

RESUMO

Para atender ao plano de recuperação da Estação da Luz (CPTM) no centro da cidade de São Paulo e visando facilitar o deslocamento dos usuários dos serviços de transporte de massa, a Companhia Paulista de Trens Metropolitanos, CPTM, decidiu executar um projeto amplo na região que tem como pontos principais uma galeria de interligação entre a Estação da Luz (trens) e a Estação Luz do Metrô. O objetivo é facilitar o acesso aos usuários dos dois sistemas de transporte, por meio de um túnel (trecho LK-3) e construir um saguão subterrâneo sob a Estação da Luz (trecho LK-5).

ALEXANDRE MATSUDA**CARLOS EDUARDO PIRES DA FONSECA****ROBERTO KAZUO HASHIMOTO**

ENGENHEIROS DA SANSUY S/A IND. DE PLÁSTICOS

VICTOR EDUARDO PIMENTEL

ENGENHEIRO DA OBER S/A IND. E COM.

ROBERTO KOCHEN

DIRETOR TÉCNICO DA GEOCOMPANY - TECNOLOGIA, ENGENHARIA & MEIO AMBIENTE; PROFESSOR DA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP E DIRETOR DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÕES CIVIS DO INSTITUTO DE ENGENHARIA

O túnel LK-3 está sendo construído por um consórcio constituído pelas empresas Augusto Velloso, Telar e Tejo-fran, com projeto da Figueiredo Ferraz/Protran.

Um dos pontos principais desta obra é a sua impermeabilização, por meio da utilização de uma geomembrana de PVC com espessura de 3 milímetros, protegida por dois geotêxteis não tecidos, um em cada face, envolvendo totalmente o túnel.

Esta solução é inédita no Brasil, apesar de bastante utilizada em outros países, principalmente na Europa.

DETALHES CONSTRUTIVOS GERAIS

A galeria de interligação foi escavada no sistema "cut and cover", até uma profundidade de aproximadamente 20 metros, suportada por estacas cravadas no solo e uma parede intermediária de blocos ou de concreto armado – dependendo do trecho – entre as estacas. A

Caso de obra: execução da impermeabilização de túnel (trecho LK-3) com geomembrana de PVC, trabalho que faz parte das obras do Projeto Integração Centro – em execução na cidade de São Paulo – que irá fazer a interligação subterrânea da Estação da Luz (CPTM) com a Estação Luz do Metrô de São Paulo

Impermeabilização de túnel com geomembrana de PVC



estrutura do túnel é constituída por uma parede de concreto armado com cerca de 60 centímetros de espessura, uma laje de teto e um piso também de concreto armado. Nas paredes a geomembrana de PVC é protegida por dois geotêxteis não tecidos, um em cada face, e instalada entre a parede de diafragma e a parede estrutural do túnel de 60 centímetros de espessura.

No piso, a geomembrana está sendo instalada sobre uma base de concreto regularizado e posteriormente protegida por uma camada de argamassa de cerca de 5 centímetros, para em seguida receber o concreto armado estrutural que vai compor o piso.

No teto a geomembrana está sendo instalada sobre a laje do túnel, previamente regularizada, e, na sequência, recebe uma camada de proteção mecânica de argamassa também de 5 centímetros antes da vala ser reaterrada. (ver figura 1)

CARACTERÍSTICAS DOS GEOSINTÉTICOS EMPREGADOS

Foram empregados três tipos de geosintéticos nesta obra conforme detalhado a seguir.

1) Geomembrana de PVC

Foi utilizada uma geomembrana de PVC (cloreto de polivinila) na espessura de 3 milímetros obtida pelo processo de calandragem, multicamada, com formulação adequada para atender o memorial técnico do projeto baseado na norma suíça SIA 280, específica para obras enterradas, com algumas alterações solicitadas pelo fabricante da geomembrana e aprovadas pela CPTM.

