

Fundações

e Obras Geotécnicas



Ano 7
Nº 74
R\$ 27,00



Novembro de 2016

Rudder
editora

www.revistafundacoes.com.br

ISSN 2176-0666

**DUAS DÉCADAS MARCAM A EVOLUÇÃO DOS MUROS TERRAE
NO BRASIL**

PORTO DO AÇU GANHA TRÊS NOVOS TERMINAIS



DUAS DÉCADAS MARCAM A EVOLUÇÃO DOS MUROS TERRAE NO BRASIL

O sistema que passou por adaptações e melhorias ao longo dos anos ainda é considerado viável e competitivo

Por Dellana Wolney

Há 20 anos um sistema construtivo inovador era desenvolvido no Brasil. Três engenheiros, que na época faziam o mestrado em Geotecnia, encontraram na Incubadora de Empresas da COPPE-UFRJ (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro) a oportunidade para colocar em prática as suas ideias.

Além do sistema, hoje conhecido como "Muros Terrae", Marcos Barreto de Mendonça, Paulo José Brugger e Robson Palhas Saramago também deram início no ano de 1996 à Terrae Engenharia Geotécnica Ltda., empresa especializada em geotecnia e no desenvolvimento de sistemas construtivos. Desde então, os resultados positivos da iniciativa inovadora começaram a aparecer.

Em 1997, a Terrae participou do Prêmio Inovação 97 – Projeto Alfa (RJ) realizado pela FAPERJ (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro), juntamente com o SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas) e MCT (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação). O projeto de desenvolvimento tecnológico intitulado "Muro de Contenção em Solo Reforçado com Face de Blocos Pré-Moldados Intertravados" na época foi o vencedor, dando mais um passo de sucesso nessa história.

A partir do auxílio financeiro recebido pela premiação, os engenheiros começaram a desenvolver os primeiros protótipos do bloco Terrae-F, bem como os ensaios de viabilidade técnica, possibilitado por meio de uma parceria com o Laboratório de Geotecnia da COPPE-UFRJ e sob a supervisão do professor Maurício Ehrlich.

O engenheiro Marcos Barreto de Mendonça lembra que a ideia de desenvolver este tipo de sistema no Brasil veio após a observação do uso de blocos pré-moldados de concreto como elementos de face de contenção em solo reforçado em obras na Europa durante a década de 1990.

Apesar de na época a contenção em solo reforçado não ser muito difundida, tudo indicava que a técnica era bastante promissora.

"Embora o método construtivo do faceamento ainda fosse de difícil execução, mais lento e com uma quantidade grande de resíduos gerados ao final da obra, enxergamos a oportunidade de oferecer por aqui, blocos pré-moldados para o faceamento dessas obras de contenção. Procurou-se criar um desenho de bloco que fosse adequado para os métodos construtivos brasileiros, dando origem inicialmente ao modelo Terrae-F", afirma Mendonça.

Durante o desenvolvimento dos Muros Terrae, diversos desafios foram encontrados, desde a falta de conhecimento das pessoas, até a dificuldade em desenvolver e adaptar equipamentos, mas o principal obstáculo, de acordo com o engenheiro Paulo José Brugger foi mudar a cultura brasileira em relação a esse tipo de sistema. "O País era e ainda é fortemente baseado em soluções de concreto armado. Nossos primeiros projetos sofreram muita resistência de engenheiros projetistas estruturais e mesmo de engenheiros geotécnicos que não conheciam os geossintéticos", relata.

Ele recorda que uma das primeiras obras em uma cidade do interior do Rio de Janeiro, utilizaria a solução para a recuperação de um deslizamento ocorrido em área urbana. "O cliente na época era a prefeitura da cidade, porém um dos vereadores, que era de oposição e dono da rádio local espalhou pela cidade que a prefeitura havia contratado 'uns garotos para executarem um muro de arrimo de pano'. Nem preciso dizer que não conseguimos fazer a obra".

