

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO

COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ARIANA ANDRADE GOMES

ESTUDO DA INTERAÇÃO ENTRE SOLO E GEOTÊXTIL

MONOGRAFIA

ARACAJU

2014

G633e Gomes, Arianá Andrade

Estudo da interação entre solo e geotêxtil / Arianá Andrade Gomes. - Aracaju: IFS, 2014.

63 p. : il.

Monografia do curso de Engenharia Civil – Coordenadoria de Engenharia Civil, Instituto Federal de Sergipe, 2014.

Orientador: Andréa Santana Teixeira Lins

Co-Orientador: Emília de Souza Rezende Guedes

Inclui Bibliografia

1. Geossintéticos. 2. Geotêxteis. 3. Bidim. 4. Solos reforçados. I. Título.

CDU: 624

ARIANA ANDRADE GOMES

ESTUDO DA INTERAÇÃO ENTRE SOLO E GEOTÊXTIL

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, da Coordenação do Curso de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Sergipe Campus Aracaju.

Orientador: Profa. Msc. Andréa Santana Teixeira Lins.

Co-Orientador: Profs. Msc. Emiliana de Souza Rezende Guedes.

ARACAJU

2014

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDO DA INTERAÇÃO ENTRE SOLO E GEOTÊXTIL

Nº 07

ARIANA ANDRADE GOMES

Esta monografia foi apresentada às 13:00 horas do dia 10 de novembro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof(a). Dra. Gisela Azevedo Menezes
Brasileiro
(IFS Campus Aracaju)

Prof(a). Msc. Emiliana de Souza
Rezende Guedes
(IFS Campus Aracaju)

Co- Orientadora

Prof(a). Msc. Andréa Santana Teixeira
Lins
(IFS Campus Aracaju)
Orientadora

Prof. Msc. Marcílio Fabiano Goivinho
da Silva
(IFS – Campus Aracaju)
Coordenador(a) da COEC

Dedico este trabalho à minha família, e aos meus amigos pelos momentos de ausência no decorrer da execução do estudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora Prof. Msc. Andrea Santana pela sabedoria com que me guiou, pelos ensinamentos passados, pela dedicação, comprometimento e paciência durante a realização do estudo.

A minha co-orientadora Prof. Emiliana Guedes, pelos ensinamentos passados.

Ao meu amigo Davi Alvelos por toda ajuda, paciência e dedicação na realização do nosso trabalho.

Ao amigo Bruno Menezes pela grande ajuda na realização dos ensaios.

A colega Larissa Prata pela grande ajuda na realização dos ensaios.

Aos amigos Carlos Henrique e Leônidas Fróes pela cooperação nos ensaios.

A Rhodia pelo material de estudo cedido.

A Engenheira Ana Raquel Leal Barbosa pelo material de estudo cedido.

A Engenheira Larissa Rezende pelo material de estudo cedido.

Aos meus colegas de sala.

Aos meus colegas de curso.

A Coordenação do Curso, pela cooperação.

Os profissionais do laboratório que sempre se mostraram dispostos ajudar.

A minha família, por todo apoio e confiança.

A todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

“Existe apenas um caminho, mas sem fé você não vê”. (LEITTE, Claudia).

RESUMO

GOMES, Ariananda Andrade. Estudo de interação entre solo e geotêxtil. 63. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe Campus Aracaju. 2014.

O presente estudo mostra um breve histórico da utilização dos geotêxteis, desde seu surgimento na Mesopotâmia em 1400 a.C., onde ainda não possuía este nome, mas apresentava a mesma ideia da técnica utilizada nos dias de hoje, passando pela sua utilização no Brasil e também suas últimas evoluções com o produto RT16, do fabricante Rhodia.

Posteriormente, apresentam-se os ensaios realizados para caracterizar o solo utilizado nas modelagens objeto desse estudo. Todos os ensaios foram executados de acordo com as técnicas vigentes.

Foram realizadas nove modelagens diferentes utilizando uma caixa de vidro onde o solo foi arrumado em camadas e reforçado com geotêxtil do tipo não tecido formando assim um talude de 90°. Em seguida, o talude foi submetido a um carregamento uniforme a fim de se analisar sua estabilidade.

Por fim, conclui-se pelos melhores arranjos executados, ou seja, os arranjos que além de suportarem as cargas aplicadas utilizaram a menor quantidade de geotêxtil.

Palavras-chave: Geossintéticos. Geotêxteis. Bidim. Solos reforçados.

ABSTRACT

GOMES, Ariana Andrade. Study of interaction between soil and geotextile. 63. Monograph (Bachelor of Civil Engineering) Federal Institute of Education, Science and Technology Campus Sergipe Aracaju. 2014.

This study shows a brief history of the use of geotextiles, since its inception in Mesopotamia in 1400 BC, which still did not have this name, but had the same idea of the technique used today, through its use in Brazil and its latest developments with the RT16 product, the manufacturer Rhodia.

Later, we present the tests performed to characterize the soil used in the modeling object of this study. All assays were performed in accordance with existing techniques.

They were performed using nine different modeling a glass case where the soil was layered neat and reinforced with geotextile type nonwoven thereby forming a slope of 90 °. Then, the slope was subjected to a uniform load in order to analyze its stability.

Finally, it is concluded that the best run arrangements, ie arrangements that besides withstand the applied loads used the least amount of geotextile.

Keywords: Geosynthetics . Geotextiles . Bidim . Reinforced soils.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Aquário.....	26
Figura 2 - Anteparo.	27
Figura 3 - Suporte pra segurar o anteparo.	27
Figura 4 - Barrotes.	28
Figura 5 - Bidim.	28
Figura 6 - Pá.....	29
Figura 7 - Tachinhas.	29
Figura 8 - Bloco cerâmico estrutural.....	30
Figura 9 - Arrumação do material utilizado.....	31
Figura 10 - Ensaio do ângulo de atrito pronto.	32
Figura 11 - Ângulo de atrito concluído.....	32
Figura 12 - Valores para o calculo da tangente.....	33
Figura 13 - Fina camada de solo sobre o vidro.	34
Figura 14 - 1ª camada de solo.	34
Figura 15 - Primeira camada concluída.....	35
Figura 16 - Fina camada de solo sobre o.....	35
Figura 17 - Arranjo N1 pronto.....	35
Figura 18 - Arranjo N1 concluído.....	36
Figura 19 - Retirada dos vazios.....	37
Figura 20 - Embutimento do arranjo N2.	38
Figura 21 - Arranjo N2 pronto.....	38
Figura 22 - Arranjo N2 concluído.....	39
Figura 23 - Arranjo N2 carregado.....	40
Figura 24 - Arranjo N3 pronto.....	42
Figura 25 - Arranjo N3 concluído.....	43
Figura 26 - Embutimento do arranjo N4.	44
Figura 27 - Arranjo N4 pronto.....	45
Figura 28 - Arranjo N4 concluído.....	45
Figura 29 - Arranjo N4 carregado.....	46
Figura 30 - Arranjo experimental 1 pronto.....	47
Figura 31 - Arranjo experimental 1 concluído.....	48
Figura 32 - Arranjo experimental 1 carregado.....	48

Figura 33 - Embutimento do arranjo N5.	50
Figura 34 - Arranjo N5 pronto.	51
Figura 35 - Arranjo N5 concluído.	51
Figura 36 - Arranjo N5 carregado.	52
Figura 37 - Arranjo N6 pronto.	54
Figura 38 - Arranjo N6 concluído.	54
Figura 39 - Arranjo N6 carregado.	55
Figura 40 - Arranjo N7 pronto.	58
Figura 41 - Arranjo N7 concluído.	58
Figura 42 - Ensaio experimental 2 pronto.	59
Figura 43 - Ensaio experimental 2 concluído.	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Propriedades mecânicas do RT16.	21
Quadro 2 - Propriedades Hidráulicas do RT 16.....	21
Quadro 3 - Propriedades físicas do RT16.	22
Quadro 4 - Resumo dos ensaios granulométricos.	24
Quadro 5 - Peso dos blocos cerâmicos.....	40
Quadro 6- resumo das modelagens executadas.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS

a.C.	Antes de Cristo.
IFS	Instituto Federal de Sergipe.

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
CC	Coeficiente de curvatura do solo.
CU	Coeficiente de uniformidade do solo.
IC	Índice de Consistência.
IP	Índice de Plasticidade.
LL	Limite de Liquidez.
LP	Limite de Plasticidade.
NBR	Normas Brasileira Regulamentadora.
PIBIC	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica.
RT	Resistência a tração.
UV	Ultravioleta.

LISTA DE ACRÔNIMOS

ASTM	American Society for Testing and Materials.
ISO	International Organization for Standardization.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1	GEOSSINTÉTICOS	16
2.2	GEOTÊXTEIS	16
2.3	HISTÓRICO DO USO DE GEOTÊXTEIS	17
2.4	CARACTERÍSTICAS DOS GEOTÊXTEIS NÃO TECIDOS	18
2.4.1	BIDIM.....	20
3	ANÁLISE DO SOLO	22
3.1	PREPARAÇÃO DA AMOSTRA	22
3.1.1	ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE NATURAL	23
3.1.2	ANÁLISE DO SOLO	23
4	METODOLOGIA	25
5	MODELAGEM SOLO-GEOTÊXTIL	30
5.1	ENSAIO DO ÂNGULO DE ATRITO DO SOLO.....	30
5.2	MODELAGEM DOS ARRANJOS	33
5.2.1	ARRANJOS COM QUATRO CAMADAS	34
5.2.2	ARRANJOS COM TRÊS CAMADAS.....	49
5.2.3	ARRANJOS COM DUAS CAMADAS	56
6	CONCLUSÃO	61
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1 INTRODUÇÃO

Reforço de solo nada mais é que a introdução de materiais ao solo a fim de melhorar suas características como, por exemplo, sua resistência, deformabilidade, permeabilidade, entre outras propriedades.

Um destes materiais que podem ser utilizados como reforço de solo são os geossintéticos. Os primeiros registros da utilização de elementos buscando a melhoria do solo, datam de 1400 a.C., na Mesopotâmia, nas muralhas de Ziggurat de Agar Quf. A .Em seguida, a técnica também pode ser vista em trechos da Grande Muralha da China. Nos dois casos a técnica utilizada foi a adição de raízes a massa de solo, ou seja, as raízes agiram como manta e foram intercaladas com o solo. Um outro relato são as estradas Incas onde nestas foram utilizadas entre as camadas de solo, manta feita do pêlo de lhama. No Brasil, tem-se alguns registros de construção sob solos moles com a adição de mantas feitas de folhas e galhos entre camadas de solos.

Segundo Mitchell e Villet (1987) em 1960, o engenheiro francês Henri Vidal, introduziu tiras metálicas para reforçar um aterro, criando assim o conceito de terra armada. Com isso, indústria de tal seguimento, passou a desenvolver diferentes tipos de reforços geossintéticos: geogrelhas, geocélulas, geomembranas, fibro-solo e geotêxteis (tecidos e não-tecidos).

Para John (1987), ainda na década de 1950 os holandeses e os americanos, começaram a utilizar os geotêxteis. A indústria petroquímica foi a grande responsável pela maioria dos produtos inovadores que ainda são utilizados atualmente, como ¹Kevlar e polímeros. As petroquímicas ainda hoje são as maiores responsáveis pela fabricação dos geotêxteis.

Na década de 1970, cresceu bastante a utilização de geotêxteis na América este fato foi seguido da invenção de novos geossintéticos como: geomembranas;

Kevlar¹ - é uma marca registrada da DuPont para uma fibra sintética de aramida muito resistente e leve. Trata-se de um polímero resistente ao calor e sete vezes mais resistente que o aço por unidade de peso. O kevlar é usado no fabrico de cintos de segurança, cordas e construções aeronáuticas.

geogrelhas; e geocompostos. Desta forma, as fabricantes dos geossintéticos passaram a investir em pesquisas para assim melhora a qualidade dos produtos já existentes, aumentando assim a confiança em seus produtos e estimulando cada vez mais a sua utilização. Tais melhorias foram:

- Melhoria das características físicas;
- Melhoria das características mecânicas;
- Escassez de produtos naturais que faziam às vezes de geotêxteis, bem como uma melhor consciência ambiental e a percepção de um limite para as fontes naturais não renováveis;
- Maior especialização da mão de obra;
- Redução de custos de fabricação;
- Redução de custos de execução;
- Maior confiabilidade no geossintético através de pesquisas e observação de obras que utilizaram os geotêxteis há anos.

Com o passar dos tempos, as empresas fabricantes destes produtos, passaram a financiar pesquisas junto às universidades, incentivando assim a realização e participação de congressos sobre geossintéticos, esta pratica trouxe benefícios incalculáveis, como um conhecimento profundo dos geotêxteis e como os mesmos se comportam, uma maior divulgação no meio acadêmico e ao longo dos anos, através de resultados das pesquisas e congressos, uma maior aceitação, utilização e confiabilidade. No Brasil esta prática também é uma realidade e pode ser observada nos mais diversos centros de pesquisa.

O objetivo geral desse estudo é caracterizar o solo em estudo para assim encontrar a sua denominação, proceder à análise do comportamento de um solo reforçado com geotêxtil do tipo tecido submetido a um carregamento uniformemente distribuído.

