

3

Análises de casos reais de muros de solo reforçados com geossintéticos

3.1.

Introdução

Ainda existem muitas incertezas sobre o método de projeto mais compatível com o comportamento real de uma MSR. Por exemplo, qual dos métodos permite uma melhor estimativa das tensões requeridas no reforço, para desta forma poder calcular o espaçamento entre eles e o comprimento necessário para evitar que ocorra arrancamento. Com objetivo de avaliar isso, foram procurados casos de muros reforçados reportados na literatura. Foram selecionados os casos que apresentaram informações a respeito de propriedades mecânicas e de deformabilidade dos solos e dos reforços, geometria do muro, características dos equipamentos de compactação e forças nos reforços. Os resultados da instrumentação destes muros foram coletados para comparação com os métodos de projeto descritos no capítulo anterior e com uma simulação numérica baseada no programa de elementos finitos *Plaxis*. Os casos analisados nesta pesquisa são:

- Muro 1 - Comportamento de geogrelhas em muro de solo reforçado - Becker (2006), no qual foram instrumentados duas seções de muro reforçado com geogrelhas, para avaliação de deformações e recalques durante a construção;
- Muro 2 - Avaliação experimental de protótipos de estruturas de contenção em solo reforçado com geotêxtil – Benjamin (2006), no qual foram instrumentados oito protótipos de MSR com geotêxteis não tecidos e tecidos;
- Muro 3 – Comportamento de um muro de solo reforçado construído com solos finos tropicais – Riccio e Ehrlich (2007), no qual foram monitoradas tensões nos reforços em quatro diferentes camadas de uma MSR com geogrelhas.

A Tabela 3.1 apresenta um resumo das características dos muros instrumentados considerados nesta pesquisa.

Tabela 3.1 – Resumo das características dos muros instrumentados.

Muro	Caso	Características
Muro 1	Comportamento de geogrelhas em muro de solo reforçado. Becker, 2006.	Altura: 5m Inclinação da face: 1(H) : 5(V) Espaçamento: Variável 0,4 a 0,6m Tipo de reforço: geogrelhas de PVA Resistência à tração: 55 e 35kN/m Tipo de face: sacos de solo vegetal Tipo de solo: Silto argiloso Comprimento: 4,2m Equipamento de Compactação: Sapo e Rolo pata curta CA25.
Muro 2	Avaliação experimental de protótipos de estruturas de contenção em solo reforçado com geotêxteis. Benjamin, 2006	Altura: 4m Inclinação da face: 1(H) : 5(V) Espaçamento: constante 0,4m Reforço: Geotêxtil tecido PP Resistência à tração: 13,94kN/m Face: Envelopada Tipo de solo: Areia media a grossa Equipamento de Compactação: Placa vibratória Wacker BPS 1135 W
Muro 3	Comportamento de um muro de solo reforçado construído com solos finos tropicais. Riccio e Ehrlich, 2007	Altura: 4,2m Inclinação da face: vertical Espaçamento: Variável 0,4 a 0,6m Reforço: Geogrelha Resistência à tração: 55 e 35kN/m Face: Blocos pre-moldados de concreto Tipo de solo: Argila arenosa amarela e argila arenosa vermelha. Equipamento de Compactação: Sapo e Rolo Dynapac CA 250

Os casos analisados são descritos a seguir, com ênfase nos pontos de maior interesse, como por exemplo, o tipo de solo, o geossintético utilizado e os

resultados obtidos pela instrumentação, como os deslocamentos da face e do interior do maciço e a deformação dos reforços.

3.2.

Comportamento de geogrelhas em muros de solo reforçado

3.2.1.

Vista geral

Durante os anos 2001 e 2002, a empresa ALCOA Alumínio S.A., construiu um lago artificial, para depositar os resíduos de bauxita resultantes do processo de produção de alumínio, em sua fábrica de Poços de Caldas, MG. O depósito consiste de um dique de solo compactado fechado, com uma capacidade de armazenagem de aproximadamente $1,5 \times 10^6 \text{ m}^3$, com impermeabilização no fundo e nos taludes internos. A Figura 3.1 apresenta uma seção transversal típica do dique.

Para reduzir a área ocupada pelo talude externo do dique, e diminuir o volume de material de solo, foi construído um MSR com geogrelhas nos 5m superiores do dique.

O muro tem uma altura de 5m com um comprimento 4,2m e foi construído usando 9 camadas de geogrelhas colocadas com espaçamento vertical variável de 0,40m, 0,50m e 0,60m. A face do muro foi construída usando sacos de solo vegetal e com uma inclinação de 78° . A compactação do aterro foi realizada usando um rolo compressor vibratório pata curta CA-25 e o material próximo à face (aproximadamente 0,5m) através de equipamento tipo “sapo”. A Figura 3.2 apresenta uma seção típica do MSR com geogrelhas.

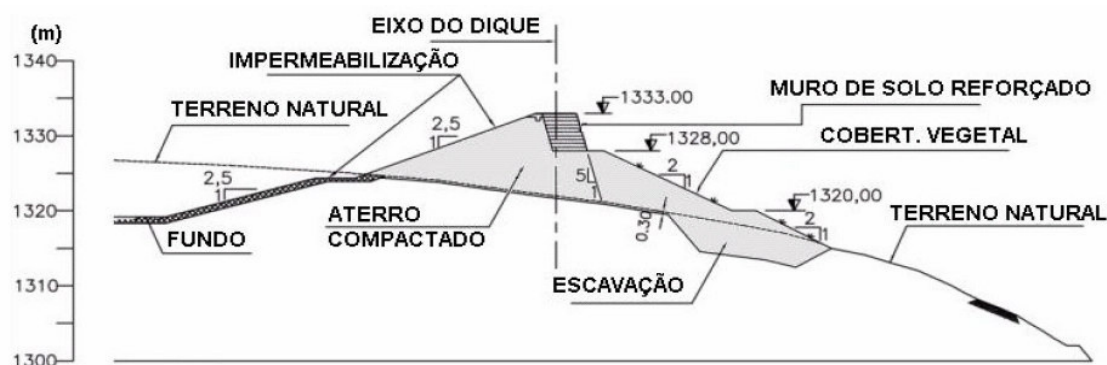


Figura 3.1 – Seção transversal típica do dique. Becker, 2006.