Para o engenheiro Robson Palhas Saramago, o "novo", em geral, sempre encontra resistência, seja por parte dos projetistas que não conhecem a metodologia de cálculo, os



Muro Terraes executado em Maringá (PR)



Muro Terrae executado em Maringá (PR)

empreiteiros que ainda não possuem familiaridade com o método executivo, ou por parte do cliente que nenhum conhecimento possui da técnica e só conhece o “nome” de outras soluções de contenção e recebe a proposta do “novo” com muita desconfiança.

No entanto, as dificuldades não se resumiam apenas a falta de conhecimento da maioria. O suporte técnico e financeiro atrapalhou o processo de fabricação dos blocos, pois a empresa recém-criada não possuía capital para montar a sua própria fábrica. “Tentamos empréstimos junto a órgãos de fomento como FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), FAPERJ e Caixa Econômica Federal, mas nunca conseguimos nada porque não tínhamos as garantias. No Brasil, realmente era muito complicado começar um negócio sem ter capital próprio”, comenta Brugger.

PARCERIA

Não demorou muito para que os engenheiros idealizadores do Muro Terrae conseguissem parcerias. O empresário e diretor-executivo da empresa Huesker (que naquele momento estava se instalando no Brasil), Flávio Montez se juntou ao grupo, por realmente acreditar no futuro sucesso da solução. Dessa forma, ao longo do ano

de 1998 foram realizados diversos testes e obras-piloto que comprovaram a viabilidade técnica e econômica dos Muros Terrae.

“A Huesker acreditou no projeto dos Muros Terrae desde o princípio. Já no primeiro ano de desenvolvimento do primeiro modelo de bloco colaborou com os primeiros testes, em protótipo e em escala real que foram feitos utilizando a nossa geogrelha Fortrac. O negócio foi formatado em conjunto pelas duas empresas. A partir daí, a parceria só cresceu e a Huesker passou a promover os Muros Terrae”, conta o engenheiro, diretor de desenvolvimento de mercado e gerente comercial sudamérica da Huesker, André Estêvão Silva.

Muitas conquistas importantes foram geradas ao longo dos últimos 20 anos por meio desta aliança. Para o engenheiro Paulo José Brugger, os Muros Terrae só funcionam se existir um reforço em geossintético. “Na época existiam poucas empresas que comercializavam geossintéticos no Brasil, e nenhuma comercializava geogrelhas rotineiramente. As geogrelhas já eram conhecidas, mas ainda como um produto importado, caro e difícil de entender e confiar”.

Responsável por disseminar uma visão mais ampla do uso dos geossintéticos em obras de construção civil, Montez



Viaduto Portante, Maringá

SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA

1. Preparação do terreno e início da execução:

- Nivelamento do terreno;
- Execução da fundação, quando for o caso;
- Vala de fundação dos blocos;
- Lastro (concreto magro);
- Colocação da primeira linha de blocos;
- Nivelamento e alinhamento dos blocos;
- Primeira camada de aterro em areia;
- Envelope de brita (dreno de face).

2. Terraplenagem

- Seleção do material de aterro (podendo ser solo local);
- Aterro junto à face: compactação manual;
- Aterro no corpo da estrutura: compactação com rolo adequado;
- Camadas de compactação acabadas na espessura de cada linha de blocos;
- Energia de compactação elevada;
- Controle de compactação (espessura, umidade e grau de compactação).

3. Montagem – Blocos Terrae e Fortrac®:

- Colocação dos blocos (guia de montagem);
- Preenchimento dos blocos com brita;

- Limpeza do excesso de brita sobre os blocos;
- Seleção das geogrelhas conforme especificação de projeto;
- Modulação dos painéis de geogrelha (corte com faca);
- Geogrelha inserida entre blocos (conexão simples ou dupla);
- Geogrelha estendida no comprimento conforme o projeto.

4. Acabamento e cuidados:

- Acabamento arquitetônico;
- Cuidado com o aspecto visual da face;
- Possibilidade de cantos, curvas côncavas ou convexas;
- Acabamento/fechamento do topo da parede;
- Drenagem externa (canaletas);
- Os blocos não são argamassados;
- A resistência dos blocos e das camadas de geogrelhas, o espaçamento entre elas e o comprimento devem seguir as especificações do projeto executivo;
- Detalhamento da drenagem e do acabamento do muro, tipo de solo e grau de compactação devem seguir as especificações do projeto executivo.



