



Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA

PRODUÇÃO TÊXTIL

CINTIA ADAMOV PIRES

ALEX PAULO SIQUEIRA SILVA

**UTILIZAÇÃO DE GEOTÊXTEIS NÃOTECIDOS NO CONTROLE DE
EROSÃO E PROTEÇÃO DO SOLO**

Americana/SP

2013

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA

CINTIA ADAMOV PIRES

**UTILIZAÇÃO DE GEOTÊXTEIS NÃO TECIDO NO CONTROLE DE
EROSÃO E PROTEÇÃO DO SOLO**

Trabalho apresentado à Faculdade de Tecnologia de Americana como parte das exigências do curso de Produção Têxtil para obtenção do título de Tecnólogo em Produção Têxtil

Orientador: Alex Paulo Siqueira Silva, Mestre.

Americana/SP

2013

Cintia Adamov Pires 092408

UTILIZAÇÃO DE GEOTÊXTEIS NÃO TECIDO NO CONTROLE DE EROÇÃO E PROTEÇÃO DO SOLO

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo no curso de Produção Têxtil da Faculdade de Tecnologia de Americana.

Banca Examinadora

Orientador:

(Alex Paulo Siqueira Silva, Mestre, Docente da Faculdade de Tecnologia de Americana).

Professor da Disciplina:

(José Fornazier C. Sampaio, Mestre, Docente da Faculdade de Tecnologia de Americana)

Professor convidado:

(Miguel Ronaldo Galhani, Especialista, Docente da Faculdade de Tecnologia de Americana)

Americana, _____ / _____ / _____

Dedico este trabalho aos meus pais, por todo apoio recebido, compreensão, e dedicação ao meu filho, para que eu concluísse esta pesquisa;

Aos meus amigos, pela força e motivação;

Aos meus professores e ao meu orientador, pela dedicação e paciência ao longo do curso.

RESUMO

Esta pesquisa trata-se da utilização de geotêxteis não tecidos, um produto de segmentação têxtil empregado em obras de geotecnia. Os geotêxteis fazem parte do grupo dos geossintéticos, produtos eficazes e econômicos utilizados para solucionar diversos problemas encontrados, principalmente os criados pelo homem. Nesta família podemos encontrar além dos geotêxteis, as geomembranas, geogrelhas, geotubos, geocompostos, entre outros que são criados conforme as necessidades.

Com funções de proteção, separação, reforço, filtração e drenagem, são aplicadas em áreas que sofreram ação da natureza e especialmente áreas que sofreram com a intervenção do homem em sua geografia, tentando recuperar recriando suas condições iniciais através destes materiais.

A abordagem deste trabalho é o processo de fabricação deste tipo de material, utilização, métodos de aplicação, benefícios obtidos através do uso de geocélulas, e geogrelhas, principais produtos para recuperação e proteção do solo.

Palavras-chave: Geossintéticos. Geotecnia. Geotêxteis não tecidos.

ABSTRACT

This paper is about the use of geotextiles, nonwoven fabrics, a segmentation product placed in geotechnical work. The geotechnical takes part in the geosynthetics, useful products and economic are used to solve many problems, especially the ones created by the human being. In this family, we can find geotextiles, geomembranes, geogrids, and geosynthetic, between many others created according to their needs.

Along with protection functions, division, reinforcement, filtration and drainage, they are applied in areas affected by nature action and especially in areas that are affected by human intervention in its geography, trying to rebuild by recreating proper initial conditions through these resources.

This paper will also discuss about the manufacturing process of this kind of substance, usage, application methods, benefits gathered through geocélulas and geogrelhas, main products used to land reclamation and land protection.

Keywords: Geosynthetics. Geotechnical. Nonwoven geotextiles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Zigurats.....	14
Figura 2.2 - Geocélulas.....	16
Figura 2.3 - Geocompostos.....	17
Figura 2.4 - Geogrelhas.....	17
Figura 2.5 - Geomantas.....	18
Figura 2.6 - Geomembranas.....	18
Figura 2.7 - Georedes.....	19
Figura 2.8 - Geotêxteis.....	19
Figura 2.9 - Geodrenos.....	20
Figura 2.10 - Geotubos.....	20
Figura 3.1 - Organograma têxtil.....	22
Figura 3.2 - Tramas e urdumes.....	23
Figura 3.3 - Filamentos de não-tecido.....	23
Figura 4.1 - Máquina de processo descontínuo.....	24
Figura 4.2 - Máquina de processo contínuo.....	25
Figura 4.3 - Consolidação mecânica por agulhagem.....	27
Figura 5.1 - Etapas de erosão do solo.....	30
Figura 5.2 - Trecho com erosão.....	30
Figura 5.3 - Deslizamentos de terra.....	31
Figura 5.4 - Geocélulas.....	32
Figura 5.5 - Muro de arrimo.....	34
Figura 5.6 - Controle de erosão.....	35
Figura 5.7 - Estabilização de solo.....	35
Figura 5.8 - Tratamento de taludes.....	36
Figura 5.9 - Vala de ancoragem.....	37
Figura 5.10 - Grampos de fixação.....	38
Figura 5.11 - Cabos de ancoragem.....	38
Figura 5.12 – Geogrelhas com camada de não-tecido.....	39
Figura 5.13 – Abertura da malha da geogrelha.....	40
Figura 5.14 – Reforço de solo em talude.....	41