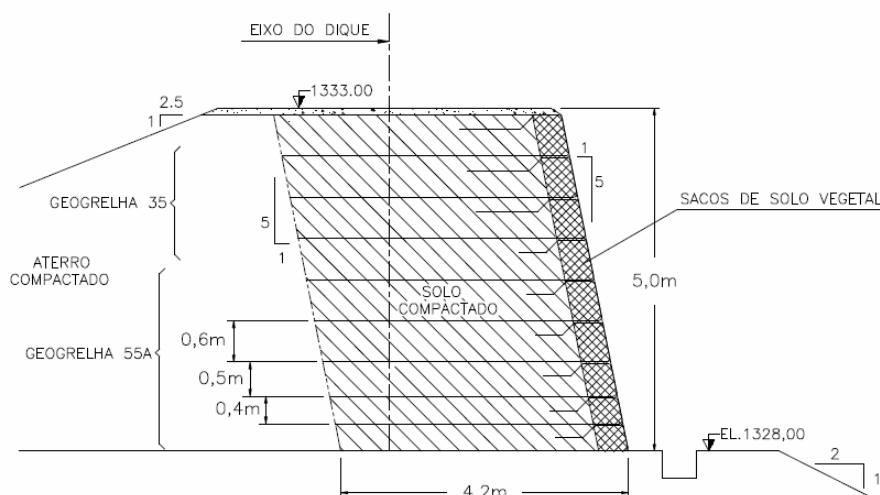


Figura 3.2 – Detalhe da seção transversal típica da MSR com geogrelha (Becker, 2006).

3.2.2. Características dos materiais

O material de aterro foi um solo argiloso local, extraído do fundo do lago e de duas jazidas ao lado da obra, compactado em camadas de 20cm, com um grau de compactação mínimo de 95% do Proctor Normal (ASTM D698) e uma Umidade Ótima de 30,4% . Os parâmetros de resistência do solo foram obtidos de ensaios triaxiais (CD) e de cisalhamento de amostras inderformadas. Os resultados desses ensaios estão apresentados na Tabela 3.2.

Os reforços empregados na construção foram geogrelhas de PVA Fortrac 35/20-20/30 MP (35) e Fortrac 55/25-20/30 MP (55A). A Tabela 3.3 apresenta as características das geogrelhas dadas pelo fabricante, para ensaios de tração não confinada em laboratório (DIN 10319).

Tabela 3.2 – Propriedades médias de solo empregado (Becker, 2006).

Propriedade	Valor
Fração passante – peneira 40 (%)	84,9
Fração passante – peneira 200 (%)	74,2
Índice de plasticidade (%)	18
Umidade ótima (%)	30,4
Ângulo de atrito (o)	34,2
Intercepto coesivo (kPa)	10,0
Peso específico seco máximo (kN/m ²)	18,3

Tabela 3.3 – Propriedades das geogrelhas (Becker, 2006).

Geogrelha	Resistência à tração nominal (kN/m)	Rigidez (kN/m)	Alongamento nominal na ruptura (%)
35 (Fortrac35/20-20/30 MP)	35	759	5
55A (Fortrac 55/25-20/30 MP)	55	1210	5

3.2.3.

Plano de instrumentação

O programa de instrumentação foi projetado para acompanhar os deslocamentos verticais e horizontais do muro e dos reforços. Sendo instrumentadas duas seções, a primeira a E20+15 e segunda a E33+12. A Figura 3.3 apresenta a localização das duas seções.

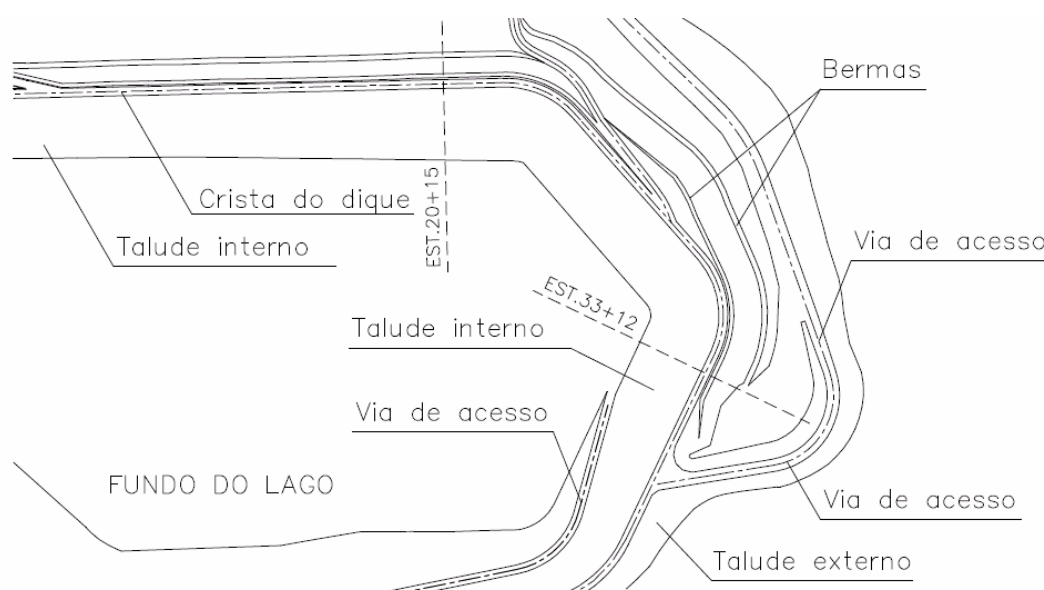


Figura 3.3 – Vista em planta das duas seções instrumentadas (Becker, 2006).

Foram instrumentados deslocamentos de três das nove camadas de reforço localizadas a 40, 190 e 370cm de altura. A instrumentação foi monitorada por meio de *tell-tales* em diferentes localizações ao longo da geogrelha. Nas duas camadas inferiores foram empregados seis *tell-tales* e, na camada superior, foram empregados oito em cada geogrelha, segundo a Figura 3.4. Três caixas suecas foram instaladas nas duas seções da base do muro para medir os deslocamentos verticais da base. Os deslocamentos verticais e horizontais da face do muro e de

sua crista foram monitorados por topografia, mediante a instalação de marcos superficiais em cada seção, sendo três na altura dos *tell-tales* e dois intermediários. Os levantamentos topográficos dos marcos foram realizados periodicamente durante a construção do muro.

O *tell-tale* mostrado na Figura 3.5 consiste de um fio de aço, no qual um extremo é ligado a geogrelha por uma presilha e outro extremo é levado para fora do muro através de um tubo de PVC, o qual é tensionado por um peso de 6N preso na extremidade. O movimento do *tell-tale* é medido sobre uma régua graduada, e representa o deslocamento da geogrelha. A leitura inicial de referência é feita após o lançamento da primeira camada de solo, sobre a geogrelha recém instrumentada.

A caixa sueca apresentada na Figura 3.6, consiste de uma caixa metálica hermética enterrada em um ponto de interesse da massa de solo.

O marcos superficiais consistem de tubos de PVC de 50mm de diâmetro e 30cm de comprimento preenchidos com argamassa, contendo uma ponta metálica para as visadas. A Figura 3.7 apresenta o marco topográfico instalado na face do muro.