Muro Terra na Rodovia dos Tamoios (SP)

trouxe da Alemanha a ideia de abrir uma filial da Huesker, resultando na sintonia instantânea entre os criadores do Muro Terra e a nova empresa que nascia em solos brasileiros. Juntou-se o útil ao agradável: os Muros Terra precisavam de uma geogrelha e a Huesker precisava abrir mercados no Brasil.

“A presença da Huesker abriu o caminho para a participação em feiras e congressos, pois era no seu estande que colocávamos modelos de Muros Terra. Tivemos ainda

incentivo em muitos trabalhos de pesquisa e desenvolvimento que fizemos com universidades, além de obras instrumentadas em campo. Tudo isso contribuiu para mudar a cultura do concreto no País e as pessoas começaram a aceitar que geossintéticos e Muros Terra especificamente são soluções viáveis e seguras”, enfatiza Brugger.

FUNCIONAMENTO

O Muro Terra é um sistema de contenção para muros em



condições de projetos de estruturas de contenção, dentre elas: paisagismo, urbanismo, canalização, revestimento de encostas e infraestrutura viária ou de edificação.

A solução permite uma construção rápida e simples, utilizando o solo local como material de aterro, diminuindo bota-fora e necessidade de importação de solo na obra. Além disso, apresenta grande versatilidade na execução de patamares, curvas e cantos e oferece uma excelente opção de estética para a estrutura a ser construída. Pode ser utilizada em projetos de contenções com grandes alturas ou em áreas com relevos desafiadores.

Um importante aspecto de muros segmentais é a garantia da resistência na conexão entre os blocos de face e a geogrelha. Os Muros Terrae possuem conexão por atrito e intertravamento da porção da geogrelha inserida entre os blocos e a brita que os preenche. Este fator garante que toda a interface na conexão trabalhe para promover a resistência adequada, sem risco de arrancamento ou desprendimento de blocos.

Os Muros Terrae apresentam certificação de todas as combinações: Blocos Terrae e geogrelhas Fortrac utilizadas tipicamente em seus projetos. Os valores de resistência de conexão são obtidos por meio de ensaios apropriados, seguindo o procedimento da NCMA (*National Contract Management Association*) dos Estados Unidos, cujos valores oferecem subsídio para análise da estabilidade local em cada estudo e projeto. Com base nos valores certificados o projetista pode escolher pela especificação de conexão simples ou conexão dupla, com total respaldo e garantia.

LINHA DO TEMPO

Em duas décadas muitas coisas mudam, se adaptam e até mesmo somem. No caso dos Muros Terrae não é diferente. Por ser o primeiro bloco pré-moldado brasileiro para face de solo reforçado, sua fabricação começou de forma manual, por meio de fôrmas metálicas e posteriormente de fibra de vidro. Pelo fato da produção na época se mostrar inviável para a demanda do mercado, o método de fabricação passou a ser mecanizado evoluindo com a progressão geométrica do mercado ao longo dos anos, sendo atualmente fabricado com prensas hidráulicas.

De acordo com Medonça, foram criados ao longo desses anos vários modelos de Blocos Terrae para atender as diferentes solicitações, desde obras menores até contenções de mais de 25 m. "As características da técnica dos Muros Terrae vêm atender também a uma demanda mais moderna, que é a da sustentabilidade na construção civil", destaca.

As modificações no formato e no modo de fabricação dos blocos foram feitas para melhorar a resistência, transporte e peso principalmente, mas o sistema é basicamente o mesmo desde o início. Com o aumento do tamanho das obras e a necessidade de maior produtividade, Paulo Brugger comenta que o desafio passou a ser a logística de fornecimento dos materiais na obra e o trabalho simultâneo a terraplenagem e compactação, que devem acontecer junto com a montagem dos muros.

aterro ou em corte. É um processo construtivo desenvolvido com base nos chamados muros segmentais, compostos por blocos pré-moldados intertravados como paramento frontal e geogrelhas de alta rigidez à tração ou grampos de aço como elementos de reforço e estruturação do maciço, que por sua vez, trabalha como muro de gravidade.