Os objetivos específicos do estudo são:

- Caracterizar o solo a ser empregado no modelo;
- Comparar os diferentes comportamentos de um dado solo em função das várias arrumações executadas no presente estudo;

- Apresentar o arranjo que obteve melhor desempenho, ou seja, que suportou a carga aplicada e que necessitou da menor quantidade de geotêxtil, propondo soluções para os demais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GEOSSINTÉTICOS

Geossintético consiste em um termo utilizado para denominar uma gama de produtos, que se propõem a conferir melhorias em diversas propriedades do solo, tais como, resistência mecânica, deformabilidade, permeabilidade, dentre outras. Percebe-se que existem várias propriedades que são particulares aos tipos de solos e, as diferentes obras de engenharia se propõem a se beneficiar de uma ou de algumas destas.

Assim quando se tem uma deficiência ou insuficiência de alguma das propriedades, para finalidade a qual o solo será destinado, pode-se, através da utilização de geossintéticos, melhorar o seu uso conferindo-lhe assim, após a intervenção nos mesmos, condições adequadas para sua utilização. Por exemplo, para obras em que a drenagem ou filtração deve ter uma melhor eficiência, as propriedades que o geossintético introduzido deve atender são: excelente capacidade filtrante, resistência mecânica, durabilidade e boa capacidade de descarga.

Assim, deve-se primeiramente conhecer bem as propriedades do solo ao qual se está beneficiando para a obra em questão. Em segundo lugar, conhecer o tipo de geossintético que será utilizado e se o mesmo possui capacidade de melhorar as propriedades que serão importantes para a finalidade do projeto. E, por fim, se a forma como será utilizado o material e a interação solo-componente, ocorrerão de forma satisfatória.

2.2 GEOTÊXTEIS

São um tipo de geossintético que, em geral, é utilizado quando se quer obter filtração, drenagem, separação, proteção ou reforço de um determinado solo.

Outras funções poderiam ser mencionadas, no entanto essas poderão considerar-se casos particulares das anteriormente apresentadas.

A seguir têm-se alguns exemplos das funções citadas acima:

- Filtragem: Quando o geotêxtil é utilizado para esta função, espera-se que a passagem de líquidos seja permitida e, que a passagem das partículas de solo seja bloqueada;

- Drenagem: Quando o geotêxtil é utilizado para esta função, espera-se que este absorva e conduza os fluidos;

- Separação: Quando o geotêxtil é utilizado para esta função, espera-se que este aja como uma barreira separando duas camadas de materiais, evitando assim, possíveis contaminações, misturas ou contato entre as duas partes;

- Reforço: Quando o geotêxtil é utilizado para esta função espera-se que este combata ações de esforços tentando excluir ou diminuir possíveis danos causados as superfícies ou camadas.

Os geotêxteis são bastante utilizados em obras de ferrovias, rodovias, túneis, contenção de encostas, drenagem subterrânea e construção de reservatórios.

Estes polímeros são materiais em crescente utilização na Engenharia Civil e, principalmente em obras geotécnicas. Sua fácil aplicação, seu baixo custo e o grande leque de utilidades destes materiais os tornam muito interessantes visto que as técnicas e os materiais tradicionais não apresentam estas características, comprovando claramente o crescente aumento da sua utilização.

2.3 HISTÓRICO DO USO DE GEOTÊXTEIS

Segundo John (1987), a primeira vez que um geotêxtil tecido de algodão foi utilizado com a finalidade de reforço de camadas asfálticas em pavimentos foi feita pelo departamento de estradas da Carolina do Sul nos Estados Unidos, em 1926. O surgimento do primeiro polímero sintético pôde ser observado nos anos 40. Para Barret, (1996) a primeira aplicação de um geotêxtil de fibras sintéticas foi em 1950, na Flórida. De acordo com Gicot e Perfetti, (1982), a Europa teve sua primeira aplicação de geotêxteis tecidos em de 1960 na Holanda, e, segundo Vantrain e Puig (1969) de geotêxteis não-tecidos na França em 1969.

No dos anos 70 pôde-se verificar um grande aumento na utilização dos geotêxtis. Estima-se que apenas na América do Norte o uso de geotêxteis cresceu

de 2 milhões para 90 milhões de metros quadrados (John 1987). Essa utilização cresce 15% ao ano, em volume. Esse crescimento pode ser explicado pelo surgimento de outros materiais como: as geomembranas; as geogrelhas; geocompostos; e, outros. No início todos estes materiais foram classificados como geossintéticos.

Em 1977 ocorreu o primeiro grande congresso internacional de Paris, cujo tema era Geotêxteis, alguns anos mais tarde em 1982 o mesmo congresso voltou a correr em Las Vegas, em seguida em Viena (1986), depois Haia (1990), Singapura (1994), Atlanta (1998), Nice (2002), Yokohama (2006) e por fim São Paulo (2010) onde ocorreu o último evento, o nono congresso internacional de geossintéticos.

Devido à importância e a grande procura a respeito do tema, pode-se destacar que em 1983 foi criada a Sociedade Internacional de Geotêxteis, em Paris, e em 1994 o aparecimento Sociedade Internacional de Geossintéticos.

2.4 CARACTERÍSTICAS DOS GEOTÊXTEIS NÃO TECIDOS

O geotêxtil não tecido é um material têxtil constituído de filamentos, ou fibras, contínuos distribuídos casualmente de modo que por fim formar-se-á uma manta de alta resistência, obtida através de processos mecânicos (agulhagem), químico, térmico, utilização de resinas, processo rotativo de lançamentos de fios, entre outros. Existindo também a possibilidade da união dos dois métodos citados. Na maioria das vezes é formado por materiais como: poliéster, nylon, polipropileno, entre outros.

As primeiras utilizações dos geotêxteis foram em estradas de serviço onde eram introduzidos entre o solo que estava presente, que normalmente possuía baixa resistência, e um aterro de boa resistência. Era empregado também nas margens de canais funcionando como material filtrante e também como elemento estabilizador.

Desde 1967, quando foram criados, os geotêxteis não tecidos vêm apresentando resultados expressivos na construção civil e também trazendo inovações para as soluções de problemas habituais. Abaixo serão listadas as principais propriedades que o geotêxtil deve apresentar em função da sua utilização:

- a) Separação neste caso o geotêxtil é utilizado entre dois solos de diferentes granulometrias agindo como um elemento de passagem. Esta passagem pode acontecer de duas maneiras sendo uma com permeabilidade e a outra sem.

- Com permeabilidade percebe-se um alívio de tensões, isso por causa da existência de poros na manta, nota-se também que quanto mais densa for a estruturação da manta maior a capacidade de contenção de finos na manta e assim, a separação será realizada de forma mais eficaz.
- Sem permeabilidade nesta, são utilizados filmes impermeáveis, sendo sua eficiência bastante elevada, mas pode ser observado um ponto negativo que é a baixa resistência a tração dos filmes aplicados.

b) Filtragem esta utilização pode ocorrer de duas formas: a filtragem de líquidos circulando espontaneamente com partículas em suspensão e a filtragem de líquidos percolando através de um meio poroso.

- Filtragem de líquidos circulando espontaneamente com partículas em suspensão nesta situação, o líquido vai sendo filtrado pela manta que por sua vez vai retendo as partículas em suspensão, que com o tempo formarão uma película com menor permeabilidade sobre a manta. Com isso, este método deve ser aplicado apenas em situações que seja possível a limpeza ou a troca da manta.
- Filtragem de líquidos percolando através de um meio poroso, no começo a manta funcionará como um elemento separador que ao mesmo tempo consenti com o transporte de parte dos finos próximos a manta. Esse transporte dará início a um pré-filtro natural que, quando a corrente suceder em apenas um sentido dá-se início a um fenômeno chamado encastelamento² onde este vai gerar mais um pré-filtro que consolidará o encastelamento. Já o de fluxo reverso, ou seja, o fluxo com dois sentidos, não existirá a criação do segundo pré-filtro, assim, a filtragem será realizada apenas pela manta que tem que por sua vez ser de boa qualidade.

c) Reforço nesta situação, a manta funciona aumentando a resistência do solo. Para uma maior efetividade nessa transferência de tensões, quanto maior o ângulo de atrito entre a manta e o solo envolto maior será a eficiência do

Encastelar ² - Sinônimo de encastelar: acastelar, acumular, aglomerar, ajuntar, amontoar e fortificar.

aumento da resistência trazido pela manta. No caso de impermeabilização a manta funciona padronizando o sistema e assim deixando-o com a resistência mais alta. Outra utilização é em recapeamentos asfálticos. Neste caso, a manta é colocada em baixo da camada de recapeamento combatendo o crescimento de trincas. Quando utilizada em reforço de solos a manta é colocada intercalada entre camadas de solo e, quando utilizadas em pavimentação a manta é colocada abaixo da camada asfáltica para redistribuir as tensões.

- d) Drenagem radial, o geotêxtil que possua espessura de alguns milímetros já tem a capacidade de facilmente permitir o escoamento de líquidos em seu plano.

As funções citadas acima podem variar de acordo com o processo de fabricação do material e também com a escolha da matéria prima para a fabricação do geotêxtil.

2.4.1 BIDIM

Para a realização do presente estudo foi escolhido o produto da marca Mexichem Bidim Ltda., da linha Geotêxteis Bidim RT. O Bidim RT é um não tecido agulhado de filamentos contínuos 100% poliéster.

Até 2005 esta linha era conhecida por outro nome: geotêxteis Bidim OP. Este produto passou por uma modernização para se adequar aos padrões internacionais e a partir desta mudança o seu nome também sofreu alteração, passando a se chamar Bidim RT (Resistência à Tração). Esta mudança tem a finalidade de ressaltar as propriedades de resistência que é o parâmetro mais importante para a especificação do geotêxtil em obras de engenharia.

Segundo a própria Mexichem (2012), além do destaque a propriedade de resistência à tração, a linha RT também apresenta as seguintes particularidades listadas a seguir:

- Elevada resistência química;
- Elevada resistência mecânica;
- Baixa fluência;
- Maior resistência à radiação UV (Ultravioleta);

- Alta resistência química e biológica a todos os tipos de solo encontrados na natureza.

Nos quadros 1, 2 e 3 têm-se as características mecânicas, hidráulicas e físicas do RT16, produto a sem empregado no presente estudo.

Quadro 1 - Propriedades mecânicas do RT16.

PROPRIEDADES MECÂNICAS			
PROPRIEDADE	NORMA	UNIDADE	RT - 16
Resistencia a tração faixa larga			
Valor na ruptura – L	ABNT NBR 1 2824	KN/m	16
Alongamento – L		%	60
Valor na ruptura – T		KN/m	14
Alongamento – T		%	70
Resistencia a tração grab			
Tração na ruptura – L	ASTM D 4632	N	1010
Alongamento (min) – L		%	60
Tração na ruptura – T		N	950
Alongamento (min) – T		%	70
Rasgo trapezoidal	ABNT		
Valor da ruptura – L	NBR 1	N	370
Valor da ruptura – T	3351	N	340
Puncionamento	ASTM D 4833	N	480
Puncionamento CBR	ABNT NBR 1 3359	Kn	2,8

Fonte: Mixichem (2012).

Quadro 2 - Propriedades Hidráulicas do RT 16.

PROPRIEDADES HIDRAULICAS			
PROPRIEDADE	NORMA	UNIDADE	RT - 16
Permissividade	ASTM D 4491	S ¹	1,5
Fluxo da agua	-	1/s/m ²	75
Permeabilidade normal	ABNT NBR 1 5223	cm/s	0,26
Abertura aparente O95	ISO 12956/99	mm	0,105
Abertura aparente O90	ISO 12956/99	mm	0,09
Abertura aparente O90	ASTM D 4751	mm	0,17

Fonte: Mixichem (2012).

Quadro 3 - Propriedades físicas do RT16.

PROPRIEDADES FÍSICAS		
PROPRIEDADE	UNIDADE	RT - 16
Comprimento	M	150
Largura	M	2,30 - 4,60
Matéria-prima e tecnologia	-	100% POLIÉSTER - filamentos contínuos
Ponto de fusão	°C	260

Fonte: Mixichem (2012).

3 ANÁLISE DO SOLO

3.1 PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

O solo analisado refere-se a uma obra localizada na Av. Hermes Fontes na cidade de Aracaju SE. Procedeu-se ao recolhimento da amostra da seguinte forma: inicialmente limpou-se a superfície do solo, a fim de eliminar qualquer resíduo que não faça parte da estrutura originalmente do solo: após este processo, deu-se início a escavação do solo, lembrando que foi recolhida uma grande quantidade de solo, a fim de realizar os ensaios de classificação de solo e também os ensaios de carregamento em modelo reduzido, com a finalidade de se obter a melhoria na

resistência do talude através da introdução do geotêxtil como reforço, bem como a interação solo-geotêxtil.

A seguir, será mostrado um resumo dos resultados de caracterização do solo, os quais estão apresentados na íntegra em Gomes e Alvelos (2013), que foi utilizado na modelagem do presente estudo.