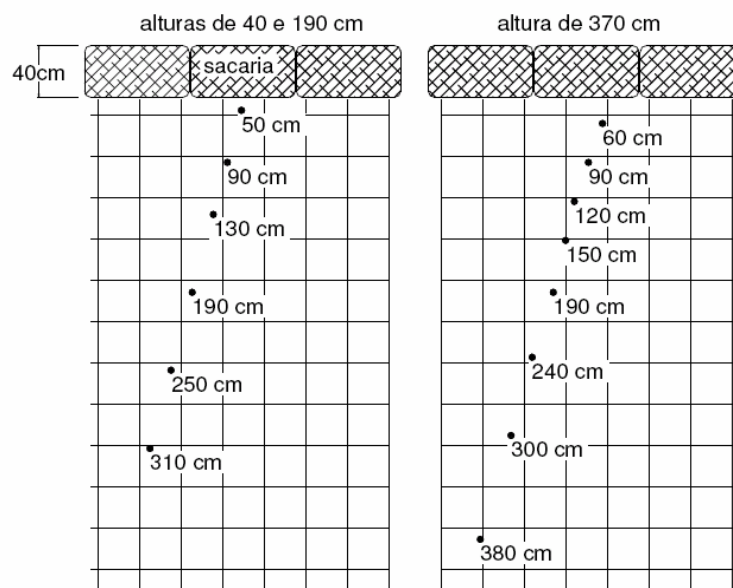


Figura 3.4 – Posicionamento dos *tell-tales* nas geogrelhas, com distâncias referenciadas à face do muro (Becker, 2006).



Figura 3.5 – Disposição dos *tell-tales* na geogrelha e vista da estrutura de suporte do equipamento de leitura na face do muro reforçado (Becker, 2006).

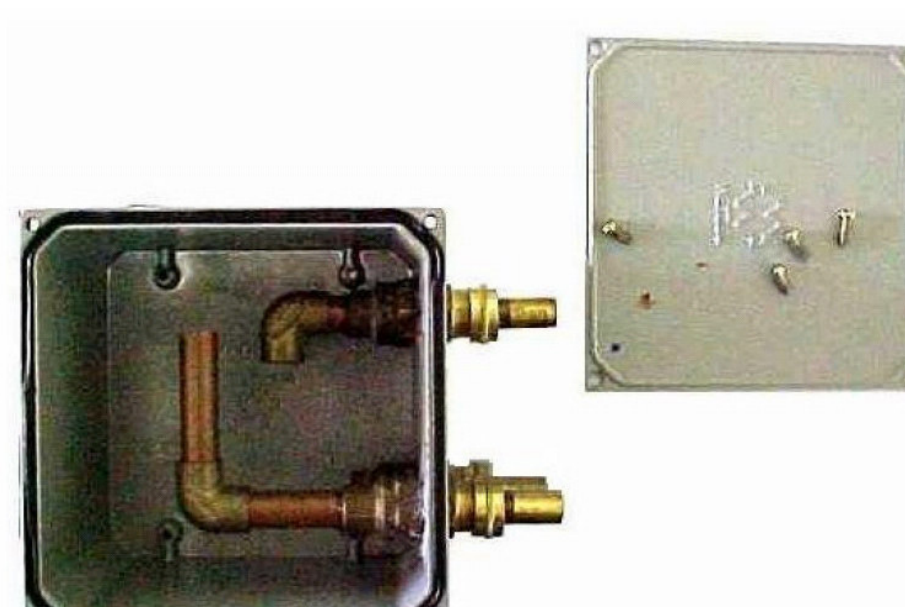


Figura 3.6 – Detalhes da caixa sueca (Becker, 2006).



Figura 3.7 – Marco topográfico instalado na face do muro, entre duas camadas de sacaria (Becker 2006).

A Figura 3.8 apresenta uma seção instrumentada típica e a Tabela 3.4 apresenta um resumo dos instrumentos de medição.

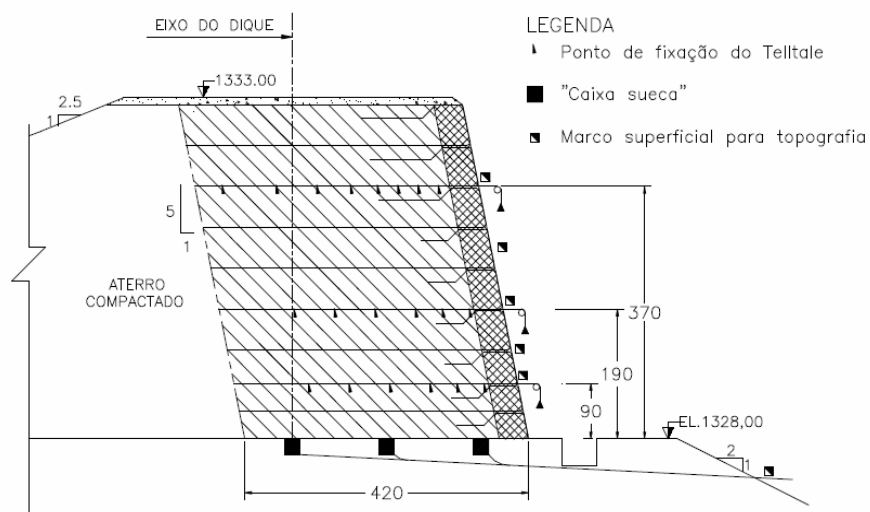


Figura 3.8 – Seção transversal instrumentada com *tell-tales*, marcos superficiais e caixas suecas (Becker 2006).

Tabela 3.4 – Instrumentos empregados no monitoramento do muro de solo reforçado (Becker, 2006).

Instrumento	Localização	Quant. por seção	Quant. total
<i>Tell-tale</i>	Geogrelha de h=40cm	6	40
	Geogrelha de h=190cm	6	
	Geogrelha de h=370cm	8	
Marcos topográficos	Face do muro, em cinco alturas diferentes.	5	10
Caixa sueca	Abaixo da primeira camada do muro	3	6

3.2.4. Resultados da instrumentação do muro

Os resultados da instrumentação descritos neste item foram obtidos de Becker (2006). Só serão apresentados os resultados da seção E20+15.

3.2.4.1. Recalques da base das seções instrumentadas

Os recalques da base do muro foram medidos utilizando caixas suecas, em três pontos A, B e C, a 186, 305 e 447cm afastados da face do muro, respectivamente. Segundo os resultados apresentados na Figura 3.9, os recalques ocorridos durante a construção foram da ordem de 45mm e não houve recalques diferenciais.