2) Geocomposto

Obtido pelo acoplamento de uma geomembrana de PVC com espessura de 3 milímetros com um geotêxtil não tecido de polipropileno de 500 g/m² em uma das faces. (ver tabela 1)

A utilização do geocomposto foi uma das alterações solicitadas na especificação inicial para redução de mão-de-obra, uma vez que o geotêxtil não tecido externo não precisa mais ser fixado sobre a geomembrana porque já vem acoplado. O fornecimento do geocomposto está sendo feito em painéis pré-confeccionados em fábrica, nas dimensões mais adequadas para cada local, e também em bobinas de 1.400 milímetros, onde painéis maiores não podiam ser aplicados por questão de

TESTE	ESPECIFICAÇÃO CPTM	RESULTADOS	MÉDIA	MÉTODO	OBSERVAÇÃO				
I. Espessura	3.0 mm ±5%	CP ₁ =3.20 CP ₂ =3.07 CP ₂ =3.10 CP ₇ =3.13 CP ₃ =3.14 CP ₈ =3.13 CP ₄ =3.14 CP ₉ =3.11 CP ₅ =3.12 CP ₆ =3.13	CP _m = 3.127 mm	DIN 53370	-				
2. Alongamento na Ruptura a Tração	Mínimo 200% (Não reforçado)	Longitudinal CP ₁ = 346.1 CP ₄ = 340.1 CP ₂ = 350.9 CP ₅ = 361.0 CP ₃ = 345.5	CP _m = 348.72%	SIA 280/I	-				
A) Geomembrana		Transversal CP ₁ = 415.6 CP ₄ = 373.8 CP ₂ = 403.5 CP ₅ = 396.1 CP ₃ = 375.8	CP _m = 392.96%		-				
B) Geocomposto		Longitudinal CP ₁ = 100.8 CP ₄ = 92.88 CP ₂ = 102.6 CP ₅ = 100.2 CP ₃ = 103.4	CP _m = 99.98		SIA 280/I	Distância inicial de 100 mm devido ao tamanho da amostra ser insuficiente			
		Transversal CP ₁ = 87.14 CP ₄ = 83.53 CP ₂ = 96.36 CP ₅ = 91.45 CP ₃ = 88.37	CP _m = 89.37			-			
3. Dobramento a Baixa Temperatura		Não romper até -10°C.	Longitudinal (Frente) CP ₁ = satisfaz CP ₂ = satisfaz CP ₃ = satisfaz (Averso) CP ₄ = satisfaz CP ₅ = satisfaz CP ₆ = satisfaz		Satisfaz	ASTM D-1790*	*Aparelho do ensaio de impacto com adequação para dobramento. Corpos de prova com dimensões 25x100mm		
4. Deformação Após Ciclo Térmico		Menor que 2.0%, sem bolhas	Longitudinal CP ₁ = -2.0 CP ₂ = -2.0 CP ₃ = -2.0		CP _m = -2.0%	ASTM D-1204	-		
	Transversal CP ₁ = +1.5 CP ₂ = +1.5 CP ₃ = +1.5		CP _m = +1.5%	ASTM D-1204	-				
5. Resistência das Emendas	A ruptura deve manifestar-se externa à emendas, sem fissura nem descolamento das duas peças unidas		Temperatura Ambiente CP ₁ = satisfaz CP ₂ = satisfaz CP ₃ = satisfaz	Satisfaz	SIA 280/15	Distância entre garas 100 mm			
			Acondicionado a 50°C CP ₁ = satisfaz CP ₂ = satisfaz CP ₃ = satisfaz						
B) Solda Cunha de Prata			Temperatura Ambiente CP ₁ = satisfaz CP ₂ = satisfaz CP ₃ = satisfaz				Satisfaz	SIA 280/15	Distância entre garas 100 mm
			Acondicionado a 50°C CP ₁ = satisfaz CP ₂ = satisfaz CP ₃ = satisfaz						
		Tempo de queima (s) CP ₁ = 3.2 CP ₄ = 2.4 CP ₂ = 4.2 CP ₅ = 3.3 CP ₃ = 3.1	CP _m = 3.24s						
6. Índice de Proteção Contra o Incêndio.		Autoextingüível em classe de incêndio V/1	Área Carbonizada (mm) CP ₁ = 20 CP ₄ = 16 CP ₂ = 25 CP ₅ = 23 CP ₃ = 26				CP _m = 22 mm		

