

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA PARA REGISTRAR E GERENCIAR RESULTADOS DE ENSAIOS DE TRAÇÃO EM MATERIAIS GEOSSINTÉTICOS

Benedito de Souza Bueno¹, Aparecido Silva², Clever Aparecido Valentin^{3...}

¹Escola de Engenharia de São Carlos - USP, Depto. de Geotecnica, Laboratório de Geossintéticos, São Carlos - SP, Brasil,
bs-bueno@sc.usp.br

² Proteu - Comércio e Fabricação de Equipamentos para Laboratórios, São Carlos, SP, Brasil, at_proj@yahoo.com.br

³Escola de Engenharia de São Carlos - USP, Depto. de Geotecnica, Laboratório de Geossintéticos, São Carlos - SP, Brasil,
cclever@sc.usp.br

Resumo: Em nível mundial, (Europa, América do Norte e Extremo Oriente) os geossintéticos têm sido amplamente empregados nos diversos tipos de obras civis (viárias, hidráulicas, geotécnicas e de proteção ambiental, entre outras). O consumo mundial, por ano, atinge cifras superiores a 1 bilhão de metros quadrados, constituindo-se em uma fatia de mercado extremamente atraente. O mercado de geossintéticos brasileiro é ainda modesto, mas cresce anualmente, apesar da crise que o país atravessa. Isso ocorre especialmente porque são materiais versáteis, que geralmente agregam segurança e redução de custos. Além disto, auxiliam, de maneira muito intensa, na preservação do meio ambiente. O Brasil possui uma elite de pesquisadores e projetistas de excelente nível técnico e exporta geossintéticos para vários países, incluindo a Europa. Apesar disto, o país se ressente de um Laboratório de ensaios que possa fazer testes básicos como os de tração seguindo os rigores das normas técnicas vigentes. Deve-se mencionar que os controles de qualidade e a certificação começam ser exigidos nos principais mercados mundiais. Estas barreiras são alicerçadas em ensaios de laboratório. Pretendeu-se com este projeto conceber, projetar, construir e testar um conjunto de equipamentos que permitam fazer ensaios de tração em geossintéticos do variados tipos registrando-se os alongamentos sem ter contato com os corpos de prova. Trata-se de um desenvolvimento sem similar nacional e que pode ter forte apelo comercial e que, certamente, será muito útil ao desenvolvimento dos geossintéticos no país. Este artigo apresenta o desenvolvimento e alguns resultados obtidos como o novo sistema de monitoramento dos ensaios de tração em faixa larga de geossintéticos.

Palavras chave: geossintéticos, ensaio de faixa larga, medidor de deslocamento, medidor a laser.

1. INTRODUÇÃO

Os geossintéticos são o que há de mais moderno hoje em dia em termos de materiais de construção de obras geotécnicas. Este conjunto de materiais constitui uma família de produtos

em que e destacam os geotêxteis (tecido e não tecido), as geogrelhas, as geomembranas e os geocompostos para drenagem. Nas várias obras em podem ser empregados, os geossintéticos exercem funções de reforço, drenagem e filtração e impermeabilização.

Na maioria das aplicações os geossintéticos permanecem tracionados durante toda a vida útil da obra. Em vista disto a resistência à tração constitui uma propriedade fundamental de caracterização dos geossintéticos(ASTM D 4595, 2001; ASTM D 4885, 2001; ISO 10319 1987; NBR 12824,1993)

Os avanços tecnológicos têm impulsionado o desenvolvimento de produtos cada vez mais resistentes. Há hoje geogrelhas que se rompem cm cargas de 3000kN (ou 300 toneladas) por metro de largura. Além disto, há produtos cuja deformação de ruptura atinge apenas de 2 a 3%.

Materiais resistentes e de superfície relativamente lisa ou ainda quebradiços, como os produtos à base de fibra de vidro, por exemplo, que são extremamente difíceis de ensaiados KOERNER, 2003; STEVENSON, P. E. (1999).. Há dois aspectos a serem observados nestes ensaios, quais sejam, (i) fixar a amostra na garra de tração sem lhe provocar danos e (ii) dispor de instrumental para o registro de forças e deslocamentos.

Com estes resultados é possível definir os gráficos tensão x deformação que permite selecionar aspectos de projeto.

Este trabalho tem como objetivo mostrar as dificuldades de execução de ensaios de tração em geossintéticos resistentes e introduzir os desenvolvimentos feitos nesta área no laboratório de geossintéticos da USP/São Carlos.

