dada ao Representante do Proprietário para análises laboratoriais, conforme especificado no parágrafo 5 abaixo; e uma seção retida pelo Instalador da Geomembrana para testes de campo, tal como especificado no parágrafo 4 abaixo.
  4. Para os testes de campo, o Instalador da Geomembrana deve cortar 10 pedaços idênticos de 25 mm de largura de sua amostra. O Instalador da Geomembrana deve testar cinco corpos de prova para a resistência ao cisalhamento de soldagem e cinco para resistência ao descolamento. Ensaios de descolamento serão realizados em ambas as linhas de solda interna e externa. Para ser aceitável, 4 de 5 corpos de prova devem passar pelos critérios definidos na seção 2.02 com separação inferior a 25%. Se 4 de 5 corpos de prova passarem, a amostra se qualifica para testes pelo laboratório de ensaio, se necessário.
  5. Se o teste de solda independente for exigido pelas especificações, estes devem ser realizadas em conformidade com a norma ASTM D5820 ou ASTM D4437.
  6. Os relatórios dos resultados de exames e testes devem ser elaborados e submetidos ao Representante do Proprietário.
  7. Para soldas de campo, se um ensaio de laboratório falhar, este deve ser considerado como um indicador da possível inadequação de todo o comprimento da solda correspondente à amostra de teste. Porções de ensaios destrutivos adicionais devem ser então tomadas pelo Instalador de Geomembrana em locais indicados pelo Engenheiro; tipicamente 3 metros de cada lado da amostra que falhou e os ensaios de laboratório da solda devem ser realizados. Ensaios com resultados que atendem as especificações devem ser indicadores de soldas adequadas. Ensaios falhos devem ser um indicador de soldas inadequadas e todas as soldas representadas pelo local de ensaio destrutivo devem ser reparadas com uma tira-tampão (“*cap strip*”) soldada com solda de extrusão ao longo de todos os lados da área tampada. Todas as soldas com tira-tampão (“*cap strip*”) devem ser testadas com ensaios não-destrutivos com caixa de vácuo até que a adequação das soldagens seja alcançada. As soldas tira-tampão (“*cap strip*”) superiores a 50 m de comprimento devem ser testadas de maneira destrutiva.

1. Identificação de Defeitos
   1. Painéis e soldas devem ser inspecionadas pelo Instalador e o Representante do Proprietário durante e após a implantação do painel para identificar todos os defeitos, incluindo buracos, bolhas, matérias-primas não dispersas e sinais de contaminação por matéria estranha.
2. Avaliação de Defeitos: Cada local suspeito na manta (ambos na solda da geomembrana e nas áreas sem solda) deve ser testado de maneira não-destrutiva utilizando um dos métodos descritos na Secção 3.05.B. Cada local que os testes não-destrutivos falharem devem ser marcados, numerados, medidos e registrados nos desenhos diários "instalação" e posteriormente reparados.
   1. Se uma amostra destrutiva falhar no teste de campo ou de laboratório, o Instalador de Geomembrana deve reparar a solda entre os dois locais mais próximos com resultados de ensaios aprovados em ambos os lados da localização no qual falhou a amostra destrutiva.
   2. .Soldas defeituosas, rasgos ou furos devem ser reparados por ressoldagem ou aplicação uma tira-tampão (“*cap strip*”) com solda por extrusão.
   3. A ressoldagem pode ser consistir de:
      1. Remoção da área de solda com defeito e ressoldagem do material original utilizando o equipamento de solda original; ou
      2. A resoldagem por solda de extrusão ao longo da sobreposição da borda da solda de fora deixada pelo processo de soldagem por fusão.
   4. As bolhas, buracos maiores, e a contaminação por materiais estranhos devem ser reparadas por remendos e/ou pontos de solda de extrusão, conforme necessário. Cada remendo deve se estender por um mínimo de 150 mm para além de todas as bordas dos defeitos.
   5. Todos os reparos devem ser medidos, localizados e registrados.
3. Verificação de Reparos em Soldas: Cada reparo deve ser testado de maneira não-destrutiva utilizando a caixa de vácuo ou métodos de teste de faísca. Ensaios que passam em testes não-destrutivos devem ser tomados como uma indicação de um reparo bem-sucedido. Testes falhos devem ser resoldados e retestados até que passem pelos testes. O número, a data, o local, o técnico e o resultado de cada teste do remendo devem ser registrados.
4. Relatórios diários de Instalação de campo: No início de cada dia de trabalho, o Instalador deve fornecer ao Engenheiro relatórios diários sobre todo o trabalho realizado no dia anterior de trabalho. Os relatórios devem incluir o seguinte:
   1. Quantidade total e localização da geomembrana colocada;
   2. Comprimento total e localização das soldas completadas, nome dos técnicos que estão fazendo a soldagem e número das máquinas de solda;
   3. Desenhos das geomembranas que foram instaladas no dia anterior, mostrando números dos painéis, números das soldas e locais de ensaios não-destrutivos e destrutivos;
   4. Resultados dos testes de pré-qualificação das soldas;
   5. Os resultados de ensaios não-destrutivos; e
   6. Os resultados dos testes de vácuo dos reparos.
5. Resultados de testes destrutivos devem ser comunicados antes da cobertura do forro ou em um prazo de 48 horas.