Tabela 1 – Características físicas do geocomposto

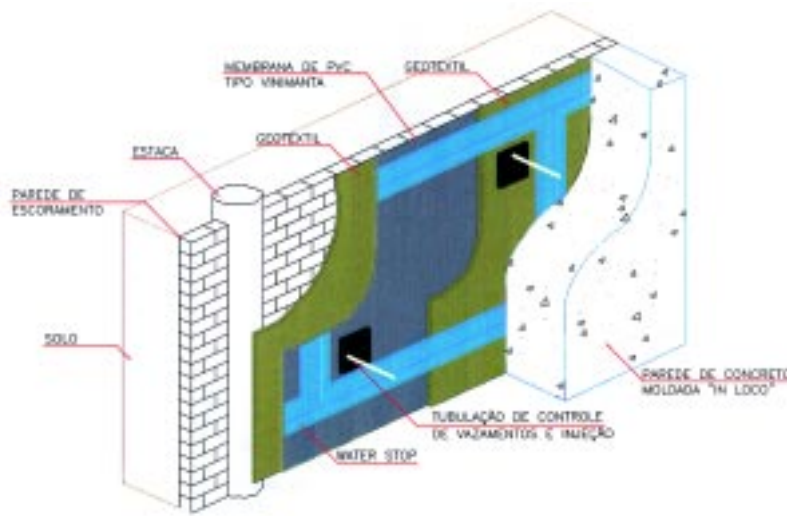


Figura 1 – Seção esquemática do sistema de impermeabilização

critério de 300 m² de área confinada ou 10 metros lineares entre duas juntas, o que for menor, são instalados tubos de PVC de diâmetro 3/4" transpassando as paredes de concreto em cada setor, para futura manutenção com injeção de vedante quando necessário.

Perfis de alumínio - Na interligação do túnel LK-3 com a estrutura já existente da Estação Luz do Metrô, definiu-se que a geomembrana de PVC devia ser fixada mecanicamente, para não se correr o risco de penetração de água por meio desta união que tem como elemento principal um perfil chato de alumínio de 3/4" por 4 milímetros de largura, fixado por parafusos à estrutura antiga.

peso ou dificuldade de fixação. O processo de emenda em fábrica para obtenção dos painéis é a termofusão por meio de máquina de cunha quente.

3) Geotêxtil

O geotêxtil não tecido é empregado no presente caso como elemento de proteção da geomembrana de PVC, sendo elemento imprescindível para o bom funcionamento do sistema. A proteção da geomembrana na presente aplicação é bastante importante no sentido de evitar eventuais danos mecânicos decorrentes do processo executivo dos túneis. Outro fator importante que se deve ressaltar está ligado ao tipo de polímero que compõe a estrutura do geotêxtil, devido ao fato do mesmo estar em contato direto com concreto. No presente caso o geotêxtil utilizado é composto de fibras 100% polipropileno, polímero altamente resistente aos fenômenos de reação do concreto durante o período de cura. O emprego do geotêxtil inadequado coloca em risco o desempenho do sistema de proteção, pois o mesmo pode sofrer degradação acelerada devido ao processo de hidrólise que ataca polímeros como o poliéster, por exemplo. Outros parâmetros físicos e mecânicos foram respeitados, segundo especificação técnica do projetista. Os parâmetros físicos e mecânicos do geotêxtil não tecido empregado estão apresentados na tabela 2.

Acessórios

Foram empregados diversos acessórios para conferir maior confiabilidade a impermeabilização visto tratar-se de obra de grande responsabilidade e manutenção onerosa. A seguir vamos des-

crever os principais acessórios que fazem parte do processo de impermeabilização da obra.