2. GARRAS DE FIXAÇÃO

A fixação de corpos de prova para a execução de ensaios de tração em faixa larga é feita com garras com, pelo menos, 200 mm de largura. A qualidade da garra é vital para a perfeita determinação da resistência à tração dos

geossintéticos. As garras mais comuns são as de mordentes. Dentre estas, as de aperto por parafusos são as mais baratas. Embora eficientes na sua classe, as garras de aperto por parafusos são bastante adequadas para ensaiar apenas geotêxteis não tecidos. Com qualquer material, o aperto excessivo dos parafusos ou o uso de mordentes com arestas muito vivas geralmente causa danos físicos à amostra.

Uma garra de aperto por parafusos, desenvolvida no laboratório de geossintéticos da USP/São Carlos pode ser vista na Figura 01. Trata-se de uma peça simples e de elevada capacidade de aperto. No entanto, para prender os corpos de prova de materiais muito resistentes e lisos é preciso impor um aperto de monta, cujo controle de intensidade de um corpo de prova para o outro é difícil de ser de ser controlado.

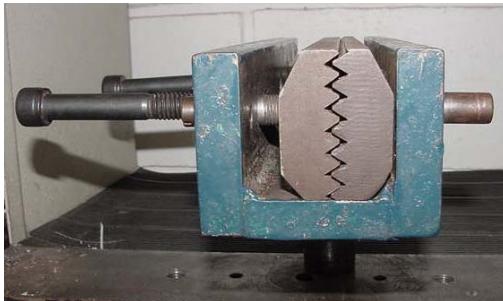


Figura 01: Exemplo de garra de aperto por parafusos

Além disto, como pode ser notado, devido aos mordentes possuírem arestas vivas, é muito provável que se imponha ao material certo nível de dano. Um outro detalhe importante a ser notado é que neste tipo de garra restringe qualquer movimento lateral do corpo de prova nas suas proximidades. É sabido que muitas matérias têxteis apresentam estrição e que este fenômeno seria impedido de ocorrer nas proximidades da garra. Nestes casos, podem-se ter rupturas prematuras do material que ocorrem exatamente nas proximidades das garras.

Ainda na classe de garras de aperto, as pneumáticas ou hidráulicas, permitem um controle maior das pressões aplicadas e, por este motivo, quando possuem mordentes largos podem ser utilizadas para ensaiar materiais de qualquer resistência. O problema deste tipo de garra é se ter um projeto adequado (amplitude de pressões aplicadas, dimensões e superfície dos mordentes, etc.) e o elevado preço das garras mais elaboradas. Recentemente desenvolvemos um projeto de uma garra pneumática junto à empresa EMIC - Pr. O protótipo do laboratório vem se mostrando muito efetivo para ensaiar geotêxtil não tecido. Modificações implementadas neste protótipo (disponível no Laboratório de Geossintéticos da EESC-USP) permitiu ampliar a gama de materiais para os quais a garra se mostra efetiva, mas nestes não se incluem os geotêxteis tecidos mais resistentes e as geogrelhas com capamento.

A Figura 02 mostra o protótipo desenvolvido. Percebe-se desta figura que este protótipo apresenta alguns problemas de desempenho a começar pela falta de verticalidade, pois o peso dos pistões, colocados na parte traseira induzem uma rotação, especialmente na garra superior. Além disto, no projeto original os mordentes eram fixos à carcaça por parafusos situados à frente dos pistões. Para removê-los, é

necessário retirar os pistões. Finalmente os mordentes são estreitos, o que limita o uso da garra a geotêxteis não tecidos e materiais com resistência de até cerca de 30kN/m.

O protótipo do laboratório sofreu várias alterações para minimizar os equívocos do projeto dentro do possível. Um novo projeto para este tipo de garra está sendo discutido no seio do Laboratório de Geossintéticos para incrementar este tipo de equipamento, que está sendo adquirido por empresas do mercado de geossintéticos.



Figura 02: Exemplo de garra pneumática desenvolvida pela EMIC em parceria como LG-SGS.

Garras hidráulicas de boa qualidade são muito caras, o que torna o uso incompatível com a realidade dos nossos laboratórios. Em vista disto, e pelo excelente desempenho técnico que apresentam, as garras de rolete vem sendo muito empregadas para ensaiar materiais de elevada resistência ou muito lisos. Portanto, este tipo de garra foi selecionado para ser implementada neste projeto.