**3.06 Aceitação do *Liner***

A. O *liner* com geomembrana será aceito pelo Representante do Proprietário, quando:

1. Toda a instalação estiver concluída, ou houver um acordo sobre subseção da instalação que estiver concluído;
2. Toda a documentação de controle de qualidade do Instalador for preenchida e enviada para o proprietário;
3. A verificação da adequação de todas as soldas de campo e reparos e testes associados da geomembrana estiverem completos.

**3.07 Trincheira de Ancoragem**

1. Construa conforme especificado nos desenhos do projeto.

**3.08 Descarte de materiais inutilizados**

1. Após a conclusão da instalação, o Instalador da Geomembrana deve fazer a destinação final de todo o material de lixo e resíduos em um local aprovado pelo Proprietário, retirar os equipamentos utilizados em conexão com o trabalho no local, e devem deixar o local de uma forma adequada. Nenhum material descartado deve ser autorizado a permanecer na superfície da geomembrana.

**PARTE 4 - MEDIÇÃO E PAGAMENTO**

De acordo com as especificações do projeto.

## PARTE 5 – ESPECIFICAÇÃO DA GRI GM13

"Esta seção deve incluir a especificação atual de fabricação GRI GM13 ou uma revisão da GRI GM13 específica para as necessidades únicas do projeto e/ou normas técnicas, conforme determinado pelo proprietário ou agente dos proprietários."

# **Anexo A.**

**Tabela 1 - Resistência de solda e Propriedades relacionadas à ligação térmica de Geomembranas de Polietileno de Baixa Densidade Linear (PEBDL) lisa e texturizada (Unidades no Sistema Internacional)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Espessura Nominal da Geomembrana** | **0.5**  **mm** | **0.75**  **mm** | **1.0**  **mm** | **1.25**  **mm** | **1.5**  **mm** | **2.0**  **mm** | **2.5**  **mm** | **3.0**  **mm** |
| Soldas com cunha quente (1)  Resistência ao cisalhamento(2), lb/in.  Alongamento ao cisalhamento na ruptura (3) , %  Resistência ao Descolamento (2), lb/in.  Separação por Descolamento, % | **131**  50  **109**  25 | **197**  50  **166**  25 | **263**  50  **219**  25 | **328**  50  **276**  25 | **394**  50  **328**  25 | **525**  50  **438**  25 | **657**  50  **547**  25 | **788**  50  **657**  25 |
| Soldas por extrusão (1)  resistência ao cisalhamento(2), lb/in.  alongamento ao cisalhamento na ruptura (3) , %  Resistência ao Descolamento (2), lb/in.  Separação por Descolamento, % | **131**  50  **95**  25 | **197**  50  **150**  25 | **263**  50  **190**  25 | **328**  50  **250**  25 | **394**  50  **290**  25 | **525**  50  **385**  25 | **657**  50  **500**  25 | **788**  50  **595**  25 |

Notas para as Tabelas 1 e 2:

1. Também para soldas por métodos como ar quente e ultra-sônico
2. Valores listados para resistência ao cisalhamento e descolamento são para 4 de 5 corpos de prova; o resultado para o 5o corpo de prova pode ser 80% dos valores listados
3. Medições de alongamento devem ser omitidos para ensaios de campo

**Tabela 2 - Resistência de solda e Propriedades relacionadas à ligação térmica de Geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) (Unidades no Sistema Internacional)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Espessura Nominal da Geomembrana** | **0.75**  **mm** | **1.0**  **mm** | **1.25**  **mm** | **1.5**  **mm** | **2.0**  **mm** | **2.5**  **mm** | **3.0**  **mm** |
| Soldas com cunha quente (1)  resistência ao cisalhamento(2), lb/in.  alongamento ao cisalhamento na ruptura (3) , %  Resistência ao Descolamento (2), lb/in.  Separação por Descolamento, % | **250**  50  **197**  25 | **350**  50  **263**  25 | **438**  50  **333**  25 | **525**  50  **398**  25 | **701**  50  **530**  25 | **876**  50  **661**  25 | **1050**  50  **793**  25 |
| Soldas por extrusão (1)  resistência ao cisalhamento(2), lb/in.  alongamento ao cisalhamento na ruptura (3) , %  Resistência ao Descolamento (2), lb/in.  Separação por Descolamento, % | **250**  50  **170**  25 | **350**  50  **225**  25 | **438**  50  **285**  25 | **525**  50  **340**  25 | **701**  50  **455**  25 | **876**  50  **570**  25 | **1050**  50  **680**  25 |