O sistema, hoje amplamente consolidado no meio geotécnico brasileiro, presente em mais de 300 obras no Brasil e no exterior, pode ser utilizado em diversas situações e



Barreira de Som no Aeroporto de Jundiaí (SP)

No final da década passada, especificamente entre os anos 2005 e 2010, o sistema passou a utilizar quase que exclusivamente geogrelhas de PVA (Acetato de Polivinila), que são mais rígidas do que geogrelhas de poliéster. Com a mudança, observou-se que para obras com alturas acima de oito ou dez metros, essa maior rigidez é importante para manter as deformações dentro de valores suficientemente pequenos, a fim de evitar deformações visíveis na face, decorrentes do próprio sistema de compactação dos muros.

DIFERENCIAL

A contenção em solo reforçado é uma técnica, cujo atrativo é a utilização do solo local como principal material de construção da estrutura. A face do solo reforçado em Blocos Terrae é bastante utilizada por garantir uma construção mais racional e sustentável, ao aperfeiçoar as etapas construtivas e resultar numa quantidade muito menor de resíduos. Além disso, a forma de disposição dos blocos permite a execução de contornos mais suaves, proporcionando um aspecto estético diferenciado.

Existem muitos tipos de muros de contenção no Brasil, que

também utilizam muitas técnicas diferentes. Por outro lado, ainda não existem muitos sistemas que empregam em sua estrutura solo reforçado com geogrelhas e face em blocos de concreto, pelo menos se comparando a países da América do Norte, Europa e Ásia.

Um fator preponderante também para que os Muros Terrae ainda sejam perfeitamente modernos segundo Silva é que se trata de um sistema construtivo para obras de contenção com aplicabilidade em diversas situações típicas de projetos de contenção, atendendo a uma ampla demanda. Além disso, tem como características marcantes a facilidade construtiva e o custo competitivo, dois aspectos muito relevantes em projetos de engenharia. "Como produto, o Muro Terrae ainda está em ascensão, pois não atingiu seu estágio máximo de maturidade e popularização, por isso continua com grande potencial de crescimento e ganho de mercado", pontua.

"Acreditamos que os Muros Terrae ainda são muito competitivos, porque fomos os pioneiros no Brasil e porque aliamos a nossa marca à outra mundialmente conhecida, que é a Huesker. Nossa parceria já dura 20 anos e nunca precisamos assinar um contrato ou um papel para isso. Simplesmente



Muro Terrae em Jaguaruna (SC)

todos trabalham em prol de resolver as necessidades dos clientes com segurança, rapidez e preços justos”, revela o engenheiro Paulo José Brugger.

Ele acrescenta que o trabalho de disseminação da solução com parceiros em todo o Brasil para possibilitar a fabricação dos blocos regionalmente foi e ainda é bastante intenso, o resultado disso são os representantes e equipes de montagem presentes em diversos estados brasileiros, bem como as obras com Muros Terrae realizadas em diversas regiões.

NA PRÁTICA

Pelo tamanho da obra e pela responsabilidade e pioneirismo no Brasil, um dos casos mais notáveis, considerado pelos três engenheiros utilizando o sistema Muros Terrae foi o rebaixamento da linha férrea na cidade de Maringá, no Paraná. A obra contratada pela Prefeitura de Maringá, contou com o financiamento do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes).

O projeto ficou a cargo da empresa Vega Engenharia e a execução sob responsabilidade da empresa C.R. Almeida. Na época, foram planejados dois trechos de Muros

FACILIDADE

Para facilitar o trabalho dos projetistas foi desenvolvido, o Programa Forterrae, que utiliza a metodologia de cálculo de estruturas de solo reforçado desenvolvida pelo professor Mauricio Ehrlich e pelo professor J. K. Mitchell. O programa, além de dimensionar a estrutura de solo reforçado, possui uma saída extremamente amigável que fornece além da memória de cálculo, a seção de projeto em DWG (Banco de dados de desenho do AutoCAD). Este programa é gratuito e a equipe responsável pelos Muros Terrae está sempre disponível para fornecer todo apoio ao projetista interessado em utilizar o programa.