A garra desenvolvida obedeceu aos preceitos técnicos mais modernos de aperto e de facilidade de manuseio. Os cantos e entalhes foram projetados de forma a não provocar danos às amostras ensaiadas, por mais delicadas que sejam. A Figura 03, a seguir, mostra um esquema da garra projetada e a Figura 04, uma vista da garra construída.

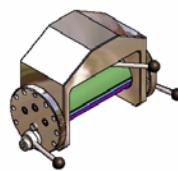


Figura 03: Vista esquemática da garra projetada.

A manivela central, mostrada nas Figuras 03 e 04, permite abrir e fechar as mandíbulas e, assim, prender o corpo de prova. As manivelas laterais permitem travar o sistema depois que se impõe uma ou mais voltas ao corpo de prova, em torno do eixo da garra.

A garra foi amplamente testada empregando-se materiais lisos e de alta resistência (geotêxtil tecido), por exemplo, como mostram os resultados da Tabela 1, a seguir.



Figura 04: Vista do protótipo da garra já pronta e instalada

Tabela 1: Comparação de resultados de geotêxtil tecido.

Ensaio	Garra desenvolvida	Garra convencional
	T_{ult} (kN/m)	T_{ult} (kN/m)
1	47,86	40,00
2	49,12	38,41
3	45,69	38,30
4	51,22	37,94
5	50,13	39,64
Média	48,80	38,86

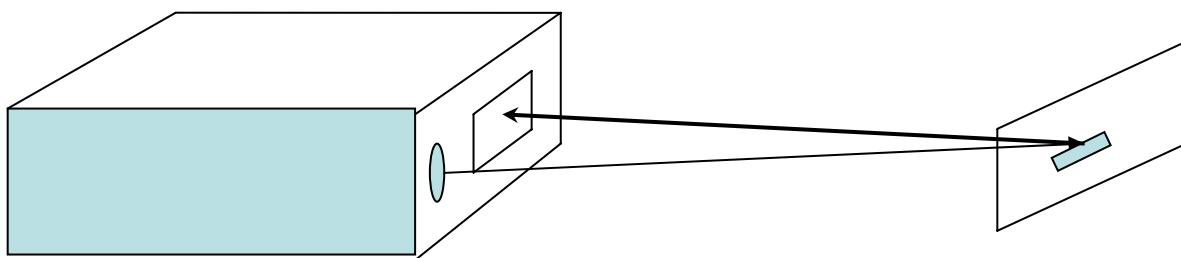


Figura 05: Vista do sensor a laser

3. O SENSOR ÓTICO

Os equipamentos de medição de deslocamentos, sem contato com os corpos de prova, disponíveis no mercado, são protegidos por patentes e tem preço muito elevado. Desta forma, o desenvolvimento feito nesta etapa do trabalho baseou-se em uma concepção básica de funcionamento, sem se ter, de fato, uma comprovação do acerto da escolha. O equipamento desenvolvido é um protótipo, a partir do qual se pode, evidentemente, programar novos aperfeiçoamentos no sentido de melhorar o seu desempenho. Acredita-se, porém, que este protótipo atende os requisitos imaginados na fase de concepção e projeto.

O esquema básico concebido considera que, feitas duas marcas em um corpo de prova de um material geossintético resistente (uma geogrelha, por exemplo), o aparelho inicialmente registra a distância entre estes dois pontos e, a partir daí, acompanha os deslocamentos destas marcas, registrando em cada tempo as suas novas distâncias. Desta forma, em cada instante do ensaio, torna-se possível calcular as deformações axiais da amostra ensaiada.

As características deste sistema o tornam atraente por não tocar a amostra durante o ensaio, seja pelas dificuldades de fixação a uma garra (porque ela é muito sensível, se requer a medida da deformação em zonas diferentes das usuais), seja porque a amostra não permite o acesso direto de um medidor convencional (material aquecido, superfície irregular, etc.).

O sistema de funcionamento do sensor concebido é muito simples, como pode ser visto na Figura 5. Um feixe de luz é emitido em direção ao alvo, e que refletido atinge o receptor.

Esta informação é obtida e transmitida a um controlador lógico programável (CLP).

No presente caso, o comportamento do sensor a laser é diferente do seu uso convencional de registro da distância pelo ângulo de incidência do feixe de luz, antes ele deve comportar-se de uma maneira totalmente diferente com o feixe de laser tendo a única função de detectar a posição do alvo. O sistema, neste caso, é comandado pelo CLP. Um CLP pode exercer várias funções para as quais ele é dimensionado, entre elas, substituir múltiplos relês, temporizadores, contadores, etc., permitindo que atividades simples possam ser realizadas por meio de um software de gerenciamento.