3.1.1 ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE NATURAL

Durante o recolhimento do solo para a realização dos futuros ensaios foi recolhido também, uma pequena quantidade de solo para a realização do presente ensaio. Com a amostra devidamente selecionada, iniciou-se o ensaio do teor de umidade, sob a luz da NBR 6457/1986 - ABNT – Amostra de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de peneiramento, após realização dos ensaios preconizados em norma, chegou ao resultado de 10,54% para a umidade natural.

3.1.2 ANÁLISE DO SOLO

As análises necessárias foram feitas no laboratório de mecânica dos solos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS, entre os meses de janeiro e março de 2014 sob a luz das NBR - 7181/1988 - ABNT – Análise granulométrica de solos, NBR 6457/1986 - ABNT – Amostra de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de peneiramento; NBR 6508/1984 - ABNT – Determinação da massa específica de grãos de solos; NBR 6459/1984 - ABNT – Determinação de limite de liquidez de solos; NBR 7180/1988 - ABNT - Determinação de limite de plasticidade de solos e roteiro de Ensaios de Laboratórios de Mecânica dos Solos – Universidade Federal da Bahia/Escola Politécnica/Laboratório de Geotecnia.

Primeiramente procedeu-se o ensaio do teor de umidade resultou em uma umidade de 6,70%, em seguida foi realizado o ensaio de peneiramento que serve como base de preparação de amostras para os ensaios seguintes.

Após a realização do ensaio de densidade real seguindo DNER (1994), foi obtido o seguinte resultado de $\delta_{20}(\text{médio}) = 2,5264 \text{ g/cm}^3$, logo após, foi realizado o ensaio de sedimentação que apresentou como resultado um solo de uniformidade média.

Através deste ensaio pode-se conhecer o Coeficiente de uniformidade do solo, ou CU e o coeficiente de curvatura, denominado CC, com os quais pode-se concluir que se trata de um solo bem graduado com uniformidade média e trata-se de uma areia fina

Dando sequência aos ensaios laboratoriais, deu-se início aos ensaios de Limite de Liquidez, conhecido como LL e Limite de Plasticidade – LP, podendo assim determinar o Índice de Plasticidade, ou IP e por fim o Índice de Consistência – IC. Cujos resultados são os seguintes:

- LL para 25 golpes igual a 16,12%;
- LP com umidade média de 14,90%;
- IP Sendo o solo classificando como fracamente plástico;
- IC resultando em um solo de consistência dura.

O quadro 4 a seguir traz um resumo dos resultados obtidos por Gomes e Alvelos(2014) nos ensaios de granulometria do solo.

Quadro 4 - Resumo dos ensaios granulométricos.

ENSAIO	RESULTADOS
Umidade natural	10,54%
Teor de umidade	6,70%
Densidade real	2,5264 g/cm ³
CU	Uniformidade média
CC	Bem graduado
LL	16,12%
LP	14,90%
IP	Fracamente plástico
IC	Consistência dura

Fonte: Gomes e Alvelos (2013).

4 METODOLOGIA

Para a execução do presente estudo foram realizados sete ensaios e dois arranjos experimentais. A proposta desse estudo é montar um talude a 90°, intercalando camadas de solo com camadas de geotêxtil de tamanhos variados e em seguida, submetê-lo a uma carga uniforme distribuída e posteriormente analisar sua estabilidade.

A carga máxima aplicada sobre a massa de solo foi de aproximadamente 50 kg. Tal valor foi escolhido devido à preocupação em não haver a ruptura da caixa de vidro, visto que as cargas aplicadas sobre a massa de solo foram transmitidas para o vidro podendo assim causar a ruptura do aquário.

Foi decidido separar os ensaios em grupos com a mesma quantidade de camadas de geotêxtil, totalizando assim três grupos: o primeiro grupo é constituído de cinco ensaios e todos eles possuem quatro camadas de solo envoltas por geotêxtil; o segundo grupo é formado por dois ensaios que possuem três camadas de solo envoltas por geotêxtil; e, o terceiro grupo é composto por dois ensaios, onde neste o arranjo era formado por duas camadas de solo envoltas por geotêxtil.

Além da divisão, foi criada também uma legenda, que terá três informações: o embutimento superior; a altura da camada; e, o embutimento inferior. Assim tem-se:

- Ensaio 1 (X;Y;Z);

onde:

X= embutimento superior;

Y= altura da camada;

Z= embutimento inferior.

Em oito dos nove ensaios os embutimentos das camadas são fixos então, no ensaio que os embutimentos das camadas se diferenciam entre si serão colocadas ao lado do número do ensaio duas legendas: a primeira referente à camada superior ; e, a segunda a camada inferior. Assim tem-se:

- Ensaio 2 (X1;Y1;Z1) (X2;Y2;Z2).

onde:

X1= embutimento superior da primeira camada;

Y1= altura da camada superior;

Z1= embutimento inferior da primeira camada;

X_2 = embutimento superior da segunda camada;

Y_2 = altura da camada inferior;

Z_2 = embutimento inferior da segunda camada.

O solo utilizado em todas as modelagens em nenhum momento foi compactado, apenas a arrumado em camadas com base em cada arranjo e, quando necessário foi feita uma pequena compressão com os dedos para garantir um melhor contato e interação solo-reforço, conforme cita Gomes (1992).

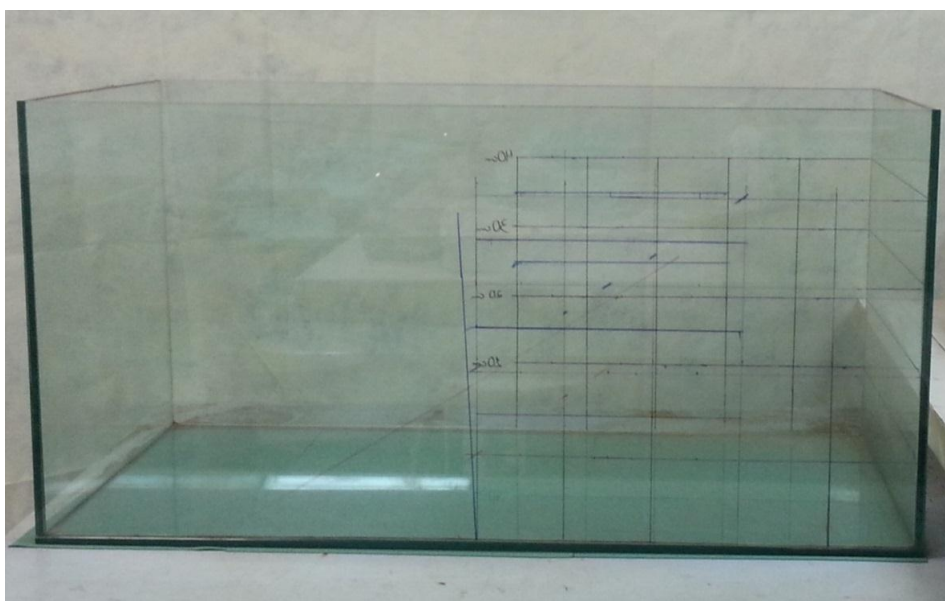
Em todos os ensaios uma fina camada de solo foi colocada no fundo do aquário, para garantir que o geotêxtil não tivesse contato com o vidro além do das laterais, e também, entre uma camada de geotêxtil e outra, atentando assim tornar a situação mais próxima da realidade.

Os ensaios da interação foram realizados no laboratório de Mecânica dos Solos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS e, basearam-se num estudo realizado por Lanz e Gomes (1992), que também reproduziram um modelo reduzido de talude.

Para a execução destes ensaios foi necessário à utilização dos seguintes materiais listados abaixo:

- Um aquário de vidro 1,00 x 0,50 x 0,50 m (Figura 1);

Figura 1 - Aquário.



Fonte: Autor (2014).

- Um anteparo de 0,495 x 0,60 m (Figura 2);

Figura 2 - Anteparo.



Fonte: Autor (2014).

- Um suporte pra segurar o anteparo (Figura 3);

Figura 3 - Suporte pra segurar o anteparo.



Fonte: Autor (2014).

- Três barrotes de madeira 0,45 m (Figura 4);

Figura 4 - Barrotes.



Fonte: Autor (2014).

- Bidim RT16 (Figura 5);

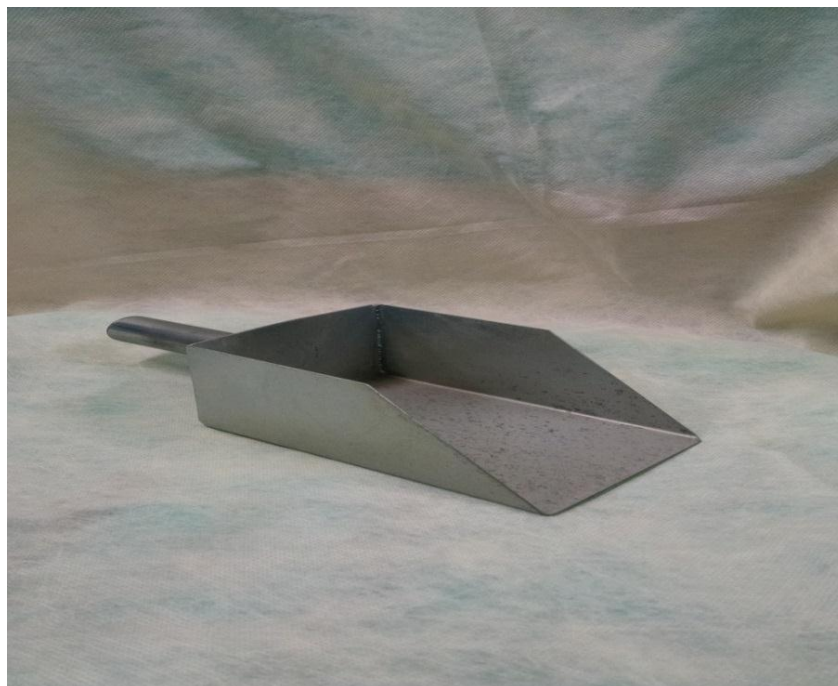
Figura 5 - Bidim.



Fonte: Autor (2014).

- Pá (Figura 6);

Figura 6 - Pá.



Fonte: Autor (2014).

- Tachinhas coloridas. (Figura 7);

Figura 7 - Tachinhas.



Fonte: Autor (2014).

- Bloco cerâmico estrutural (Figura 8).

Figura 8 - Bloco cerâmico estrutural.



Fonte: Autor (2014).

5 MODELAGEM SOLO-GEOTÊXTIL

Para analisar a interação entre o geotêxtil selecionado, RT-16, e o solo anteriormente estudado foram realizados ensaios simulando um talude reduzido, de 90°, a fim de analisar o comportamento da nossa massa de solo após a introdução do geotêxtil como reforço.

O reforço de um solo é a combinação de dois materiais distintos que se juntam para melhorar as características do material resultante. Desta forma, quando reforçamos um solo procuramos unir a resistência à compressão do solo com a resistência a tração do material utilizado como reforço, neste caso o geotêxtil do tipo não tecido. Assim os esforços de compressão são absorvidos pelo solo e os esforços de tração são transferidos do solo para o geotêxtil e este, absorve os esforços de tração.

5.1 ENSAIO DO ÂNGULO DE ATRITO DO SOLO

Inicialmente o aquário de vidro foi preparado com linhas na horizontal e vertical a cada 10 cm, as marcações horizontais serão utilizadas para marcar a

altura das camadas que foram previamente definidas em 10 cm, e as verticais, que também contaram com pontos a cada 5 cm na linha horizontal, serão utilizadas para marcar as posições das tachinhas que serão colocadas pra estudar a trajetória do solo. Depois disso, foram separados os materiais que serão utilizados neste ensaio, o anteparo, o suporte e os barrotes depois, estes foram posicionados dentro do aquário pra delimitar a área que será preenchida com o solo (Figura 9).

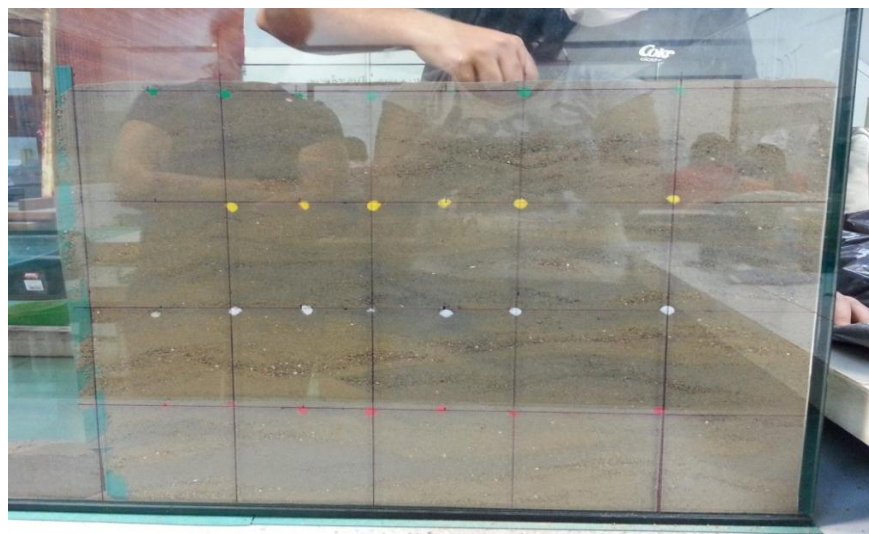
Figura 9 - Arrumação do material utilizado.