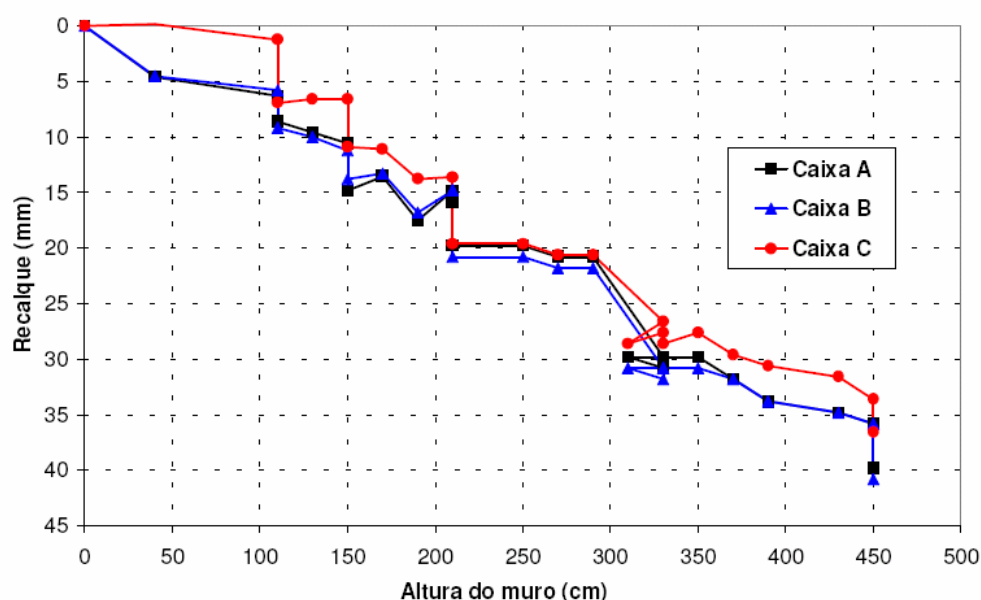


Figura 3.9 – Recalques na base do muro de solo reforçado para a seção E20+15 (Becker, 2006).

3.2.4.2. Resultados dos deslocamentos dos reforços

Conforme a Tabela 3.5 as deformações em geral foram pequenos, alcançando valores menores que 1% para os reforços instrumentados. Adicionalmente foram calculadas as máximas forças de tração a partir dos dados de deformação ao final da construção.

Tabela 3.5 – Forças de tração máxima medidas em campo para o muro 1.

Camada	Elevação (m)	Deformação (%)	Rigidez (kN/m)	Força de tração (kN/m)
3	0,40	0,69	1210	8,30
5	1,90	0,69	1210	8,30
8	3,70	0,68	759	5,1

3.3.

Avaliação experimental de protótipos de solo reforçado com geotêxtil

Como parte da pesquisa desenvolvida por Benjamin (2006) foram construídos e instrumentados oito protótipos de MSR utilizando geotêxteis tecidos e não tecidos. Três diferentes tipos de solo foram utilizados. Para esta pesquisa foi escolhido o protótipo 8, isto é, Muro 2.

3.3.1.

Descrição geral

O protótipo foi construído utilizando a técnica de solo auto-envelopado, com 4m de altura e 3m de comprimento. Os protótipos foram construídos em pares (um encostado no outro) e foram confinadas lateralmente com estruturas de madeira denominadas módulos. Além disso, foram instaladas duas lonas plásticas com graxa entre elas, de forma a reduzir o atrito entre o solo e a estrutura de madeira.

Para a construção do muro foram utilizadas 10 camadas de geotêxteis, com um espaçamento vertical de 0,4m. A estrutura foi embutida 50cm na superfície do terreno, para incrementar sua estabilidade. O sistema de envelopamento foi desenvolvido com suportes metálicos em forma de cantoneira. A inclinação da face é de 1(H):5(V). O aterro foi compactado em camadas de 20cm usando uma placa vibratória de marca *Wacker*, modelo BPS 1135 W, com dimensões iguais a 520mm (largura) x 350mm (comprimento), massa igual a 62kg, frequência vibratória igual a 97 Hz e força centrífuga máxima igual a 11 kN.

3.3.2. Características dos materiais

O solo utilizado na construção do protótipo 8, foi uma areia pura, quartzoza, classificada segundo a NBR 7181 como uma areia média a grossa e com uma massa específica de sólidos de $2,67 \text{ g/cm}^3$. Os parâmetros de resistência foram obtidos de ensaios triaxiais (CD) e cisalhamento direto, usando a mesma densidade e umidade da construção do muro. Os resultados são apresentados na Tabela 3.6.

Foram utilizados na execução do muro geotêxteis tecidos fabricados a partir de fibras de polipropileno Propex 10x50 PP. As características do geotêxtil são apresentadas na Tabela 3.7.

Tabela 3.6 – Parâmetros de resistência ao cisalhamento (Benjamin, 2006).

	Triaxial	Cisalhamento direto
Coesão	16 kN/m^2	15 kN/m^2
Ângulo de atrito	33°	32°

Tabela 3.7 – Características dos geotêxteis (Benjamin, 2006).

Gramatura	$204,4 \text{ g/m}^2$
Espessura	$1,26 \text{ mm}$
Ensaio de resistência à tração	$13,94 \text{ kN/m}$
Deformação na ruptura	$22,67\%$
Rigidez	$61,49 \text{ kN/m}$

3.3.3. Instrumentação

O muro foi instrumentado e monitorado (Figura 3.10) durante e após a construção, medindo-se:

- Deslocamentos verticais do maciço de solo reforçado, usando extensômetros magnéticos;
- Deslocamentos horizontais dos reforços usando *tell-tales*;
- Deslocamentos da face do muro usando equipamentos topográficos.

Os *tell-tales*, consistem em fios inextensíveis de aço inoxidável de 0,35mm de diâmetro, colocados no interior de mangueiras de nylon, com uma extremidade livre e outra fixa em um ponto de leitura ao longo do comprimento do geotêxtil. A extremidade livre é composta por pesos de 500g de aço trefilado, cobertos por uma camada de tinta anti-oxidante. O registro dos deslocamentos foi feito com um paquímetro digital calibrado com uma resolução de 1mm. A Figura 3.11 apresenta um esquema da manta instrumentada e o dispositivo de medição.

Os deslocamentos da face foram acompanhados ao longo do tempo, medindo-se a distância de pontos localizados no centro da cada camada, até um parâmetro fixo, por meio de uma regra graduada com nível, em outros casos foram realizadas por equipamentos topográficos. A Figura 3.12 e 3.13 apresenta os esquemas e vistas do sistema utilizado para a medição.