No presente projeto, o CLP comanda um motor de passo de acordo com decisões lógicas orientadas por programação. O motor de passo, por sua vez, aciona um fuso que, ao seu tempo, desloca o sensor para cima ou para baixo, para que ele sempre possa estar recebendo o facho de luz refletido pelo alvo. Ajustes finos do motor de passo são necessários para que este acompanhamento seja preciso. A medida do deslocamento do alvo, em si, é registrada por um encoder que conta o número de giros impostos ao fuso. A partir deste número de giros determina-se o deslocamento sofrido pelo alvo.

Para atingir uma boa resolução a um custo compatível, foi adquirido um motor de passo com um recurso denominado teco stepping, que permite ajustes finos de movimentos verticais.

Vários cuidados precisaram ser tomados na concepção deste equipamento tão delicado. Entre estes cuidados destacam-se

a montagem em plataforma nivelada, a perfeita verticalidade do sistema, principalmente das hastes, a capacidade de aproximação da amostra para aumentar a resolução, a necessidade de se dispor de um computador para fazer o gerenciamento do sistema e de um rack para dispor de local vedado para colocação dos circuitos elétricos, chaves de comando, etc.. O rack foi elaborado em perfis vazados de alumínio.

Indispensável dizer que as qualidades de hastes, fusos e encoder são fundamentais para se obter uma boa resolução do equipamento. Além disto, procurou-se prestigiar a indústria e o comércio nacional não apenas por questão de custo das partes, mas para se dispor, efetivamente, de um equipamento em que se pode ter ação sobre quase todos os seus controles.

As Figuras 06 e 07 mostram vistas da estrutura com destaque para fusos guias, motores de passo, encoders e sensores.

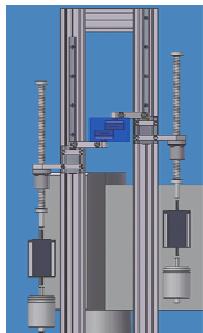


Figura 06: Vista esquemática geral do equipamento concebido.

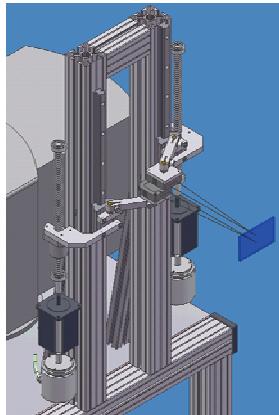


Figura 07: Vista esquemática geral do equipamento com destaque para os sensores.

Destaque especial foi dado às articulações que garantem a perfeita movimentação do sistema, conforme mostra a Figura 08.

O sistema foi montado em um gabinete tubular que alia rigidez e leveza. Este gabinete apóia-se sobre rodízios para dar-lhe mobilidade. A rigidez da peça é necessária para garantir a verticalidade de guias e fusos e a funcionalidade do sistema óptico. A Figura 09 mostra um esquema do conjunto e a Figura 10 traz uma vista do equipamento já construído. Nota-se que o esquema da Figura 09 foi

ampliado na sua parte posterior para receber os componentes de registro dos deslocamentos.

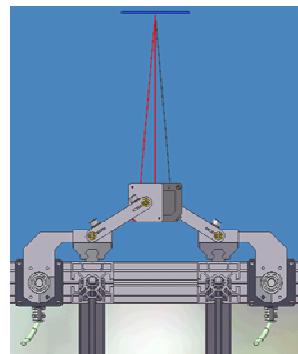


Figura 08: Vista esquemática geral do equipamento com destaque para articulações.

Foram feitas algumas adaptações no esquema concebido. Os motores de passo e os encoders foram deslocados para a parte superior das hastes para compatibilizar espaços e características dos equipamentos. Além disto, o módulo do CLP, que inclui toda a de circuitos e o CLP e a base foi aproveitada para acomodar a CPU do microcomputador. O gabinete recebe na sua parte posterior os circuitos de ligação das várias partes componentes do sistema controlados pelo CLP e o seu corpo permite receber um microcomputador para controle das ações do medidor. Além disto, as torres serão revestidas com uma estrutura em chapa para proteger as partes sensíveis de poeira e, além disto, para dar um acabamento industrial ao equipamento.