Juntas "water stop" - São perfis de PVC soldados na geomembrana a cada 10 metros, visando segmentar a impermeabilização em setores para confinar eventuais vazamentos e limitar a área a ser retrabalhada.

Após a concretagem da parede estrutural do túnel, estes perfis ficam engastados no concreto por meio de suas aletas e formam uma barreira a passagem da água. As juntas "water stop" são compostas por dois perfis de PVC com aletas de 1,50 centímetro para o engastamento no concreto. Os perfis são previamente soldados a uma faixa de geomembrana de PVC de igual composição da geomembrana principal, espessura 3 milímetros e largura de 200 milímetros. O comprimento destas juntas é de 2,5 metros e a união seqüencial das mesmas é feita com solda por termofusão e aplicação de mastique de PVC. (ver figura 2)

Canal para injeção - Como a instalação das juntas "water stop", obedecem o

MÉTODO DE INSTALAÇÃO

Piso

Material - As geomembranas de PVC, com espessura nominal de 3 milímetros, são fornecidas em rolos ou painéis pré-soldados de 10 metros de comprimento por 1,40 metro ou 2,76 metros de largura, respectivamente, com geotêxtil de 500 g/m² acoplado. A solda de fábrica com 3 centímetros é feita por termofusão e testada conforme plano de inspeção de qualidade de fabricação credenciado pela norma ISO 9001.

Instalação - 1) preparação das superfícies: o contra-piso deverá estar limpo, seco, isento de pontas de ferro, madeiras ou outros materiais contundentes, os cantos e mudanças de ângulos deverão estar arredondados em "meia-cana", raio aproximado de 8 centímetros; 2) camada amortecedora: sobre o contra-piso preparado nas condições acima é colocado o geotêxtil de 500 g/m², com sobre-

Propriedades		Norma	Unidades	Valores	
Físicas	Gramatura	ABNT NBR 12568	g/m ²	500	
	Espessura Nominal	ABNT NBR 12569	mm	4,6	
Mecânicas	Resistência à Tração em Faixa Larga	ABNT NBR 12824	T	kN/m	28
				%	>70
			L	kN/m	27
				%	>70
	Resistência ao Rasgo Trapezoidal	ASTM D 4533	T	N	720
			L	N	800
	Resistência ao Puncionamento	ABNT NBR 13359			4,9
	Resistência à Tração Tipo "Grab"	ASTM D 4632	T	N	1600
%				>60	
L			N	1450	
			%	>60	
Resistência ao Estouro	ASTM D 3786	Mpa		3,9	

Tabela 2 - Características físicas do geotêxtil

posição de 10 centímetros, o geotêxtil é fornecido em rolos de 2,15m x 100m de comprimento, o geotêxtil sobe nas verticais cerca de 10 centímetros; 3) geomembrana: a geomembrana de PVC com espessura nominal de 3 milímetros, em rolos ou painéis, é colocada sobre a camada amortecedora e soldadas entre painéis por meio de cunha de prata aquecida em máquina automática de temperatura controlada – a área de sobreposição e solda é de 2,5 centímetros de largura, a área de piso é de 10,30 metros e são utilizados três painéis pré-soldados de 2,76 metros, um rolo de 1,40 metro (ambos com geotêxtil acoplado) e duas faixas de 0,40 metro nas laterais (sem geotêxtil), totalizando 10,48 metros; 4) teste de ar: todas as emendas feitas na obra são testadas com ar comprimido para garantir a estanqueidade (pressão 4kg/cm²), por meio de bico de 3 milímetros de diâmetro, conforme plano de inspeção de qualidade (caso seja detectada uma falha de emenda o trecho é novamente soldado com soprador de ar quente e o teste é refeito) – neste trecho ainda é colocado um reforço de geomembrana de 0,8 milímetro, soldado com ar quente; 5) proteção mecânica: sobre o geocomposto é lançada uma camada de argamassa de cimento e areia com traço 1:4 e espessura de 5 centímetros, monolítica (a proteção mecânica pára a 40 centímetros das laterais para permitir a posterior soldagem da geomembrana das paredes com a do piso e após este procedimento a proteção mecânica é completada formando um rodapé de 5 centímetros).