Fonte: Autor (2014).

Em seguida foi colocado solo no interior do aquário ate atingir a primeira linha horizontal, ou seja, nos primeiros 10 cm, depois disso foram colocadas as tachinhas nas marcações verticais do aquário, as seis primeiras a cada 5 cm e a última com 10 cm de espaçamento, excluindo a primeira linha vertical que é o ponto de encontro com o anteparo, em seguida este procedimento foi repetido aos 20 cm, 30 cm e 40 cm na horizontal (Figura 10).

Figura 10 - Ensaio do ângulo de atrito pronto.



Fonte: Autor (2014).

Depois de concluir a montagem da encosta reduzida, com a ajuda de 2 pessoas, uma segurando o anteparo e a outra retirando o restante dos materiais na seguinte ordem. Primeiro foi retirado o suporte do anteparo em seguida os barrotes de madeira e por ultimo o anteparo, lembrando que este tem que ser retirado na horizontal, encostando-o a outra face do aquário, afim de não atrapalhar a trajetória do solo em estudo. Desta forma, o solo cedeu e assim foi obtido o ângulo de atrito do mesmo (Figura 11). Em seguida foi traçada uma reta seguindo a inclinação do solo.

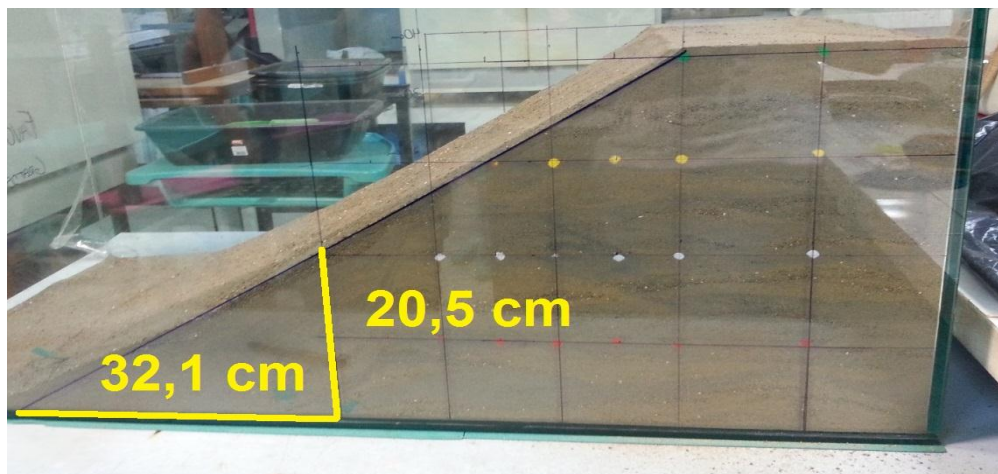
Figura 11 - Ângulo de atrito concluído.



Fonte: Autor (2014).

Logo após, foi medida a distância horizontal do vértice até a primeira linha vertical e a distância vertical do início da primeira linha vertical até o ponto de encontro com o ângulo de atrito do solo (Figura 12).

Figura 12 - Valores para o calculo da tangente.



Fonte: Autor (2014).

Com os valores obtidos, através da formula da tangente (1) calculou-se a tangente do ângulo e em seguida o ângulo formado entre o solo e a horizontal. Este experimento foi realizado duas vezes e foi feita uma média entre os dois resultados obtidos.

$$tg \emptyset = \frac{20,5}{32,1} = 0,6386 \quad (1)$$

$$tg \emptyset = \frac{19}{30,7} = 0,6188$$

Assim, o ângulo de atrito do solo estudado é dado por:

$$\emptyset = 32,15^\circ$$

Como foram observadas na Figura 11, as tachinhas que se localizavam a esquerda do ângulo de atrito, diferente do que se imaginava não se deslocaram paralelamente ao vidro do aquário impedindo assim que fosse realizado o estudo das suas trajetórias no presente ensaio.

5.2 MODELAGEM DOS ARRANJOS

Para melhor compreensão e também, para facilitar as nossas análises, os ensaios foram divididos de acordo com a quantidade de camadas de solo que possuem geotêxtil. Assim foram analisados quatro arranjos e um arranjo

experimental com quatro camadas de geotêxtil, dois arranjos com três camadas de geotêxtil e um arranjo e um arranjo experimental com duas camadas de geotêxtil.

5.2.1 ARRANJOS COM QUATRO CAMADAS

5.2.1.1 ARRANJO N1(20; 10; 20)

Neste ensaio, o arranjo realizado foi com quatro camadas de solo com 10 cm de altura e embutimentos constantes de 20 cm. Nele foi analisado o comportamento do solo com a utilização de geotêxtil no que diz respeito a sua resistência e, se o solo romper, seria analisado também a trajetória do solo reforçado através dos deslocamentos das tachinhas colocadas em cada camada de solo.

Inicialmente foram separados os materiais que serão utilizados neste ensaio, o anteparo, o suporte, os barrotes, o geotêxtil, a placa de alumínio, que foi utilizada para distribuir a carga aplicada ao solo em estudo uniformemente, e os blocos cerâmicos que foram utilizados com as cargas no ensaio. Depois disso, o anteparo, o suporte, os barrotes foram posicionados dentro do aquário para delimitar a área que será preenchida com o solo.

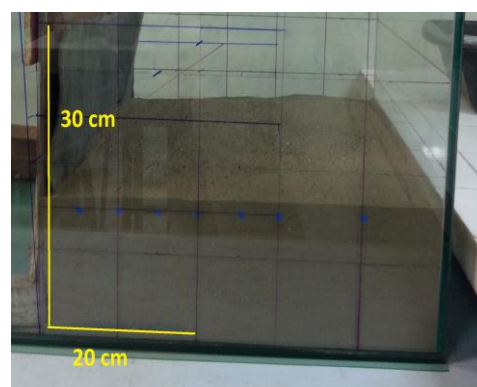
Em seguida, uma fina camada de solo foi colocada em todo o espaço de estudo (Figura 13), depois disso o geotêxtil cortado nas dimensões especificadas (50 cm x 50 cm), foi posicionado na lateral do anteparo formando um “L”, com a parte inferior do aquário com 20 cm na horizontal e 30 na vertical. Depois disso foi colocado solo no interior do aquário até atingir a primeira linha horizontal nos primeiros 10 cm (Figura 14).

Figura 13 - Fina camada de solo sobre o vidro.



Fonte: Autor (2014).

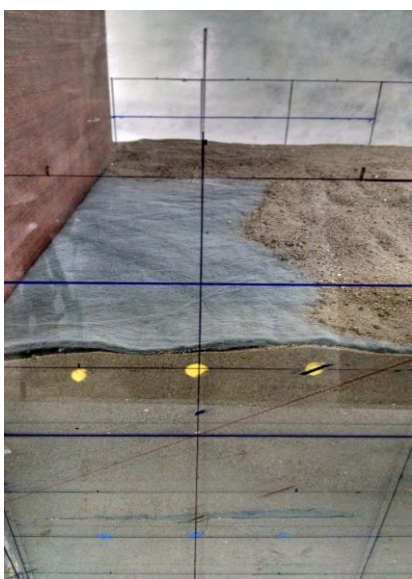
Figura 14 - 1ª camada de solo.



Fonte: Autor (2014).

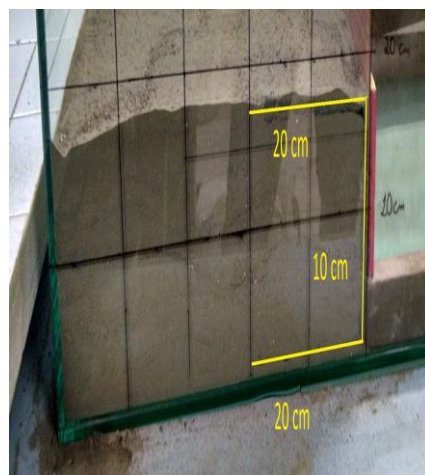
Depois disso, foram colocadas tachinhas nas marcações verticais do aquário, as seis primeiras a cada 5 cm e a última com 10 cm de espaçamento, excluindo a primeira linha vertical que é o ponto de encontro com o anteparo, logo após, o geotêxtil foi dobrado saindo assim da posição de “L” e formando um “C”, 20 cm na horizontal, 10 cm na vertical e 20 cm na horizontal (Figura 15), posteriormente foi colocada uma pequena camada de solo para não existir pontos onde dois pedaços de geotêxteis se toquem (Figura 16) assim, este procedimento foi repetido aos 20 cm, 30 cm e 40 cm na horizontal (Figura 17).

Figura 15 - Primeira camada concluída.



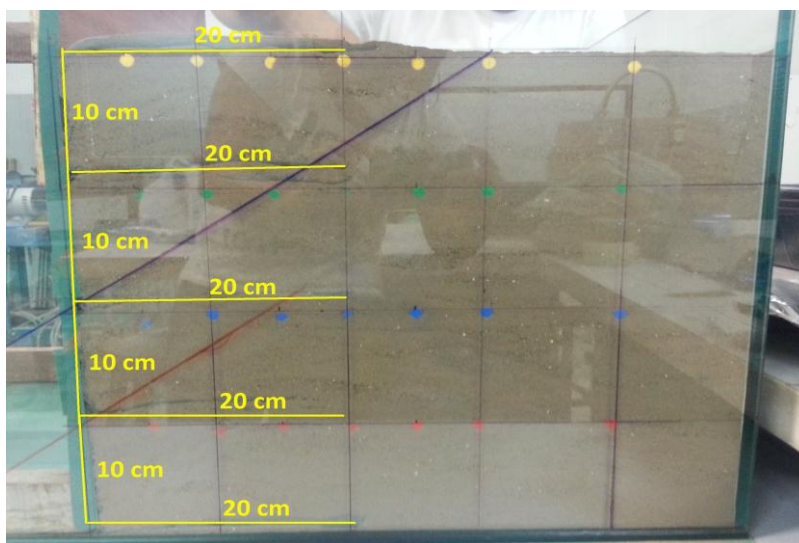
Fonte: Autor (2014).

Figura 16 - Fina camada de solo sobre o geotêxtil.



Fonte: Autor (2014).

Figura 17 - Arranjo N1 pronto.



Fonte: Autor (2014).

Depois de finalizada a montagem deste arranjo, com a ajuda de duas pessoas, uma segurando o anteparo e a outra retirando o restante dos materiais na seguinte ordem. Primeiro foi retirado o suporte do anteparo em seguida os barrotes de madeira e por último o anteparo, lembrando que este tem que ser retirado na horizontal, encostando-o na outra face do aquário, afim de não atrapalhar a trajetória do solo em estudo.

Com a retirada do anteparo, a primeira camada do solo rompeu formando uma reta paralela à reta do ângulo de atrito. A segunda camada também rompeu já a terceira e a quarta camadas apenas se acomodaram com a retirada do anteparo (Figura 18). Desta forma no presente ensaio não se fez necessário a aplicação das cargas na encosta.

Figura 18 - Arranjo N1 concluído.



Fonte: Autor (2014).

Foi percebido que a primeira camada rompeu, pois não existia nada que segurasse o geotêxtil e, a segunda foi levada pela primeira camada. Já na terceira e quarta camadas o peso das camadas superiores seguraram o geotêxtil das ultimas camadas, mas estas ainda cederam devido aos vazios existentes no solo.

5.2.1.2 ARRANJO N2(20; 10; 20)

Com as conclusões do primeiro arranjo foi decidido mudar o embutimento na primeira camada de solo, a fim de impedir o deslizamento do mesmo, e também retirar o ar do solo em todas as camadas, com o intuito de reduzir o deslocamento do solo realizado através da sua acomodação.

Neste ensaio, foi decidido repetir o ensaio anterior melhorando o embutimento na primeira camada assim, o arranjo foi realizado da seguinte forma, 4 camadas de solo com 10 cm de altura e embutimentos constantes de 20 cm. Nele foi analisado o comportamento do solo com a utilização de geotêxtil no que diz respeito a sua resistência e também a trajetória do solo reforçado através das tachinhas colocadas nas alturas das camadas dos geotêxteis.

Inicialmente foram separados os materiais que serão utilizados neste ensaio, o anteparo, o suporte, os barrotes, o geotêxtil, a placa de alumínio, que foi utilizada para distribuir a carga aplicada ao solo em estudo uniformemente, e os blocos cerâmicos que foram utilizados com as cargas no ensaio. Depois disso, o anteparo, o suporte, os barrotes foram posicionados dentro do aquário pra delimitar a área que será preenchida com o solo.

Em seguida, uma fina camada de solo foi colocada em todo o espaço de estudo, depois disso o geotêxtil cortado nas dimensões especificadas (50 cm x 50 cm), foi posicionado na lateral do anteparo formando um “L”, com a parte inferior do aquário com 20 cm na horizontal e 30 cm na vertical. Em seguida foi colocado solo no interior do aquário até atingir a primeira linha horizontal nos primeiros 10 cm.