O projeto elétrico do equipamento foi reavaliado e depois de pronto o sistema foi exaustivamente testado. Neste tempo, o equipamento sofreu pequenas modificações no projeto. A mais importante modificação introduzida foi a introdução de um sistema pneumático de elevação de todo o equipamento para permitir o seu fácil nivelamento e a sua fixação na posição de ensaio. Depois do uso, pode-se desligar o sistema pneumático e o aparelho pode ser movimentado com os seus rodilhos.

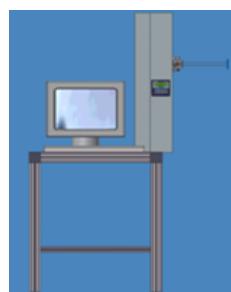


Figura 09: Vista esquemática do equipamento desenvolvido

O programa gerenciador foi escrito para fazer as coletas de informações e os seus tratamentos em tempo real. Em cada instante que este registro das informações é feito, via o CLP, um sinal da célula de carga, que registrar a carga atuante no corpo de prova, e o sinal dos medidores, permitem calcular as grandezas forças e defrontações. Este par de valores permite ao programa lançar um ponto em um gráfico que correlaciona a carga aplicada ao corpo de prova x deformação sofrida naquele instante, que constitui o resultado esperado do ensaio.



Figura 10: Vista do equipamento já construído

Tabela 2: Comparação de resultados de resistência à tração e de deformação de geotêxtil tecido obtidos com a garra de rolete desenvolvida e com o sistema convencional (subida da garra) e com o medidor externo.

Ensaio	Medidor externo		Sistema Convencional	
	Resistência (kN/m)	Deformação (%)	Resistência (kN/m)	Deformação (%)
1	47,73	14,12	48,12	44,31
2	48,43	12,65	48,92	46,39
3	44,22	11,25	45,31	55,99
4	50,54	14,00	50,14	60,56
5	49,13	14,52	49,71	54,09
6	51,24	12,86	52,67	58,2
7	50,85	14,50	50,54	61,33
8	47,49	13,50	48,34	55,78
9	46,32	12,96	46,50	45,28
10	50,54	14,00	50,51	53,67
Média	48,65	13,44	49,08	53,56

Da fase de calibração obteve-se as seguintes características básicas:

- ✓ Curso: 100 mm;
- ✓ Erro: 0,05%
- ✓ Resolução: 0,01mm;
- ✓ Distância ótima de operação: 100 mm
- ✓ Velocidade de captação: 3 pontos por segundo.

4. RESULTADOS TÍPICOS

Apresentam-se a seguir resultados obtidos com o sistema desenvolvido.

4.1 GEOTÊXIL TECIDO

Os geotêxteis tecidos entre nós têm sido empregados em várias situações em que se exige o conhecimento das suas características de tração, i.e., a força e a deformação de ruptura.

O equipamento foi amplamente testado em uma fase de calibração e vem sendo utilizado rotineiramente no Laboratório de Geossintéticos da USP/São Carlos. A Tabela 2, a seguir, mostra a importância de se dispor de um medidor externo de deformações quando se emprega a garra de roletes. Percebe-se, por exemplo, que as deformações do corpo de prova sem o emprego de um medidor externo é extremamente elevada tendo em vista não se dispor de um de um comprimento inicial fixo e ao fato de haver deformação inclusive na porção do material enrolado na garra. Neste trecho as taxas de deformação são decrescentes, à medida que se aproxima da extremidade do corpo de prova, além do que são totalmente diferentes da taxa de deformação do trecho livre.

As Tabelas 3 e 4 resumem resultados obtidos de dois ensaios, listados apenas como exemplo, com uso dos equipamentos desenvolvidos. As Figuras 11 e 12 mostram as curvas, força versus deformação, obtidas para estes dois casos. Percebe-se, por exemplo, que as cargas de ruptura nominais foram atingidas em ambos os casos, quais sejam 45 e 15 kN/m, respectivamente. Além disto, vê-se que as deformações do primeiro geotêxtil na ruptura são muito pequenas, 7,26%, enquanto que as do segundo são muito maiores, 19,91%. A consistência dos resultados obtidos em um ou outro caso, e os valores dos coeficientes de variação são indícios de que os valores obtidos são os reais para os dois materiais ensaiados. Note-se que com os equipamentos disponíveis até então não seria possível ensaiar com segurança o material 1 no Laboratório de Geossintéticos. Apenas agora, com a garra de rolete e o medidor externo, isto se torna viável.