Terrae contendo ambos os lados da trincheira, cada um com 1,5 km de extensão a partir de cada extremidade de um segmento anteriormente rebaixado e confinado em galeria.



Aplicação de geogrelhas Fortrac em obras de Muros Terrae

A solução neste caso, possibilitou a utilização do solo local em toda a obra, privilegiando a mínima movimentação de terra durante a execução da terraplenagem para implantação das estruturas de contenção em solo reforçado. Por não exigir a movimentação de equipamentos e operários à frente da sua linha de locação houve a operação ininterrupta da linha férrea durante todo o período da obra. A construção se deu a uma velocidade muito elevada, com índices de produtividade

atingindo o patamar de 120 m² de face acabada por dia de trabalho.

De um total de sete viadutos construídos, cinco foram executados com apoio direto sobre a crista do Muro Terrae. Ao longo de todo o trecho, a estrutura opera como base para vias urbanas expressas, o que contribuiu muito para a melhoria da mobilidade na região central da cidade. O Muro Terrae, com altura típica de 10 m ao longo de todo o trecho, foi uma ótima opção estética para a obra. Com mais de 60 mil m² de face e 6 km de extensão, somando-se as duas paredes da trincheira é um dos maiores e mais longos muros segmentais já implantados no mundo.

Há também um relevante caso de obra mais recente. No início deste ano foi executado um Muro Terrae para a implantação do pedágio da Rodovia dos Tamoios, na cidade de Paraibuna (SP). O muro tem aproximadamente 200 metros de comprimento e o maior desafio foi a sua grande altura, de aproximadamente 25 metros, assim como o cronograma apertado para a finalização das obras, mesmo em períodos de chuvas na região.

O projeto foi feito pela empresa Engecorps Ltda., e a execução pela empresa FBS Construtora Ltda., sob fiscalização da Concessionária Nota Tamoios. "A obra, com aproximadamente 5 mil metros quadrados de face, foi construída em aproximadamente quatro meses. Nos momentos de pico da produção foi montada uma tenda gigante sobre todo o canteiro de obras do muro para proteger a terraplenagem das chuvas", recorda.

TRABALHO CONTÍNUO

O esforço para melhorias não para. Desde o início do desenvolvimento dos Muros Terrae no Brasil trabalhos de pesquisa e desenvolvimento conjuntos, tanto com a Huesker, quanto com universidades têm sido desenvolvidos. A cooperação com a UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) é um exemplo real e importante nessa história. Já foram feitas pesquisas em várias teses de mestrado e doutorado com a instrumentação de protótipos de muros construídos em laboratório e instrumentação de obras nas mais diversas aplicações, desde muros que utilizaram solos bastante finos como muros portantes.

Robson Palhas Saramago diz que nos últimos 20 anos, baseado em pesquisas, outros formatos de blocos foram desenvolvidos e patenteados, a resistência da conexão foi estudada a partir do desenvolvimento de equipamento específico de laboratório, geogrelhas mais resistentes e menos deformáveis foram desenvolvidas e se conseguiu melhorias no traço dos blocos de concreto.

Ele acredita que a proximidade dos Muros Terrae com a pesquisa se dá de forma intensa e constante. "Costumo associar que isto se deve ao fato dos três sócios dos Muros Terrae possuírem formação semelhante. Todos são mestres e doutores pela COPPE-UFRJ, sendo que dois ainda atuam como professores de universidades federais".

Ao recordar o grande trabalho, o desenvolvimento da ideia



Da esquerda para a direita: Marcos Barreto, Paulo Brugger e Robson Saramago

e as dificuldades de implementação do sistema ao longo destas duas décadas, o resultado para Saramago é satisfatório. "Fico extremamente feliz com o sucesso alcançado pelos Muros Terrae, porém tenho certeza que ainda temos muito trabalho pela frente. Estamos com energia para participarmos de mais pesquisas, de contribuirmos com a técnica e com a engenharia e de oferecermos sempre a melhor solução para o mercado", conclui. 🌱