Depois disso, foi feita uma consolidação com os dedos no solo buscando reduzir os vazios existentes no solo (Figura 19).

Figura 19 - Retirada dos vazios.



Fonte: Autor (2014).

Em seguida foram colocadas tachinhas nas marcações verticais do aquário, as 6 primeiras a cada 5 cm e a última com 10 cm de espaçamento, excluindo a primeira linha vertical que é o ponto de encontro com o anteparo, logo após, o geotêxtil foi dobrado saindo assim da posição de “L” e formando um “C”, 20 cm na

Após concluir a montagem desse ensaio, com a ajuda de duas pessoas, uma segurando o anteparo e a outra retirando o restante dos materiais na seguinte ordem. Primeiro foi retirado o suporte do anteparo em seguida os barrotes de madeira e por último o anteparo, lembrando que este tem que ser retirado na horizontal, encostando-o na outra face do aquário, afim de não atrapalhar a trajetória do solo em estudo.

Com a retirada do anteparo, a primeira e a segunda camadas do solo cederam devido aos vazios do solo, isto é notado pelo espaço existente entre o solo e o geotêxtil. A terceira camada ficou estável e não foi notado nenhum vazio entre o solo e o geotêxtil. Na quarta camada foi percebido um espaçamento entre o solo e o geotêxtil, espaçamento este que surgiu devido a uma folga entre a lateral do aquário e o geotêxtil (Figura 22). Desta forma no presente ensaio, foi decidido pela aplicação das cargas na encosta.

Figura 22 - Arranjo N2 concluído.



Fonte: Autor (2014).

Assim, foi colocada a chapa metálica sobre a primeira camada e, em seguida foram colocados blocos cerâmicos de dois em dois até atingir dez blocos (Figura 23). Foi percebido que a encosta permaneceu estável e, devido a baixa resistência do vidro, foi decidido não colocar mais que 10 blocos.

Figura 23 - Arranjo N2 carregado.



Fonte: Autor (2014).

O quadro a seguir traz os pesos dos blocos utilizados em todos os ensaios que o talude se mostrou estável e se fez necessário a aplicação das cargas (Quadro 5).

Quadro 5 - Peso dos blocos cerâmicos.

BLOCO	PESO
B1	5239,85
B2	5295,38
B3	5316,15
B4	5303,85
B5	5325,54
B6	5312,00
B7	5258,00
B8	5296,31
B9	5306,15
B10	5272,00
ΣB	52925,23

Fonte: Santos, et al(2013).

Além das cargas aplicadas ao solo pelos blocos cerâmicos outra carga que deve ser levada em conta é o peso da chapa metálica 2,343 kg. Assim, com este arranjo a encosta reduzida suportou uma carga de 55,268 kg.

O método de retirada de vazios tem que ser melhorado, pois mesmo com a solução sugerida ainda é possível encontrar vazios no solo. Mesmo após a aplicação das cargas o talude permaneceu estável.

5.2.1.3 ARRANJO N3(10; 10; 10)

Como os resultados obtidos no arranjo N2 foram satisfatórios, ou seja, foi considerado estável, foi decidido reduzir os embutimentos e manter a altura das camadas. Neste ensaio, o arranjo realizado foi com quatro camadas de solo com 10 cm de altura e embutimentos superiores e inferiores constantes de 10 cm. Nele foi analisado o comportamento do solo com a utilização de geotêxtil no que diz respeito a sua resistência e, se o solo romper, estudar-se-á também a trajetória do solo reforçado através dos deslocamentos das tachinhas colocadas em cada camada de solo.

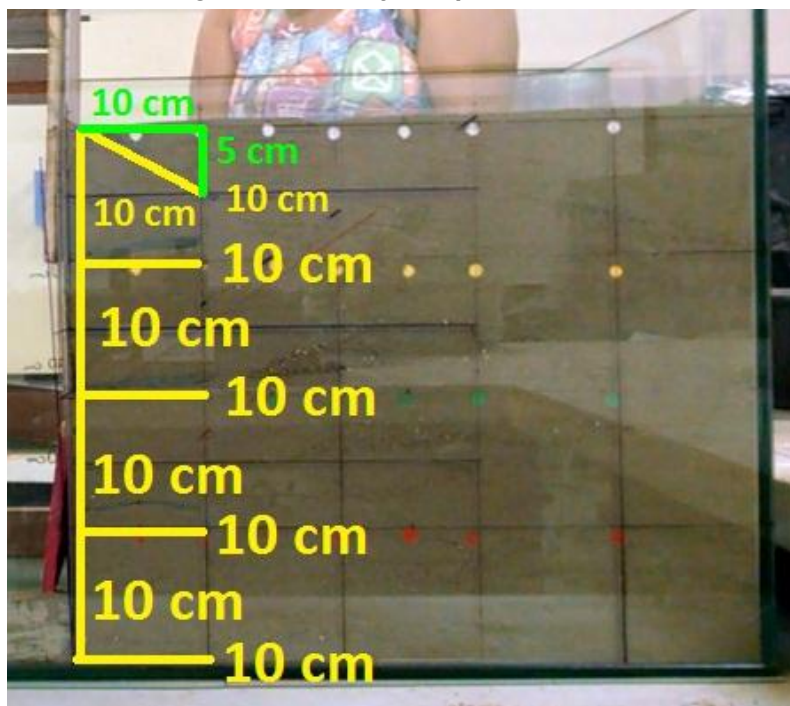
Inicialmente foram separados os materiais que serão utilizados neste ensaio, o anteparo, o suporte, os barrotes, o geotêxtil, a placa de alumínio, que foi utilizada para distribuir a carga aplicada ao solo em estudo uniformemente, e os blocos cerâmicos que foram utilizados com as cargas no ensaio. Depois disso, o anteparo, o suporte, os barrotes foram posicionados dentro do aquário pra delimitar a área que será preenchida com o solo.

Em seguida, uma fina camada de solo foi colocada em todo o espaço de estudo, depois disso o geotêxtil cortado nas dimensões especificadas (50 cm x 30 cm), foi posicionado na lateral do anteparo formando um “L”, com a parte inferior do aquário com 10 cm na horizontal e 20 cm na vertical. Em seguida foi colocado solo no interior do aquário até atingir a primeira linha horizontal nos primeiros 10 cm.

Depois disso, foram colocadas tachinhas nas marcações verticais do aquário, as seis primeiras a cada 5 cm e a última com 10 cm de espaçamento, excluindo a primeira linha vertical que é o ponto de encontro com o anteparo, em seguida, o geotêxtil foi dobrado saindo assim da posição de “L” e formando um “C”, 10 cm na horizontal, 10 cm na vertical e 10 cm na horizontal, posteriormente foi colocada uma pequena camada de solo para não existir pontos onde dois pedaços de geotêxteis

se toquem assim, este procedimento foi repetido aos 20 cm, 30 cm e 40 cm na horizontal (Figura 24).

Figura 24 - Arranjo N3 pronto.



Fonte: Autor (2014).

Após concluir a montagem do deste arranjo, com a ajuda de duas pessoas, uma segurando o anteparo e a outra retirando o restante dos materiais na seguinte ordem. Primeiro foi retirado o suporte do anteparo em seguida os barrotes de madeira e por último o anteparo, lembrando que este tem que ser retirado na horizontal, encostando-o na outra face do aquário, afim de não atrapalhar a trajetória do solo em estudo.

Com a retirada do anteparo, a primeira e a segunda camada do solo romperam formando uma reta paralela a reta do ângulo de atrito. Já a terceira e a quarta camadas apenas se acomodaram com a retirada do anteparo (Figura 25). Desta forma no presente ensaio não se fez necessário a aplicação das cargas na encosta.

Figura 25 - Arranjo N3 concluído.



Fonte: Autor (2014).

Foi percebido que a primeira camada rompeu, pois mesmo com o embutimento realizado inclinado o peso do solo não foi suficiente para impedir o colapso da primeira camada e, a segunda foi levada pela primeira camada. Já na terceira e quarta camadas, o peso das camadas superiores seguraram o geotêxtil das ultimas camadas, mas estas ainda cederam devido aos vazios existentes no solo.

5.2.1.4 ARRANJO N4(30; 10; 10)

Como no arranjo N3(10; 10; 10) o resultado foi insatisfatório devido a ruptura das duas primeira camadas de solo, foi decidido aumentar o embutimento superior das camadas e manter as alturas e os embutimentos inferiores.

Assim, o arranjo realizado foi com quatro camadas com geotêxtil, estas com embutimentos superiores constantes e iguais a 30 cm, embutimentos inferiores constantes e iguais a 10 cm e altura das camadas de 10 cm.

Nele foi analisado o comportamento do solo com a utilização de geotêxtil no que diz respeito a sua resistência e também a trajetória do solo reforçado através das tachinhas colocadas nas alturas das camadas dos geotêxteis.

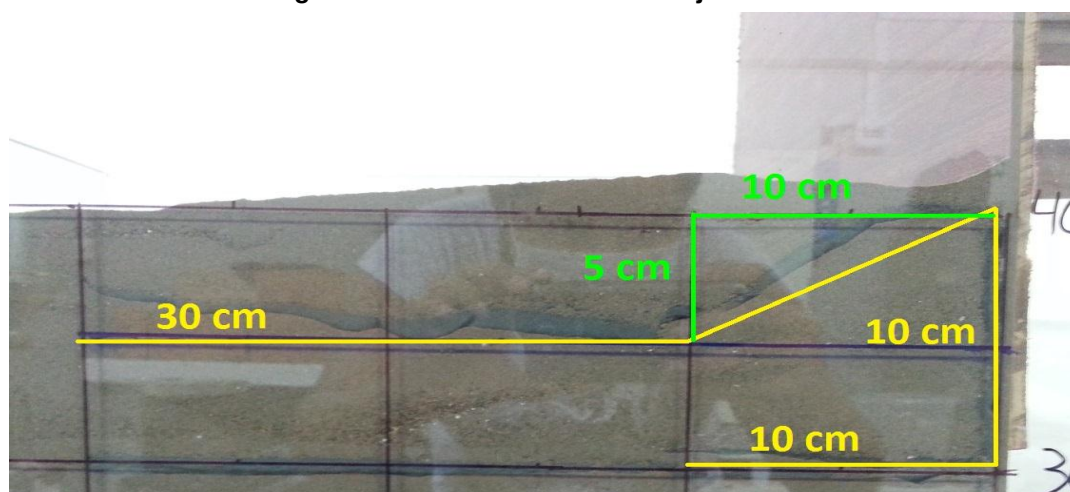
Inicialmente foram separados os materiais que serão utilizados neste ensaio, o anteparo, o suporte, os barrotes, o geotêxtil, a placa de alumínio, que foi utilizada para distribuir a carga aplicada ao solo em estudo uniformemente, e os blocos cerâmicos que foram utilizados com as cargas no ensaio. Depois disso, o anteparo,

o suporte, os barrote foram posicionados dentro do aquário pra delimitar a área que será preenchida com o solo.

Em seguida, uma fina camada de solo foi colocada em todo o espaço de estudo, depois disso o geotêxtil cortado nas dimensões especificadas (50 cm x 50 cm), foi posicionado na lateral do anteparo formando um “L”, com a parte inferior do aquário com 10 cm na horizontal e 40 cm na vertical. Depois disso foi colocado solo no interior do aquário até a primeira linha horizontal de 10 cm. Logo apos, foi feita uma consolidação com os dedos no solo buscando reduzir os vazios existentes no solo.

Em seguida foram colocadas tachinhas nas marcações verticais do aquário, as 6 primeiras a cada 5 cm e a última com 10 cm de espaçamento, excluindo a primeira linha vertical que é o ponto de encontro com o anteparo, em seguida, o geotêxtil foi dobrado saindo assim da posição de “L” e formando um “C”, 10 cm na horizontal, 10 cm na vertical e 30 cm na horizontal, posteriormente foi colocada uma pequena camada de solo para não existir pontos onde dois pedaços de geotêxteis se toquem, em seguida este procedimento foi repetido aos 20 cm, 30 cm e 40 cm, lembrando que nesta última o embutimento superior foi realizado na diagonal, conforme a figura abaixo (Figura 26).

Figura 26 - Embutimento do arranjo N4.

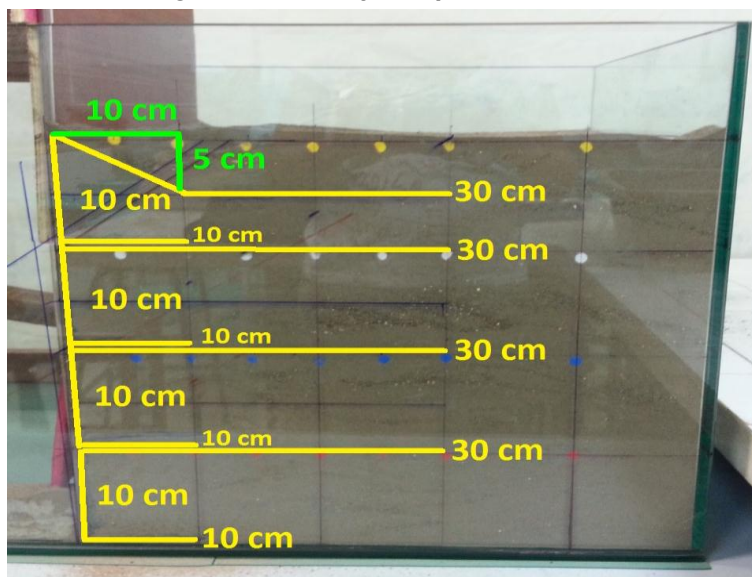


Fonte: Autor (2014).