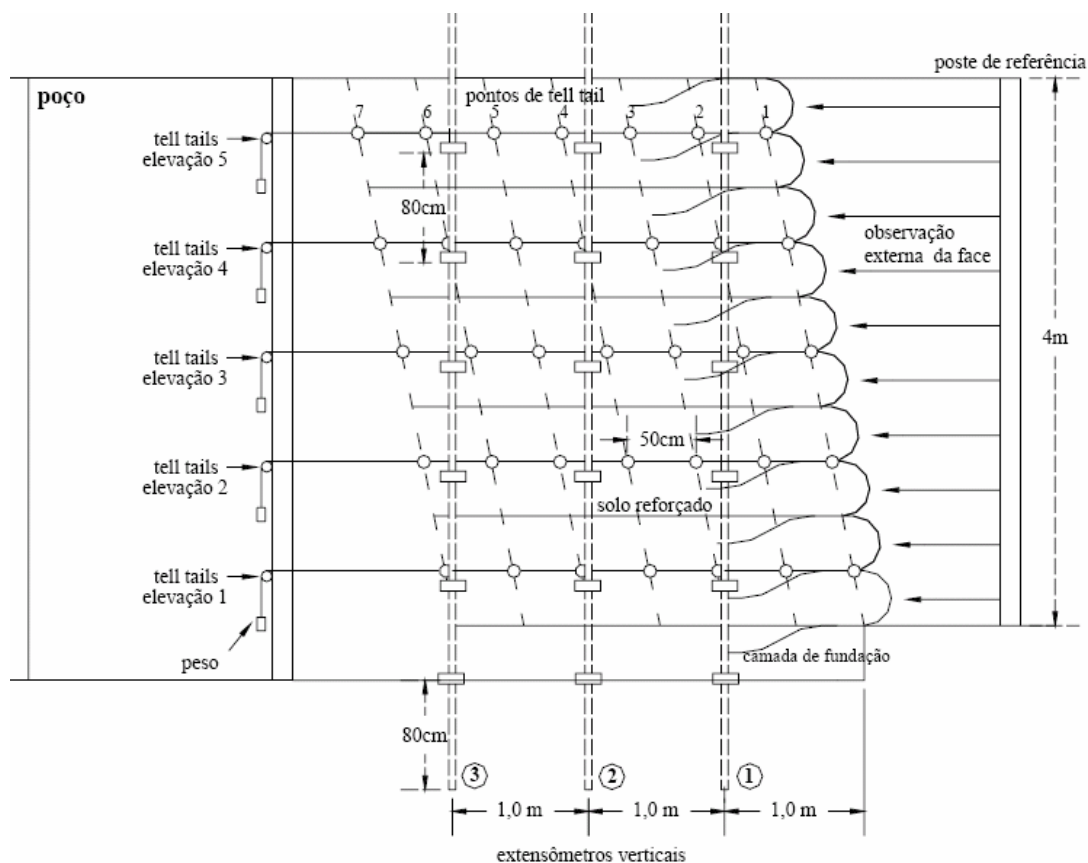


Figura 3.10 – Instrumentação do protótipo (Benjamin, 2006).

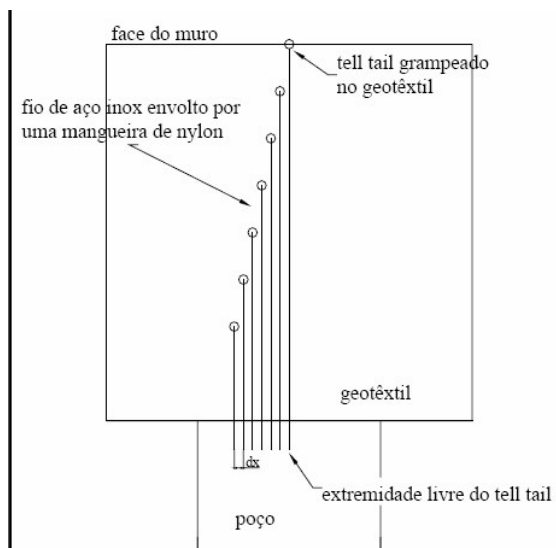


Figura 3.11 – Esquema de uma manta instrumentada com *tell tales* (Benjamin, 2006).

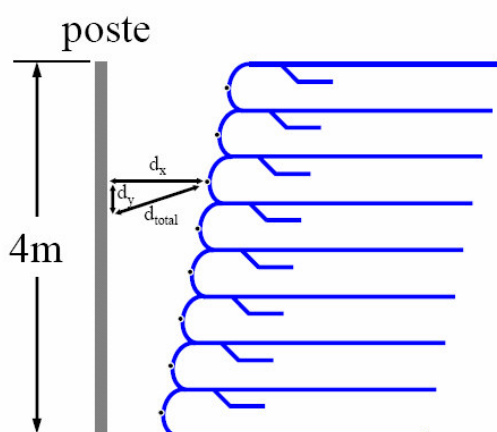


Figura 3.12 – Sistema para acompanhar o deslocamento da face (Benjamin, 2006).



Figura 3.13 – Medição dos deslocamentos da face utilizando equipamentos de topografia (Benjamin, 2006).

3.3.4. Resultados da instrumentação

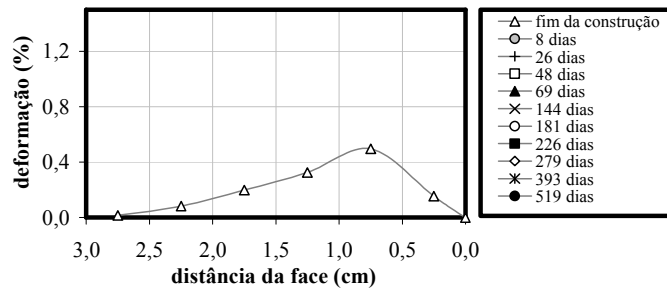
Neste item são apresentados os resultados de deslocamento dos reforços e da face do protótipo 8 (muro 2). As deformações dos reforços foram calculadas a partir da distância relativa entre dois pontos consecutivos de *tell-tales*, encontrando um valor médio para cada segmento. Os deslocamentos da face e do reforço foram medidos durante e após a construção.

3.3.4.1. Deslocamento e deformações no reforço

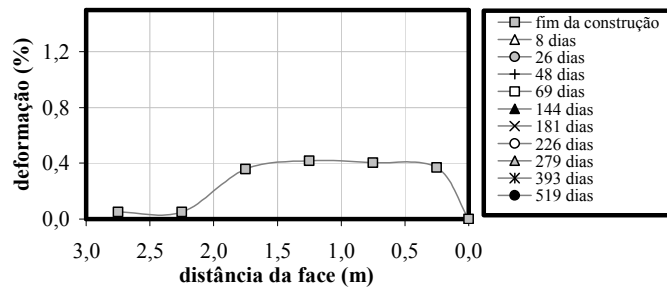
Segundo Benjamin (2006), os resultados registrados pelos *tell-tales*, foram muito pequenos, atingindo valores máximos iguais a 25mm para a camada instalada a 2,8m de altura. Entretanto, as maiores deformações registradas nos reforços para o protótipo 8, no fim da construção, foram iguais a 0,6% atingindo a valores próximos a 1% após 200 dias, aproximadamente. O cálculo das deformações ao final da construção é apresentado na Figura 3.14. Adicionalmente foram calculadas as máximas forças de tração a partir dos dados de deformação ao final da construção conforme é apresentada na Tabela 3.8.