Parede

Material – As geomembranas de PVC com espessura nominal de 3 milímetros são fornecidas em rolos de 1,40

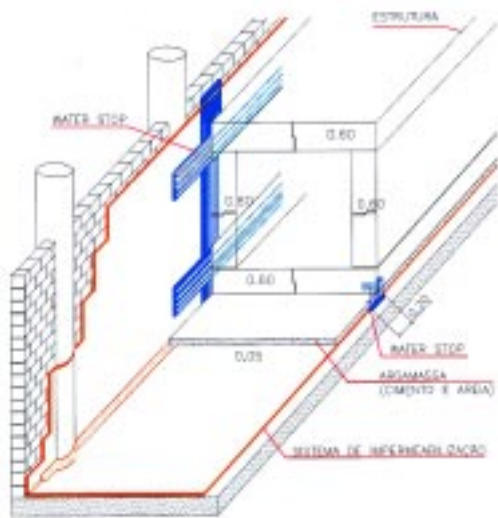


Figura 2 – Seção esquemática – locação de juntas

metro de largura com geotêxtil de 500 g/m² acoplado. Para atender a forma de aplicação que prevê a instalação de juntas “water-stop” na laje do piso e na laje de cobertura, serão utilizadas faixas de 0,80 metro de largura, sem geotêxtil, nos extremos.

O consumo de geomembrana e geotêxtil nas paredes é cerca de 10% a mais devido às irregularidades provocadas pelos pilares.

Instalação – 1) preparação das superfícies: a superfície deve estar limpa, seca, isenta de pontas de ferro, madeiras ou outros materiais contundentes para a geomembrana; 2) camada amortecedora: o geotêxtil é fixado na parede de blocos de concreto, de forma a obter-se a conformação das colunas e o fornecimento do geotêxtil é feito em rolos de 2,15m x 100m de comprimento; 3) geomembrana: primeira faixa de 0,80 metro de largura é parafusada nas laterais de cada coluna, de forma a obter-se a conformação das mesmas e o sistema de fixação utilizado é composto por parafuso de aço zincado de 8mm x 50mm, arruela de aço zincado de diâmetro externo 20 milímetros e bucha plástica nº 8 [esta fixação é feita no extremo da borda su-

perior, as geomembranas de largura 1,40 metro – colocadas acima da primeira faixa – são erguidas por meio de talhas manuais e roldanas que permitem o exato posicionamento de sobreposição de 10 centímetros à geomembrana anterior para soldagem, a solda em uma faixa de no mínimo 5 centímetros é feita por meio de sopradores de ar quente e rolete de silicone de forma a obter-se a perfeita união entre as geomembranas, após a execução da solda acima é feito um selamento com mastique de PVC aplicado nas bordas (considerando-se que o diâmetro da arruela de fixação é de 20 milímetros e a sobreposição é de 100 milímetros, teremos uma área livre para solda de 80 milímetros nestes pontos singulares)]; 4) Teste de ar para verificação da estanqueidade: todas as emendas feitas na obra são testadas com ar comprimido (pressão > 4kg/cm²) por meio de bico de 3 milímetros de diâmetro, conforme plano de inspeção de qualidade (caso seja detectada falha, o trecho é novamente soldado com soprador de ar quente e o teste é refeito). Neste trecho ainda é colocado um reforço de geomembrana de 0,80 milímetro soldado com ar quente.

Juntas “water-stop”

Locais de aplicação: a) método parede de blocos – laterais, piso e teto; b) método concreto moldado – piso e teto.

Material – As juntas “water-stop” são compostas por dois perfis de PVC com duas aletas cada com altura de 1,5 centímetro, com garras. Para permitir a fixação e aderência ao concreto, os perfis são previamente soldados a uma faixa de PVC de igual composição da geomembrana, com espessura 3 milímetros e largura de 20 centímetros. O comprimento destas juntas é de 2,5 metros e a união

Serviços de impermeabilização de túnel com geomembrana de PVC na Estação da Luz (CPTM), cidade de São Paulo



seqüencial das mesmas é feita com solda de ar quente e mastique de PVC.