Após concluir a montagem do deste arranjo (Figura 27), com a ajuda de duas pessoas, uma segurando o anteparo e a outra retirando o restante dos materiais na seguinte ordem. Primeiro foi retirado o suporte do anteparo em seguida os barrote

de madeira e por último o anteparo, lembrando que este tem que ser retirado na horizontal, encostando-o na outra face do aquário, afim de não atrapalhar a trajetória do solo em estudo.

Figura 27 - Arranjo N4 pronto.



Fonte: Autor (2014).

Com a retirada do anteparo, a primeira cedeu e a segunda e terceira camadas ficaram estáveis, não foi notado nenhum vazio entre o solo e o geotêxtil na segunda camada, mas na terceira pode-se perceber o vazio devido a um espaço entre o geotêxtil e o vidro (Figura 28). Desta forma no presente ensaio, foi decidido pela aplicação das cargas na encosta.

Figura 28 - Arranjo N4 concluído.



Fonte: Autor (2014).

Assim, foi colocada a chapa metálica sobre a primeira camada, para a carga ficar uniformemente distribuída e, em seguida foram colocados blocos cerâmicos de dois em dois até atingir 10 blocos (Figura 29).

Figura 29 - Arranjo N4 carregado.



Fonte: Autor (2014).

Além das cargas aplicadas ao solo pelos blocos cerâmicos outra carga que deve ser levada em conta é o peso da chapa metálica 2,343 kg. Assim, com este arranjo a encosta reduzida suportou uma carga de 55,268 kg.

Na presente arrumação o talude permaneceu estável após e a retirada do anteparo e também após a aplicação das cargas. Assim, o aumento do embutimento superior foi uma decisão acertada visto que, impediu que acontecesse no arranjo N4(30; 10; 10) o que aconteceu no arranjo N3(10; 10; 10) que foi o rompimento das duas primeiras camadas.

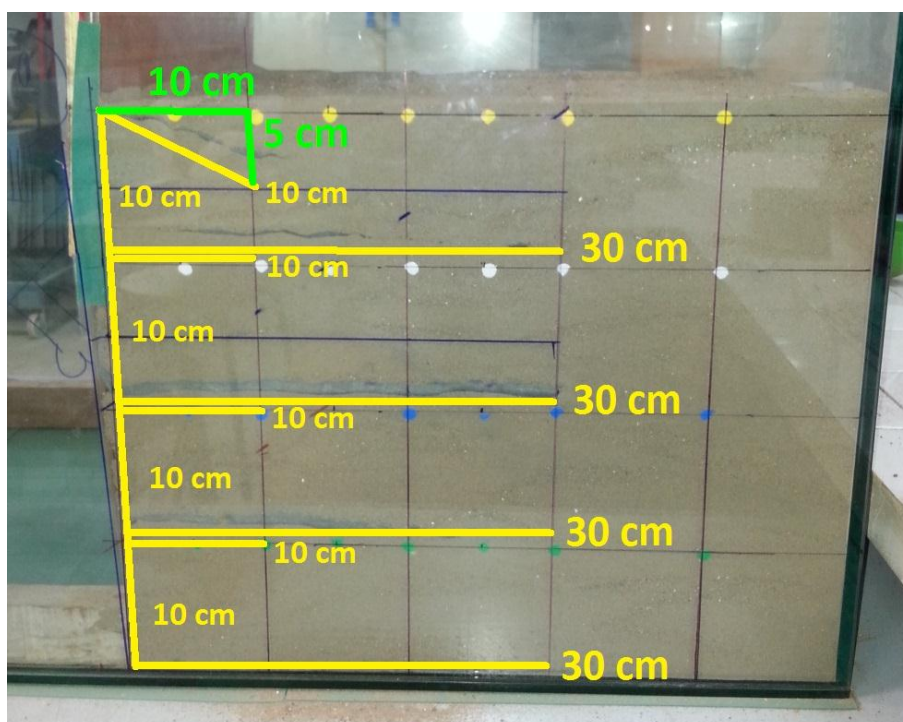
5.2.1.5 ARRANJO EXPERIMENTAL 1(10; 10; 30)

Após análise do arranjo N4(30; 10; 10) foi decidido verificar a influência do embutimento inferior na estabilidade dos taludes. Desta forma, optou-se reduzir o embutimento superior para 10 cm, aumentar o embutimento superior para 30 cm e manter a altura da camada constante em 10 cm.

Neste ensaio, o arranjo foi realizado com quatro camadas com o embutimento inferior e fixo de 30 cm, embutimento superior e fixo de 10 cm e com alturas de 10 cm. A última camada o embutimento superior foi realizado na diagonal.

Similar aos outros ensaios exemplificados anteriormente. Assim o arranjo experimental 1 ficou da seguinte forma (Figura 30):

Figura 30 - Arranjo experimental 1 pronto.



Fonte: Autor (2014).

Após a retirada do anteparo o solo respondeu da seguinte forma (figura 31).

Figura 31 - Arranjo experimental 1 concluído.



Fonte: Autor (2014).

Como o talude mostrou-se estável, foi decidido aplicar as cargas dos blocos cerâmicos (figura 32).

Figura 32 - Arranjo experimental 1 carregado.



Fonte: Autor (2014).

Assim, com este arranjo a encosta reduzida suportou uma carga de 55,26 kg. Foi percebido que todas as camadas permaneceram estáveis, após a aplicação das cargas desta forma conclui-se que o talude é estável.

Analisando os resultados dos três últimos arranjos: arranjo N3(10; 10; 10); arranjo N4(30; 10; 10); e arranjo experimental 1(10; 10; 30), onde o primeiro apresentou resultado insatisfatório e os dois últimos satisfatórios podemos perceber que o embutimento inferior é tão importante quanto o embutimento superior.

E que para um talude de 40 cm, executar o reforço com quatro camadas de geotêxtil, pode ser uma solução viável desde que o seu embutimento superior seja realizado na diagonal e também que a área de contato entre o solo e os geotêxtil seja de 0,25 m², que foi a área utilizada nos arranjos que obtiveram resultados satisfatórios.

5.2.2 ARRANJOS COM TRÊS CAMADAS

5.2.2.1 ARRANJO N5(19; 12; 19)

Neste ensaio, o arranjo realizado foi com quatro camadas sendo distribuídas da seguinte forma, uma camada de 4 cm de solo formando o ângulo de atrito do solo com a interface livre do solo e três camadas com geotêxtil, estas com embutimentos superiores e inferiores constantes e iguais a 19 cm e altura das camadas de 12 cm.

Nele foi analisado o comportamento do solo com a utilização de geotêxtil no que diz respeito a sua resistência e também a trajetória do solo reforçado através das tachinhas colocadas nas alturas das camadas dos geotêxteis.

Inicialmente foram separados os materiais que serão utilizados neste ensaio, o anteparo, o suporte, os barrotes, o geotêxtil, a placa de alumínio, que foi utilizada para distribuir a carga aplicada ao solo em estudo uniformemente, e os blocos cerâmicos que foram utilizados com as cargas no ensaio. Depois disso, o anteparo, o suporte, os barrotes foram posicionados dentro do aquário pra delimitar a área que será preenchida com o solo.

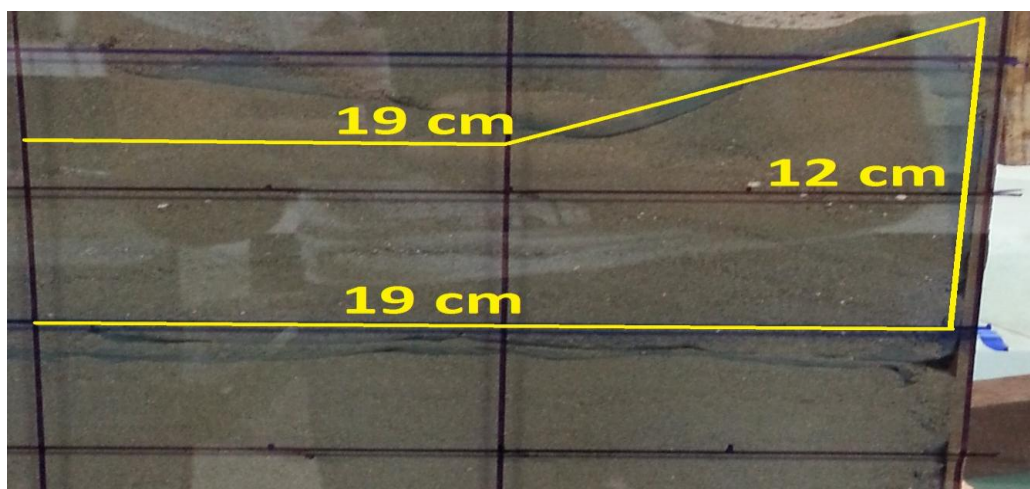
Em seguida, uma fina camada de solo foi colocada em todo o espaço de estudo, depois disso o geotêxtil cortado nas dimensões especificadas (50 cm x 50 cm), foi posicionado na lateral do anteparo formando um “L”, com a parte inferior do aquário com 19 cm na horizontal e 31 cm na vertical. Em seguida foi colocado solo

no interior do aquário até passar 2 cm a primeira linha horizontal de 10 cm, atingindo assim os 12 cm de altura adotados. Depois disso, foi feita a consolidação do solo com os dedos buscando reduzir os vazios existentes no solo.

Em seguida foram colocadas tachinhas nas marcações verticais do aquário, as seis primeiras a cada 5 cm e a última com 10 cm de espaçamento, excluindo a primeira linha vertical que é o ponto de encontro com o anteparo, em seguida, o geotêxtil foi dobrado saindo assim da posição de “L” e formando um “C”, 19 cm na horizontal, 12 cm na vertical e 19 cm na horizontal.

Posteriormente foi colocada uma pequena camada de solo para não existir pontos onde dois pedaços de geotêxteis se toquem, em seguida este procedimento foi repetido aos 24 cm a camada dos 36 cm foi realizada de forma similar as anteriores a diferença foi o seu embutimento que foi realizado em diagonal descendo 5 cm na vertical até os 10 cm na horizontal, conforme a figura abaixo (Figura 33).

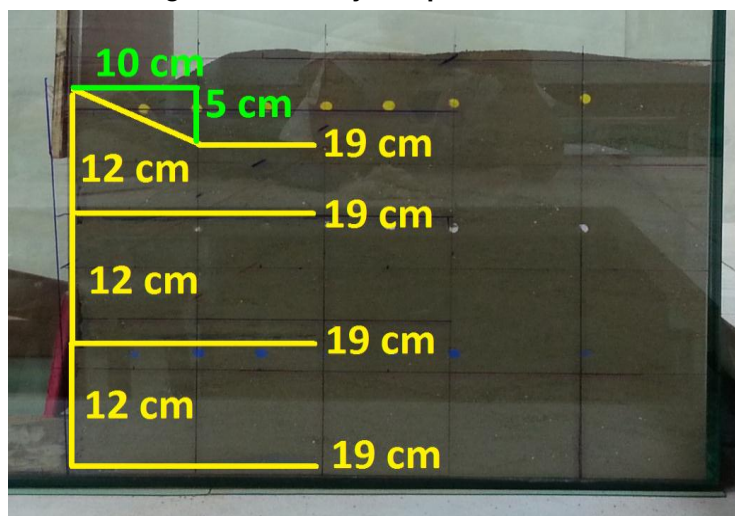
Figura 33 - Embutimento do arranjo N5.



Fonte: Autor (2014).

Depois disso, as tachinhas foram colocadas na altura da camada, 36 cm, e sobre elas foi colocada a última camada, 4 cm, esta foi composta apenas de solo e, na interface livre do talude foi colocado o ângulo de atrito do solo fazendo com que o talude chegasse a sua altura final de 40 cm conforme a figura abaixo (Figura 34).

Figura 34 - Arranjo N5 pronto.

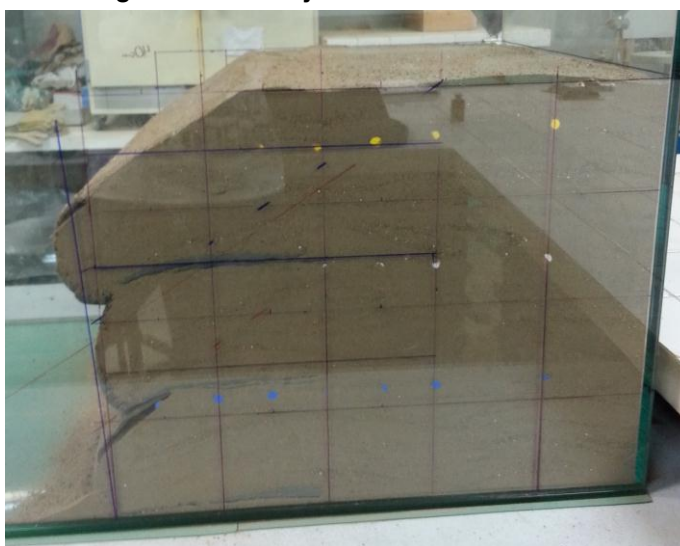


Fonte: Autor (2014).