Também foram realizadas leituras no protótipo 8 até 519 dias após a construção. Porém, as deformações permaneceram praticamente estabilizadas após 200 dias, atingindo 1,1% após esse período.

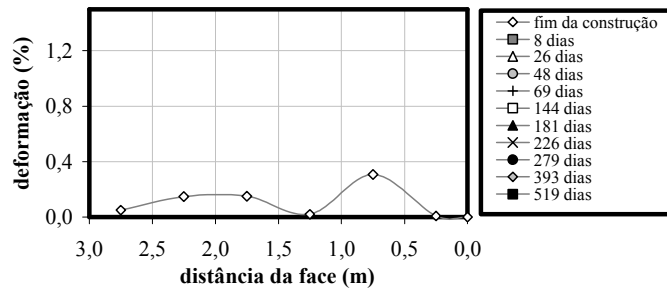
O protótipo 8, apresentou uma superfície de tensão máxima mas afastada da face, apresentando um formato que se situa entre a linearidade e uma forma espiral logarítmica, como pode ser visto pela Figura 3.15.



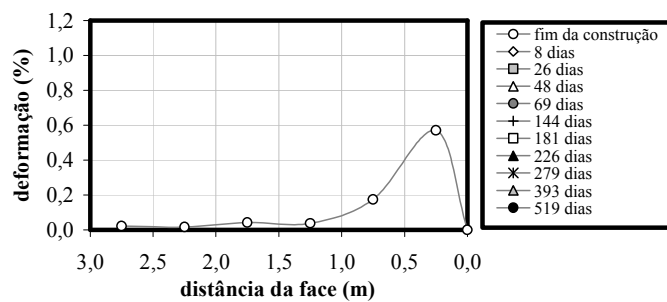
a) Elevação 3,6m



b) Elevação 2,8m



c) Elevação 2,0m



d) Elevação 1,20m

Figura 3.14 – Curvas de deformação para o protótipo 8 ao final da construção (Benjamin 2006).

Tabela 3.8 – Forças de tração máxima medidas em campo para o muro 2.

Camada	Elevação (m)	Deformação (%)	Rigidez (kN/m)	Força de tração (kN/m)
9	3,60	0,50	63,5	0,31
7	2,80	0,42	63,5	0,26
5	2,00	0,31	63,5	0,19
3	1,20	0,58	63,5	0,35

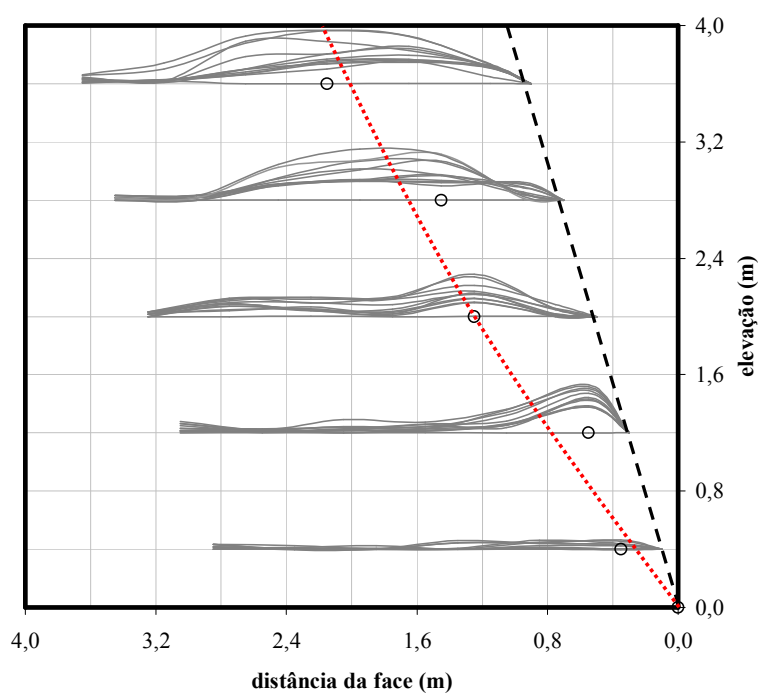


Figura 3.15 – Superfícies de força de tração máxima dos reforços para várias idades (Benjamin, 2006).

3.3.4.2. Deslocamentos da face do muro

Os deslocamentos da face apresentados na Figura 3.16, foram medidos pelos *tell-tales*, o valor máximo atingido foi de 11mm ao final da construção. Em geral os maiores deslocamentos ocorreram a 2/3 da altura do muro durante todo o tempo de leituras.

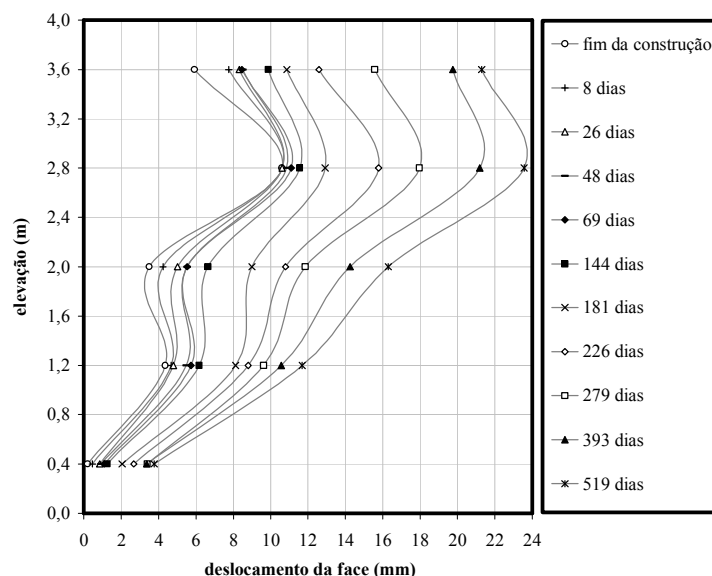


Figura 3.16 – Deslocamentos da face do protótipo 8 medidos diretamente pelos *tell-tales* (Benjamin, 2006).

3.4.

Muro de solo reforçado construído com solos finos tropicais

Como parte da pesquisa desenvolvida por Riccio e Ehrlich (2007) foi monitorado um MSR com geogrelha utilizando solos residuais finos, com o objetivo de aprofundar o entendimento de comportamento mecânico nesse tipo de obra.