Tabela 03: Resultados de ensaio em geotêxtil tecido 01

Ensaio	Força (kN)	Deformação (%)	Força / Larg. (kN/m)
1	9,08	6,85	45,90
2	8,76	7,87	44,84
3	8,60	7,42	44,88
4	9,02	6,28	45,37
5	9,24	7,90	45,31
Média	8,94	7,26	45,26
Coef.Var.(%)	2,86	9,53	0,96

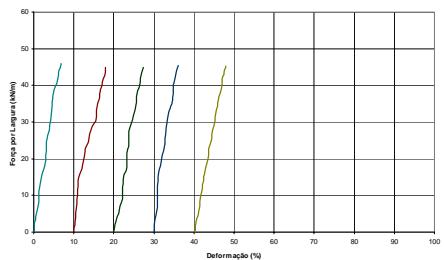


Figura 11: Curvas força versus deslocamentos do geotêxtil tecido 01

Tabela 4: Resultados de ensaio em geotêxtil tecido 02

Ensaio	Força (kN)	Def.Especif. (%)	Força / Larg. (kN/m)
1	3,01	19,37	15,98
2	3,51	21,30	17,20
3	3,23	21,55	16,23
4	3,31	17,49	16,22
5	3,01	19,81	16,76
Média	3,21	19,91	16,48
Coef.Var.(%)	6,58	8,25	2,98

4.2 GEOGRELHA DE PET

As geogrelhas de PET são muito utilizadas no Brasil em obras de reforço de solos. Além de apresentarem elevada resistência à tração e deformação que varia entre 10 e 25%, dependendo do tipo de filamento empregado na confecção, estes materiais apresentam também pequena susceptibilidade à fluência.

De um modo geral as curvas, força versus deslocamento, apresentam um formato característico com uma mudança de inclinação (perda de rigidez) que ocorre pro volta dos 5 a 6% de deformação. A curva resultante lembra um esse (S) suave ou quando a perda de rigidez é mais acentuada, a curva resultante lembra uma cadeira estilizada.

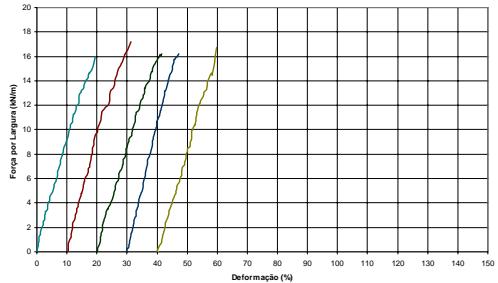


Figura 12: Curvas força versus deslocamentos do geotêxtil tecido 02.

Três exemplos foram pinçados de dezenas de ensaios á executados com os equipamentos já desenvolvidos com o intuito de mostrar, mais uma vez, a importância, para o Laboratório de Geossintéticos, dos equipamentos desenvolvidos. Foram tomadas uma geogrelha com relativamente baixa carga de ruptura por unidade de largura (30 kN/m), uma outra com valor médio (60 kN/m) e uma com valor alto (110 kN/m), Figuras 13, 14 e 15 e Tabelas 5, 6 e 7, respectivamente. Nota-se, por exemplo, que os coeficientes de variação tanto da forças quanto das deformações de ruptura são muito baixos, especialmente para as geogrelhas mais resistentes. A boa qualidade do produto foi amplamente captada pelos equipamentos desenvolvidos. Por outro lado os equipamentos evidenciaram que a amostra ensaiada da geogrelha 02 forneceu um valor de força pro unidade e largura na ruptura inferior ao valor nominal, enquanto a geogrelha 03 forneceu um valor superior ao valor de catálogo.

Tabela 5: Resultados de ensaio em geogrelha 01.

Ensaio	Força (kN)	Deformação (%)	Força / Larg. (kN/m)
1	6,25	12,88	29,63
2	6,57	12,23	30,62
3	6,69	13,62	31,17
4	6,39	13,96	29,78
5	6,13	11,96	29,88
Média	6,41	12,93	30,22
Coef.Var.(%)	3,54	6,65	2,17

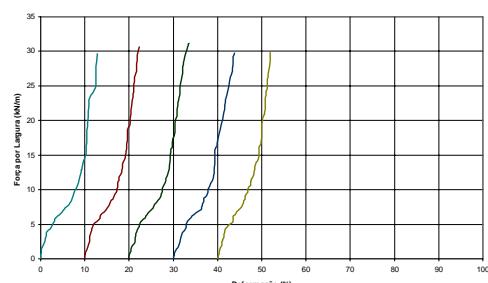


Figura 13: Curvas força versus deslocamentos da geogrelha 01.