Após concluir a montagem do deste arranjo, com a ajuda de duas pessoas, uma segurando o anteparo e a outra retirando o restante dos materiais na seguinte ordem. Primeiro foi retirado o suporte do anteparo em seguida os barrotes de madeira e por último o anteparo, lembrando que este tem que ser retirado na horizontal, encostando-o na outra face do aquário, afim de não atrapalhar a trajetória do solo em estudo.

Com a retirada do anteparo, a primeira cedeu e a segunda e terceira camadas ficaram estáveis, não foi notado nenhum vazio entre o solo e o geotêxtil na segunda camada, mas na terceira pode-se perceber o vazio devido a um espaço entre o geotêxtil e o vidro (Figura 35). Desta forma no presente ensaio, foi decidido pela aplicação das cargas na encosta.

Figura 35 - Arranjo N5 concluído.



Fonte: Autor (2014).

Assim, foi colocada a chapa metálica sobre a primeira camada e, em seguida foram colocados blocos cerâmicos de dois em dois até atingir 10 blocos (Figura 36).

Figura 36 - Arranjo N5 carregado.



Fonte: Autor (2014).

Além das cargas aplicadas ao solo pelos blocos cerâmicos outra carga que deve ser levada em conta é o peso da chapa metálica 2,343 kg. Assim, com este arranjo a encosta reduzida suportou uma carga de 55,268 kg.

Foi percebido que todas as camadas permaneceram estáveis, após a aplicação das cargas e, desta forma, conclui-se que o talude é estável.

5.2.2.2 ARRANJO N6(20; 10; 20)

Este ensaio, o arranjo realizado foi com quatro camadas sendo distribuídas da seguinte forma: uma camada de 10 cm de solo formando o ângulo de atrito do solo com a interface livre do talude; e três camadas com geotêxtil, estas com

embutimentos superiores e inferiores constantes e iguais a 20 cm e altura das camadas de 10 cm.

Nele foi analisado o comportamento do solo com a utilização de geotêxtil no que diz respeito a sua resistência e também a trajetória do solo reforçado através das tachinhas colocadas nas alturas das camadas dos geotêxteis.

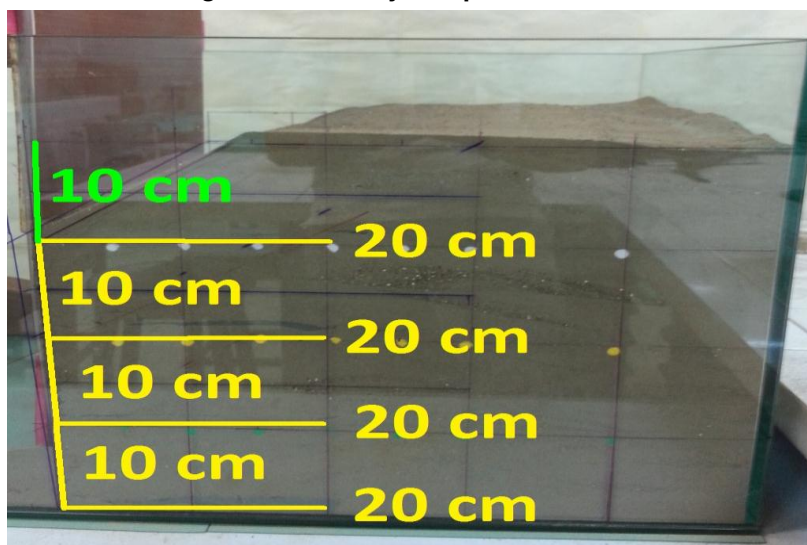
Inicialmente foram separados os materiais que serão utilizados neste ensaio, o anteparo, o suporte, os barrotes, o geotêxtil, a placa de alumínio, que foi utilizada para distribuir a carga aplicada ao solo em estudo uniformemente, e os blocos cerâmicos que foram utilizados com as cargas no ensaio. Depois disso, o anteparo, o suporte, os barrotes foram posicionados dentro do aquário pra delimitar a área que será preenchida com o solo.

Em seguida, uma fina camada de solo foi colocada em todo o espaço de estudo, depois disso o geotêxtil cortado nas dimensões especificadas (50 cm x 50 cm), foi posicionado na lateral do anteparo formando um “L”, com a parte inferior do aquário com 20 cm na horizontal e 30 cm na vertical. Em seguida foi colocado solo no interior do aquário até a primeira linha horizontal de 10 cm. Depois disso, introduzimos os dedos no solo buscando reduzir os vazios existentes no solo.

Em seguida foram colocadas tachinhas nas marcações verticais do aquário, as seis primeiras a cada 5 cm e a última com 10 cm de espaçamento, excluindo a primeira linha vertical que é o ponto de encontro com o anteparo, em seguida, o geotêxtil foi dobrado saindo assim da posição de “L” e formando um “C”, 20 cm na horizontal, 10 cm na vertical e 20 cm na horizontal.

Posteriormente foi colocada uma pequena camada de solo para não existir pontos onde dois pedaços de geotêxteis se toquem, em seguida este procedimento foi repetido aos 20 cm e 30 cm, a ultima camada foi composta apenas de solo e na interface livre do talude foi colocado o ângulo de atrito do solo conforme a figura abaixo (Figura 37).

Figura 37 - Arranjo N6 pronto.



Fonte: Autor (2014).

Após concluir a montagem do deste arranjo, com a ajuda de duas pessoas, uma segurando o anteparo e a outra retirando o restante dos materiais na seguinte ordem. Primeiro foi retirado o suporte do anteparo em seguida os barrotes de madeira e por ultimo o anteparo, lembrando que este tem que ser retirado na horizontal, encostando-o na outra face do aquário, afim de não atrapalhar a trajetória do solo em estudo.

Com a retirada do anteparo, percebeu-se que todas as camadas ficaram estáveis, foram notados vazios entre o solo e o geotêxtil na primeira e terceira camadas, devido a um espaço entre o geotêxtil e o vidro (Figura 38). Desta forma no presente ensaio, foi decido pela aplicação das cargas na encosta.

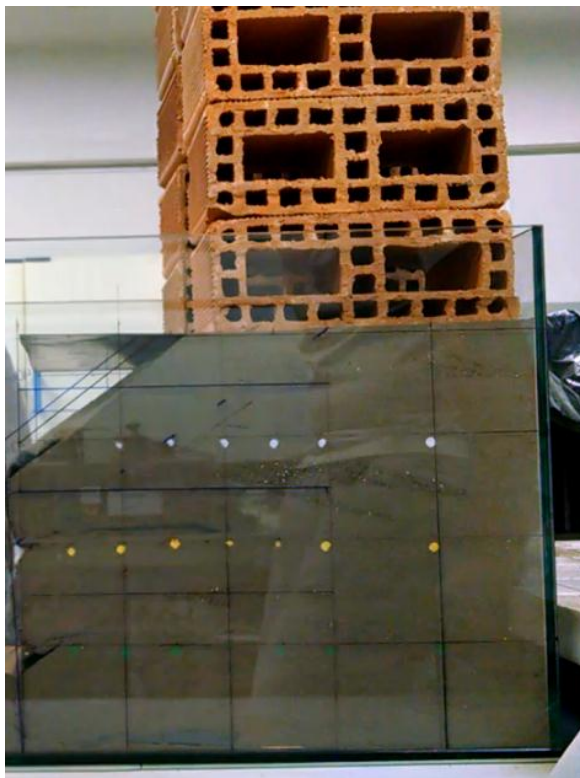
Figura 38 - Arranjo N6 concluído.



Fonte: Autor (2014).

Assim, foi colocada a chapa metálica sobre a primeira camada e, em seguida foram colocados blocos cerâmicos de dois em dois até atingir 10 blocos (Figura 39).

Figura 39 - Arranjo N6 carregado.



Fonte: Autor (2014).

Além das cargas aplicadas ao solo pelos blocos cerâmicos outra carga que deve ser levada em conta é o peso da chapa metálica 2,343 kg. Assim, com este arranjo a encosta reduzida suportou uma carga de 55,268 kg.

Foi percebido que todas as camadas permaneceram estáveis, após a aplicação das cargas e, desta forma, conclui-se que o talude é estável.

Analisando os resultados obtidos nos arranjos com três camadas de solo foi percebido que, mesmo com os embutimentos superiores, inferiores e a altura tendo sofrido alterações em seus valores, os taludes permaneceram estáveis nos levando a crer que a área de contato entre o solo e o geotêxtil tem tanta influência na estabilidade do talude quando os embutimentos e a altura das camadas.

Para um talude de 40 cm, executar o reforço com três camadas de geotêxtil e uma camada de solo, formando o ângulo de atrito do solo com a face livre do talude, pode ser uma solução viável visto que os dois arranjos executados neste estudo apresentaram resultados satisfatórios.

5.2.3 ARRANJOS COM DUAS CAMADAS

5.2.3.1 ARRANJO N7

Neste arranjo os embutimentos foram calculados e adotadas alturas fixas de 15 cm para as camadas. Desta forma o arranjo ficou com uma camada de 10 cm de solo formando o ângulo de atrito na face livre da encosta e mais duas camadas de 15 cm de altura com embutimentos inferiores fixos de 32 cm e embutimentos superiores de 9,3 cm na ultima camada e 1 cm na primeira camada.

O memorial de cálculo esta sendo apresentado abaixo.

a. Memorial de Cálculo

Cálculo do comprimento mínimo do reforço (L_r), foi feito pelo método de Jewell(1991).

Este comprimento é calculado de acordo com as fórmulas

$$L_r = 0,60H - \text{para garantir a estabilidade interna do maciço.} \quad (2)$$

$$L_r = 0,20H - \text{para garantir a estabilidade contra o deslizamento da base.} \quad (3)$$

Como a altura máxima utilizada no ensaio foi de 0,4 m chegou-se aos valores de:

$$L_r = 0,6 \times 0,4 = 0,24 \text{ m}$$

$$L_r = 0,2 \times 0,4 = 0,08 \text{ m.}$$

Somando-se os dois valores chegou-se ao valor de 32 cm.

Para calcular os comprimentos de ancoragem, utilizamos a equação de Ehrlich e Mitchell (1994), dada pela seguinte equação:

$$L_e = L_r - (H - z) \cdot \left[\tan\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right) - \frac{1}{\tan \varpi} \right] \quad (4)$$

sendo:

Z = altura em relação ao ponto inicial do talude;

H = altura total do talude;

ϕ = ângulo de atrito;

ϖ = a inclinação do talude, que neste caso é 90°.

Foi analisado o comportamento do solo com a utilização de geotêxtil no que diz respeito a sua resistência e também a trajetória do solo reforçado através das tachinhas colocadas nas alturas das camadas dos geotêxteis.

Inicialmente foram separados os materiais que serão utilizados neste ensaio, o anteparo, o suporte, os barrotes, o geotêxtil, a placa de alumínio, que foi utilizada para distribuir a carga aplicada ao solo em estudo uniformemente, e os blocos cerâmicos que foram utilizados com as cargas no ensaio. Depois disso, o anteparo, o suporte, os barrotes foram posicionados dentro do aquário pra delimitar a área que será preenchida com o solo.

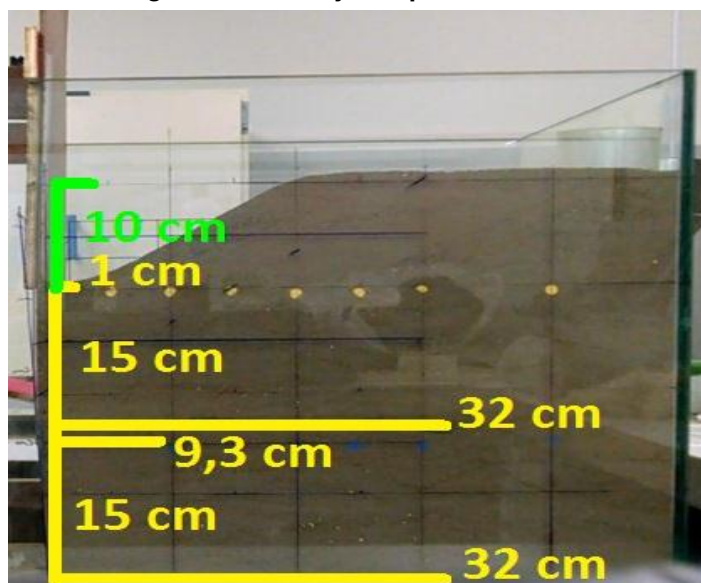
Em seguida, uma fina camada de solo foi colocada em todo o espaço de estudo, depois disso o geotêxtil cortado nas dimensões especificadas (50 cm x 56,3 cm e 50 cm x 48 cm), foi posicionado na lateral do anteparo formando um “L”, com a parte inferior do aquário com 32 cm na horizontal e 24,3 cm na vertical. Em seguida foi colocado solo no interior do aquário até atingir a primeira linha horizontal nos primeiros 15 cm.