3.4.1.

Vista geral

Como parte da ligação das rodovias Carvalho Pinto (SP-070) e Presidente Dutra foi construído uma MSR de 100m de extensão e altura variável ao longo de seu comprimento. Foi monitorada uma seção com 4,2m de altura. O monitoramento foi efetuado por um período de dois meses, incluindo a fase construtiva.

Para a construção do muro foram utilizadas 7 camadas de geogrelhas, com um espaçamento vertical variável de 0,4 e 0,6m. A face desse muro foi composta por blocos segmentados de concreto. O rolo compactador utilizado foi um Dynapac CA 250 PD, operando em alta frequência com carga estática equivalente de 380 kN e largura de rolo de 2,10m.

3.4.2. Características dos materiais

O muro foi construído com dois tipos de solo: uma argila arenosa amarela (solo A) e uma argila arenosa vermelha (solo B). A argila arenosa vermelha foi utilizada até a camada número cinco do aterro e argila arenosa amarela da sexta camada em diante. Os parâmetros de resistência e os índices físicos dos solos em questão são apresentados na Tabela 3.9, 3.10 e 3.11.

Tabela 3.9 – Curvas granulométricas dos solos (Riccio e Ehrlich, 2007).

Solo	Argila	Silte	Areia			Pedregulho
			Fina	Média	Grossa	
A	40	10	21	20	7	2
B	41	11	15	20	11	2

Tabela 3.10 – Resultados dos ensaios de caracterização (Riccio e Ehrlich, 2007).

Solo	LL	LP	IP	Gs
A	38,4	15,7	22,7	2,66
B	48,5	20,1	28,4	2,67

Tabela 3.11 – Resultados dos ensaios triaxiais (Riccio e Ehrlich, 2007).

Solo	Condição de contorno	ϕ' (°)	c' (kPa)
A	Def. plana	48	26
	Axi – simétrica	30	15
B	Def. plana	38	43
	Axi – simétrica	28	35

Foram empregados na execução do muro geogrelhas de PVA Fortrac 55/30-20 e Fortrac 35/20-20. A Tabela 3.12 apresenta as características das geogrelhas dadas pelo fabricante.

Tabela 3.12 – Propriedades nominais das geogrelhas (HUESKER, 1999).

Geogrelha	Resistência à tração (kN/m)	Rigidez (kN/m)	Alongamento na ruptura (%)
Fortrac 55/30-20	55	1100	5
Fortrac 35/20-20	35	700	12

3.4.3. Plano de instrumentação

Segundo Riccio e Ehrlich (2007), o muro foi monitorado ao longo de um período de dois meses, incluindo a fase construtiva. A instrumentação consiste de células de carga para a medição de forças de tração nos reforços, células de pressão total, placas magnéticas e sistemas para medição dos esforços na face. O posicionamento dos instrumentos é apresentado nas Figuras 3.17 e 3.18.

As trações nos reforços foram medidas em quatro diferentes camadas (seção principal, P), sendo que em um determinado nível foram monitoradas duas seções (R2A e R2B, seção de redundância, R). Cada geogrelha foi instrumentada em quatro pontos distintos ao longo de seu comprimento.

No total cinco células de pressão foram posicionadas na fundação com o propósito de verificar a excentricidade de cargas induzidas pelo empuxo da zona não reforçada nas tensões verticais na base do muro.

Extensômetros mecânicos foram posicionados em dois diferentes níveis de reforço, além de placas magnéticas para o controle de recalques dispostas ao longo da altura do aterro, sendo as leituras efetuadas através dos tubos de inclinômetro.

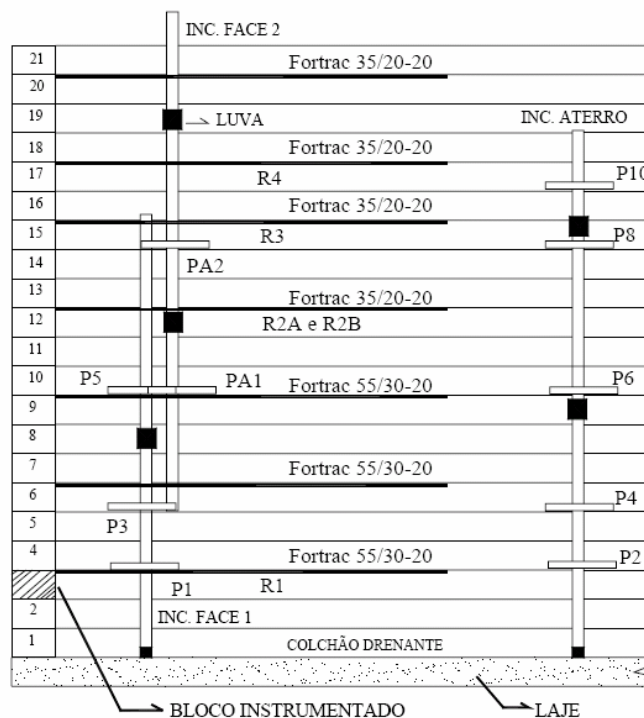


Figura 3.17 – Posicionamento dos instrumentos vista em corte (Riccio e Ehrlich, 2007).

3.4.4. Resultados da instrumentação do muro

Os resultados da instrumentação descritos neste item foram obtido de Riccio e Ehrlich (2007) e só serão apresentados os resultados da forças de tração no reforço e os deslocamentos da face.

3.4.4.1. Forças de tração no reforço

Os resultados registrados pelas células de carga ao final da construção são apresentados na Figura 3.19. Observa-se que as trações máximas não se situaram próximas à face, mas na parte central do reforço, observando-se que no caso do reforço R2A a máxima tração ficou localizada na parte final da geogrelha. Com base na Figura 3.19 foram obtidas as máximas forças de tração ao final da construção, apresentadas na Tabela 3.13.

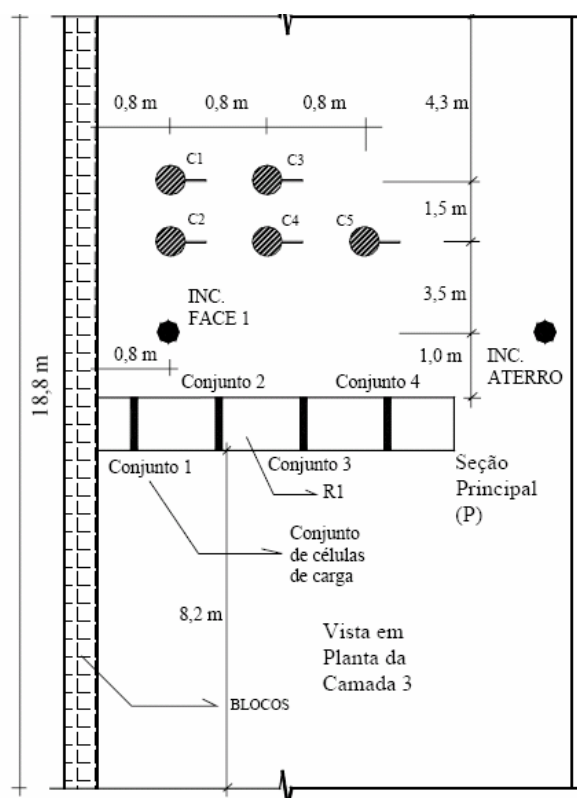


Figura 3.18 – Posicionamento dos instrumentos vista em planta da camada numero 3 (Riccio e Ehrlich, 2007).