Tabela 6: Resultados de ensaio em geogrelha 02.

Ensaio	Força (kN)	Deformação (%)	Força / Larg. (kN/m)
1	10,36	12,81	58,39
2	10,49	14,17	59,18
3	10,57	13,29	59,97
4	10,30	12,42	58,05
5	10,65	12,97	60,08
Média	10,47	13,13	59,13
Coef.Var. (%)	1,42	5,02	1,54

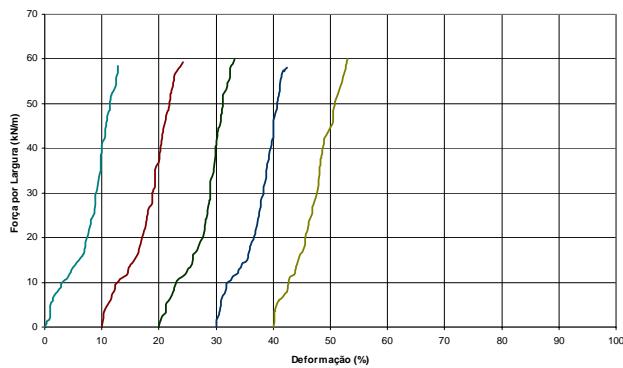


Figura 14: Curvas força versus deslocamentos da geogrelha 02.

Tabela 7: Resultados de ensaio em geogrelha 3.

Ensaio	Força (kN)	Deformação (%)	Força / Larg. (kN/m)
1	25,04	20,67	125,84
2	24,59	20,85	123,58
3	23,94	20,48	120,33
4	23,84	20,95	119,82
5	22,89	21,30	115,06
Média	23,84	20,84	125,84
Coef.Var. (%)	123,58	123,58	123,58

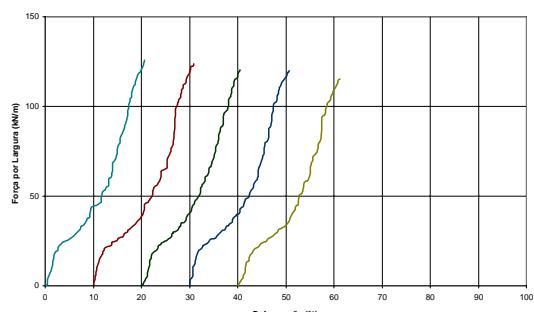


Figura 15: Curvas força versus deslocamentos da geogrelha 02.

4.3 GEOGRELHAS DE FIBRA DE VIDRO.

As fibras de vidro têm sido empregadas também na confecção de geogrelhas. Com estas fibras podem-se obter produtos resistentes que apresentam deformações muito baixas, a depender dos cuidados no processo de fabricação. Estas geogrelhas têm superfícies muito lisas, serão mais rugosas quando bem capeadas e são empregadas em situações em que requer deformações muito pequenas, com na área de pavimentos rodoviários.

Dois exemplos de geogrelhas de fibra de vidro, dentre os vários tipos testados no Laboratório de Geossintéticos, foram pinçados como exemplo. Em ambos os casos, a força por unidade e largura nominal é de 80 kN/m, Tabelas 8 e 9 e Figuras 16 e 17.

Nota-se inicialmente que as curvas resultantes são completamente diferentes das curvas das geogrelhas de PET. As curvas não mostram aquela perda de rigidez inicial que caracteriza o assento da curva cadeira, características das geogrelhas PET. Desta forma, as deformações ocorrem de forma contínua e são mobilizadas de forma crescente com o aumento da força.

Os valores medidos de deformação são muito baixos, cerca de 2% em ambos os casos e as forças por unidade de largura, na ruptura, levemente superior ao valor nominal.

Tabela 8: Resultados de ensaios em geogrelha de fibra de vidro 01.