Instalação – 1) parede de blocos: as juntas “water-stop” são instaladas por meio de solda de ar quente, conforme segue: *sentido longitudinal* (quatro juntas, duas inferiores instaladas nas paredes – esquerda e direita – a aproximadamente 60 centímetros acima do contra-piso e duas superiores a aproximadamente 50 centímetros abaixo da superfície externa da laje de cobertura); *sentido transversal* (uma junta instalada a cada 10 ou 12 metros, adequando-a em função dos pilares e do acesso à estação; a união das interseções entre as juntas recebe mastique à base de PVC, de forma a garantir a perfeita estanqueidade nestes pontos).

Poços e tubos de drenagem

Para estas áreas serão pré-confeccionadas peças de geomembrana de PVC, de forma a revesti-las totalmente, sem emendas feitas no local. Os sistemas de proteção devem obedecer ao projeto.

Teste das emendas de campo

As emendas de campo deverão ser efetuadas por equipamento de cunha de prata aquecida, com cordão de solda simples de largura 25 milímetros no piso/teto e soldagem manual por meio de soprador de ar quente e rolete de pressão de borracha nas paredes, com cordão de solda de 50 milímetros de largura.

Todas as emendas de instalação na obra, deverão ser testadas sem exceção mediante aplicação de ar comprimido com pressão entre 4 Kgf/cm² a 6 Kgf/cm², por meio de bico com diâmetro de saída de 3 milímetros, perpendicularmente ao comprimento da solda.

O jato de ar comprimido deverá ser dirigido à interface da emenda. Neste tipo de teste eventuais falhas na solda são facilmente detectadas pelo levantamento da aba da geomembrana com a pressão de ar e também pelo ruído que o ar provoca na área afetada.


As áreas que exigem reparos, deverão ser claramente identificadas com

marcação adequada para devidas providências, conforme procedimento de reparo estabelecido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A obra de impermeabilização das valas da rua Mauá e Pinacoteca (LK-3) encontram-se em fase final de execução (concretagem da laje de teto) e apresentando bons resultados, sem apresentar infiltrações no interior da estrutura.

Agradecimentos

À Companhia Paulista de Trens Metropolitanos, CPTM, e ao Consórcio Augusto Velloso/Telar/Tejofran por autorizarem a publicação destes resultados. 

REFERÊNCIAS

1. Norma adotada no projeto: Norma Suíça SIA 280 para obras enterradas.
2. Obra similar na Europa: Impermeabilização da Estação Baixo Chiado do Metrô de Lisboa, Portugal.



vinimanta® sansuy na impermeabilização de túnel

Geocomposto produzido pela Sansuy: Geomembrana de PVC vinimanta® (3mm) acoplada com Geotêxtil Geofort® Ober (500gr/m²)



Impermeabilização do túnel de interligação para pedestres, Estação da Luz / Metrô Luz trecho LK-3, obra da CPTM Companhia Paulista de Trens Metropolitanos.

O geocomposto Sansuy obtido pelo acoplamento da geomembrana de PVC vinimanta® ao Geotêxtil Geofort® Ober, é o material ideal para impermeabilização de obras enterradas de grande porte tais como: túneis metroviá-

rios, rodoviários, estações de metrô etc. As suas excelentes propriedades mecânicas como plasticidade e flexibilidade aliadas a facilidade de instalação garantem o sucesso da obra.

sansuy

Sansuy S.A. Indústria de Plásticos - Depto. de Produtos Especiais
Rua Francisco Tramontano, 100 - 5º andar - Real Parque - Cep 05686.010
São Paulo - SP - Tel.: (11) 3759.7886 - Fax: (11) 3758.4615
e-mail: divepe@sansuy.com.br - site: www.sansuy.com.br