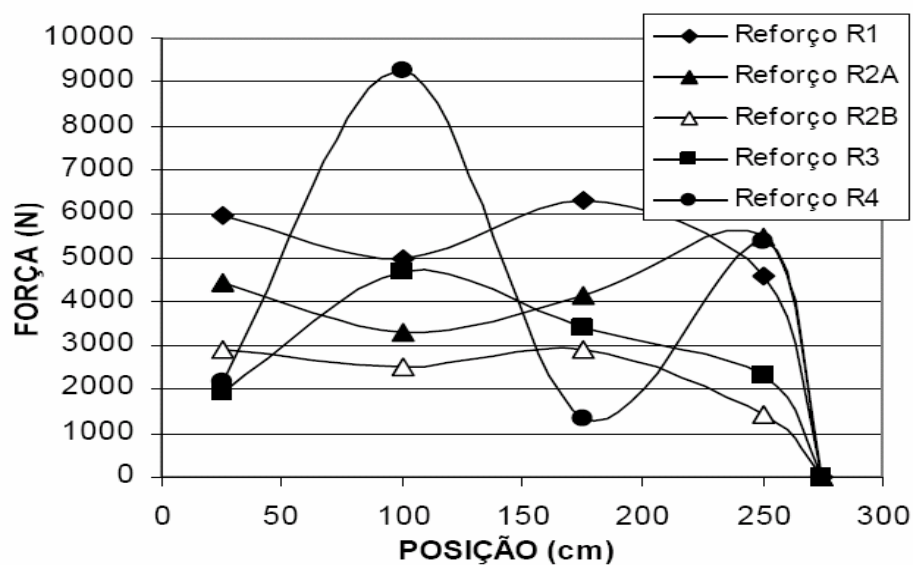


Figura 3.19 – Distribuição de carga ao longo dos reforços instrumentados, ao final da construção (Riccio e Ehrlich, 2007).

Tabela 3.13 – Forças de tração máxima medidas em campo para o muro 3.

Reforço	Elevação (m)	Rigidez do reforço (kN/m)	Forças de tração (kN/m)
R1	0,60	1100	6,36
R2	2,40	700	5,72
R3	3,00	700	4,68
R4	3,40	700	9,32

3.5. Conclusões

Em dois dos três casos avaliados (muros 1 e 2), as forças de tração nos reforços foram estimadas a partir de medições de deslocamentos convertidas em deformações e, posteriormente, em carga utilizando o módulo de deformabilidade do reforço. As deformações dos reforços foram calculadas a partir da distância relativa entre dois pontos consecutivos de *tell-tales*, encontrando-se um valor médio para cada segmento do reforço. Para o muro 3, os dados de força de tração foram medidos diretamente por células de carga. Sabe-se que as principais fontes de erro são:

1. Erro na determinação exata dos deslocamentos em pontos discretos por *tell tale*, devido provavelmente à posição, calibração e não redundância dos dados medidos pelos instrumentos;
2. Erro sistemático no cálculo da deformação, devido à forma de cálculo adotada como um valor médio de dois pontos consecutivos;
3. Erro no módulo de deformabilidade do reforço, que depende do tempo, confinamento do solo e danos de instalação de reforço.

Os muros selecionados nesta pesquisa diferenciam-se, pelo tipo de reforço, tipo de face e método construtivo. Os muros 1 e 3 foram compactados com equipamentos de alta energia (rolos compactadores). Entretanto, o muro 2 foi compactado com equipamento de baixa energia (placa vibratória).

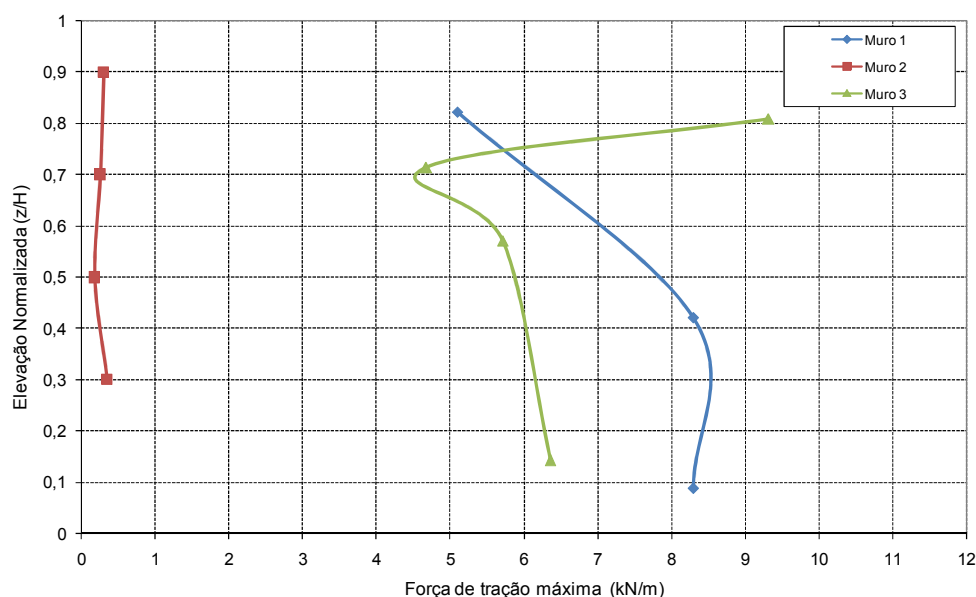


Figura 3.20 – Valores de máxima força de tração medidos em campo.

Segundo a Figura 3.25, observa-se que existe um incremento das forças de tração nas camadas superiores, nos muros 2 e 3, talvez por efeito da compactação. No caso do muro 2, a instrumentação registrou valores de forças de tração menores que 1kN/m. Estes resultados serviram de base para ser confrontados com os métodos de projeto.

A presente pesquisa, não pretende discutir os dados publicados pelos autores. O objetivo é utilizar este banco de dados, para comparar com os resultados de forças de tração nos reforços previstos pelos métodos de projeto tanto analíticos e numéricos, freqüentemente utilizados pelos projetistas.