Depois disso, foi feita uma consolidação do solo com os dedos buscando reduzir os vazios existentes no solo, desta vez este processo foi realizado com mais intensidade buscando melhoras no acomodamento do solo.

Em seguida foram colocadas tachinhas nas marcações verticais do aquário, as seis primeiras a cada 5 cm e a última com 10 cm de espaçamento, excluindo a primeira linha vertical que é o ponto de encontro com o anteparo. Em seguida, o geotêxtil foi dobrado saindo assim da posição de “L” e formando um “C”, 32 cm na horizontal, 15 cm na vertical e 9,3 cm na horizontal, posteriormente foi colocada uma pequena camada de solo para não existir pontos onde dois pedaços de geotêxteis se toquem, em seguida um procedimento similar foi realizado na segunda camada, 32 cm na horizontal, a única diferença entre esta camada e a anterior foi o embutimento utilizado que nesta foi de 1 cm.

Para última camada foi utilizado apenas solo, para que o peso do mesmo segurasse o geotêxtil da última camada e impedisse que o talude cedesse. Nesta ultima camada foi colocado 10 cm de solo e na interface livre do talude foi colocado ângulo de atrito do solo para impedir que este deslizesse fazendo com que todo o talude entrasse em colapso (Figura 40).

Figura 40 - Arranjo N7 pronto.

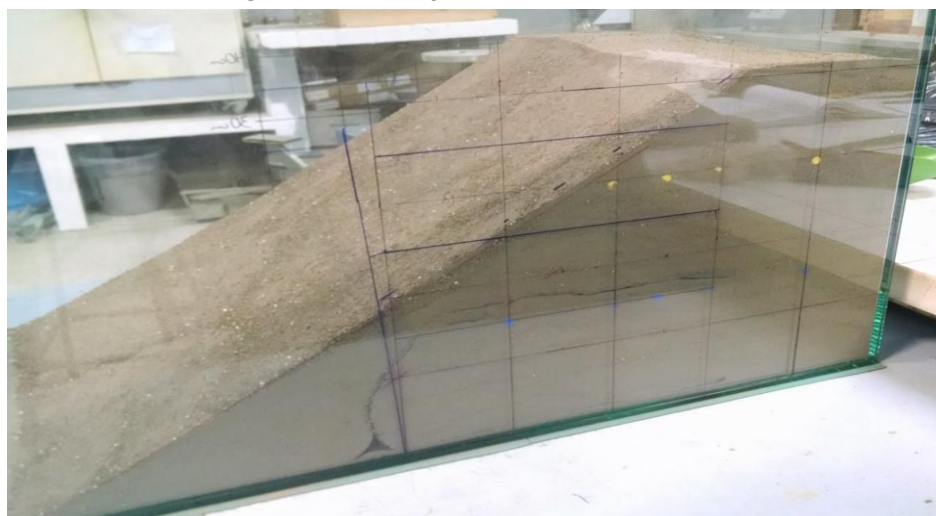


Fonte: Autor (2014).

Após concluir a montagem do deste arranjo, com a ajuda de duas pessoas, uma segurando o anteparo e a outra retirando o restante dos materiais na seguinte ordem. Primeiro foi retirado o suporte do anteparo em seguida os barrote de madeira e por último o anteparo, lembrando que este tem que ser retirado na horizontal, encostando-o na outra face do aquário, afim de não atrapalhar a trajetória do solo em estudo.

Devido ao pequeno embutimento da camada central esta rompeu e trouxe com ela a camada superior que era apenas solo. Na última camada como o embutimento superior era maior o solo apenas se acomodou, mas a camada se manteve estável (Figura 41).

Figura 41 - Arranjo N7 concluído.



Fonte: Autor (2014).

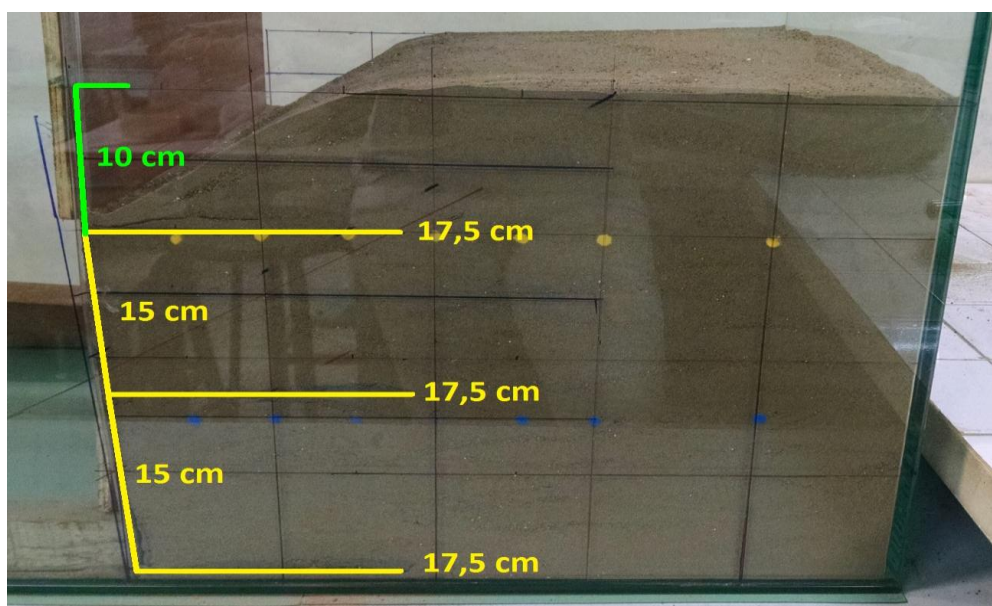
Após a reanálise dos cálculos realizados para encontrar os embutimentos superiores necessários, foi percebido que o método de calculo utilizado não poderia ser aplicado para taludes com face vertical de 90° , que é o caso do presente estudo.

5.2.3.2 ENSAIO EXPERIMENTAL 2

Neste ensaio o arranjo foi realizado com três camadas, que foram distribuídas da seguinte forma: duas camadas com o embutimento inferior e superior fixo de 17,5 cm e com alturas de 15 cm; e uma camada composta por 10 cm de solo, formando com a interface livre do talude o ângulo de atrito do solo.

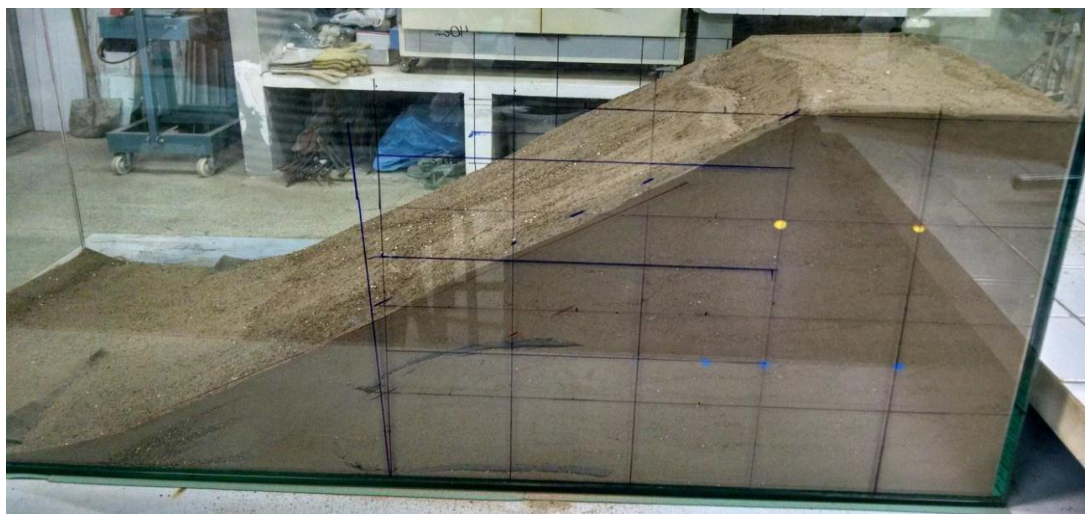
O método de montagem deste arranjo experimental foi similar aos outros ensaios exemplificados anteriormente (Figura 42).

Figura 42 - Ensaio experimental 2 pronto.



Fonte: Autor (2014).

Após a retirada do anteparo o solo respondeu da seguinte forma (Figura 43).

Figura 43 - Ensaio experimental 2 concluído.

Fonte: Autor (2014).

O peso do solo da primeira camada não foi suficiente para segurar o geotêxtil da segunda camada, a terceira camada cedeu, mas não chegou a entrar em colapso. Assim, para um talude de 40 cm, executar o reforço com duas camadas de geotêxtil e uma camada de solo, não é uma solução viável.

O quadro 6 a seguir traz o resumo das modelagens executadas, suas características e, por fim, os resultados.

Quadro 6- Resumo das modelagens executadas.

Ensaio	Legenda	Nº de camadas	Resultados
N1	(20; 10; 20)	4	INSTÁVEL
N2	(20; 10; 20)	4	ESTÁVEL
N3	(10; 10; 10)	4	INSTÁVEL
N4	(30; 10; 10)	4	ESTÁVEL
Experimental 1	(10; 10; 30)	4	ESTÁVEL
N5	(19; 12; 19)	3	ESTÁVEL
N6	(20; 10; 20)	3	ESTÁVEL
N7	(1; 15; 32) (9,3; 15; 32)	2	INSTÁVEL
Experimental 2	(17,5; 15; 17,5)	2	INSTÁVEL

Fonte: Autor (2014).

6 CONCLUSÃO

O reforço de solo é uma técnica que vem sendo bastante utilizada devido as grandes vantagens que esta técnica traz como benefícios construtivos e econômicos principalmente quando comparado a métodos tradicionais.

Após a execução de um talude precisa ser realizado um método de proteção, principalmente contra a ação das intempéries (água, chuva e calor) e, para tanto, podem ser empregadas algumas técnicas, tais como: proteção com vegetação, proteção com concreto projetado, entre outras.

Após a realização de cada um dos arranjos e experimentos descritos neste trabalho pode-se concluir que:

- Quanto maior o número de camadas mais estável o talude ficará;
- O embutimento superior na diagonal foi fundamental para todos os casos;
- Para cada altura de camada existe um embutimento ideal;
- A área de contato entre o solo e o geotêxtil influencia tanto quando o tamanho dos embutimentos superiores e inferiores;
- O modelo de Ehrlich e Mitchell (1994) não se aplica para um talude de 90°.

Assim, os melhores arranjos para a presente situação foram os arranjos N5 e N6, pois estes suportaram as mesmas cargas com a menor utilização de geotêxtil.

Sugere-se como temas de trabalhos futuros: realização de ensaios em taludes inclinados com o emprego de reforço; construção de taludes com solo consolidado com cimento ou cal; e utilização de outros materiais alternativos como reforço (fibra metálica).

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181/1988
ABNT – Análise granulométrica de solos.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457/198 ABNT
– Amostra de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de peneiramento.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6508/1984
ABNT – Determinação da massa específica de grãos de solos.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459/1984
ABNT – Determinação de limite de liquidez de solos.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180/1988
ABNT - Determinação de limite de plasticidade de Solos.
- Barret, J. R. (1996). "Use of plastic filters in coastal structures".
- DNER (1994) DNER-ME 093/94.
- Gicot, O. e Perfetti, J. (1982). Geotextiles: Conceiving and Designing Engineering Strutures.
- Gomes, Ariana Andrade; Alvelos, Davi Lima, Estudo de Interação entre Solo e Geotêxtil (2013) 28 pg.
- John, N. W. M. (1987). Geotextiles. Chapman and Hall, Ne York.
- Mitchell, James K.; Villet, Willem C.b. Reinforcement of earth slopes and embankments. : NCHRP Rep. No. 290, Washington, D.C., 1987.

- Mexichem, Especificação Técnica Geotextil Bidim, 2012. Disponível em : <http://www.bidim.com.br/public/files/produtos/140795591814079559185789148940.pdf>. 2 pg. Brasil. Acessado em 07/01/2014.
- Roteiro de Ensaios de Laboratórios de Mecânica dos Solos Universidade Federal da Bahia Escola Politécnica Laboratório de Geotecnia.
- Santos, Danilo Silva dos, et all, Correlação entre resistência mecânica e a velocidade ultrassônica dos blocos cerâmicos estruturais produzidos no município de Itabaianinha/SE. CONNEP(2013) 4pg.
- Seminário sobre aplicações de geossintéticos em geotecnia. Geossintéticos 92. Similitude e Modelação Física de Estruturas de Arrimo em Solos Reforçados com Geotexteis pgs 221 a 243. Lanz, Daniela e Gomes, Romero C.
- Seminário sobre aplicações de geossintéticos em geotecnia. Geossintéticos 92. Mecanismos de Interação Solos – Geotexteis pgs 35 a 60. Gomes, Romero C.
- Vantrain, J e PUIG, J. (1969). “Experimentation Bidim” apud John,(1987).