Parâmetro	Força	Def.Especif.	Força / Larg.
Unidade	(kN)	(%)	(kN/m)
1	15,92	1,80	89,19
2	14,47	1,92	81,09
3	14,87	1,63	83,32
4	14,72	2,03	82,49
5	15,67	2,93	87,79
Média	15,13	2,06	84,78
Coef.Var. (%)	4,15	24,60	4,15

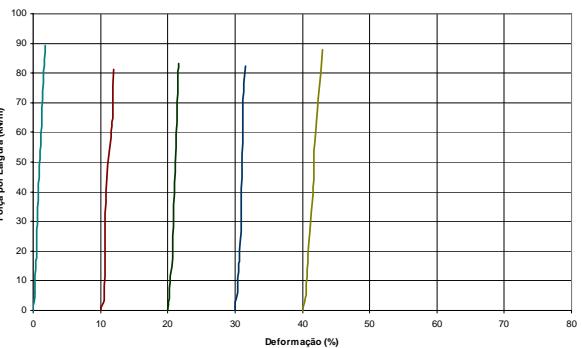


Figura 16: Curvas força versus deslocamentos em geogrelha de fibra de vidro 01.

Tabela 9: Resultados de ensaios em geogrelha de fibra de vidro 02.

Ensaio	Força (kN)	Deformação (%)	Força / Larg. (kN/m)
1	17,11	1,80	83,91
2	16,31	2,20	80,00
3	17,46	2,12	84,62
4	17,11	1,88	83,91
5	17,11	1,88	83,91
Média	17,02	1,97	83,27
Coef.Var.(%)	2,49	8,68	2,23

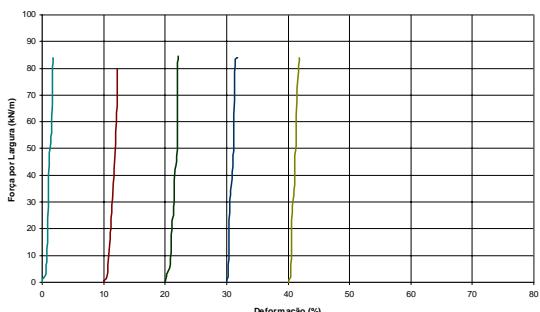


Figura 17: Curvas força versus deslocamentos em geogrelha de fibra de vidro 02.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O princípio de funcionamento escolhido para o desenvolvimento do projeto do sistema de ensaios de tração de materiais geossintéticos resistentes – garra de rolete e medidor externo de deslocamentos – mostrou conveniente para a faixa de preço escolhida. Obviamente, pode-se sofisticar o sistema escolhendo-se fusos, motores de passo e CLPs de melhor qualidade, se uma resolução menor for necessária. No entanto, para as necessidades dos ensaios de tração em faixa larga de materiais geossintéticos, mesmo os mais resistentes e lisos, o equipamento construído funcionou muito bem.

O equipamento apresenta uma resolução adequada, excelentes repetibilidade e acurácia. Para ser utilizado como um acessório em laboratórios de geossintéticos, optou-se por construir o sistema isolado abrigando todos os desenvolvimentos efetuados e que fosse capaz de:

- dispor de apoio para microcomputador que abrigasse o programa gerenciador do ensaio – o sistema é montado em um gabinete auto-portante;
- movimentar-se com facilidade – o sistema possui rodízios;
- nivelar-se e de efetuar o travamento das rodas – foi acoplado ao conjunto um sistema de pés de controle pneumático;

Ao logo do último ano, foram feitos dezenas de ensaios com vários tipos de materiais geossintéticos. Em todos estes casos o sistema desenvolvido tem-se mostrado adequado.

O equipamento, no entanto, não mede movimentos de compressão. Seria necessária uma nova programação do CLP para incorporar esta facilidade. Além disto, o CLP adquirido permite que se capte apenas 3 resultados por segundo. Em algumas aplicações pode ser necessária uma maior velocidade de captação maior. Para atender tais casos seria necessário adquirir um CLP de melhor qualidade e, portanto, de maior custo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP pelo apoio financeiro dado aos desenvolvimentos dos equipamentos.

REFERÊNCIAS

- [1] ASTM D 4595: Tensile Properties of Geotextiles by the Wide-Width Strip Method, 2001, 10p.
- [2] ASTM D 4885: Determining Strength Performance of Geomembranes by the Wide Strip Tensile Method, 2001, 10p.
- [3] ISO 10319 Geotextiles - Wide-width tensile test.
- [4] KOERNER, G. (2003) The Struggle over High Strength Geotextile Testing, GFR, June/July 2003 pp. 12-14.
- [5] NBR 12824:1993 Geotêxteis - Determinação da resistência à tração não confinada em ensaio de faixa larga.
- [6] STEVENSON, P. E. (1999) Grips, Clamping Techniques and Strain Measurement for Testing Geosynthetics, Editor, ASTM Special technical Publication, 1379.