Figura 5.15 – Exemplo de solo sem geogrelha.....	42
Figura 5.16 – Exemplo de solo com geogrelha.....	42
Figura 5.17 – Solo sem reforço.....	43
Figura 5.18 – Solo com reforço.....	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Histórico dos geossintéticos.....	15
Quadro 2.2 - Principais aplicações dos geossintéticos.....	16
Quadro 4.1 - Formação da manta.....	26
Quadro 4.2 - Utilização dos não tecidos.....	28
Quadro 5.1 - Aplicações de geocélulas.....	33
Quadro 5.2 - Aplicações de geogrelhas.....	41

LISTA DE ABREVIATÖES

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABINT - Associação Brasileira das Indústrias de Nãotecidos e Tecidos Técnicos

EM-DAT - Emergency Disasters Database

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	12
2 - GEOSSINTÉTICOS.....	14
2.1 - Histórico e evolução.....	14
2.2 - Aplicações.....	15
2.2.1 - Geocélulas.....	16
2.2.2 - Geocompostos.....	17
2.2.3 - Geogrelhas.....	17
2.2.4 - Geomantas.....	18
2.2.5 - Geomembranas.....	18
2.2.6 - Georedes.....	19
2.2.7 - Geotêxteis.....	19
2.2.8 - Geodrenos.....	20
2.2.9 - Geotubos.....	20
3 - GEOTÊXTEIS.....	22
3.1 - Geotêxtil tecido.....	22
3.2 - Geotêxtil não-tecido.....	23
4 – GEOTÊXTEIS NÃO-TECIDOS.....	24
4.1 - Histórico.....	24
4.2 - Classificação.....	25
4.2.1 - Gramatura.....	26
4.2.2 - Formação da manta.....	26
4.2.3 - Consolidação da manta.....	27
4.3 - Identificação e utilização.....	28
4.4 - Utilização na geotecnia.....	29
5 - UTILIZAÇÃO DE GEOTÊXTEIS NÃO-TECIDO NO CONTROLE DE EROÇÃO E PROTEÇÃO DO SOLO.....	30
5.1 - Geocélulas.....	32
5.1.1 - Uso de geocélulas em muros de arrimo.....	34
5.1.2 - Proteção contra erosão.....	34
5.1.3 - Estabilização de solos moles.....	35

5.1.4 - Estabilização de taludes.....	36
5.1.5 - Instalação de geocélulas.....	37
5.2 - Geogrelhas.....	39
5.2.1 - Aplicação de geogrelhas em taludes.....	41
5.2.2 – Aplicação de geogrelhas em solos moles.....	42
5.2.3 – Instalação de geogrelhas	43
6 – CONSIDERAÇÕES.....	44
7 – CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

A intervenção do homem no meio ambiente e a urbanização desordenada das cidades nas últimas décadas somam-se aos fatores naturais que causam a erosão do solo e os deslizamentos de morros e encostas. Áreas impróprias a serem habitadas e outras ações do homem como desmatamento, aterros, alteração de drenagem, lixo em local impróprio e moradias sem infraestrutura adequada prejudicam a vegetação e quando agentes como águas de chuvas e ventos seguem seu processo natural, temos como resultado os vários acontecimentos que assistimos ao longo destes anos.

Segundo Tominaga, (2009, p. 20) houve um crescimento significativo de desastres naturais no Brasil desde 1960. Num total de 289 fatos registrados no EM-DAT (*Emergency Disasters Database*), no período de 1900 a 2009, 70% dos casos ocorreram após os anos 60. Porém os números encontram-se em desarmonia se comparados com os registros do banco de dados da Defesa Civil de Santa Catarina. Enquanto o EM-DAT indica que de 1980 a 2003 ocorreram 89 fatos de desastres naturais no Brasil, em Santa Catarina temos registros de 3.373 ocorrências, seguindo os mesmo critérios de avaliação do EM-DAT, para serem consideradas Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública.

O aumento das ocorrências é considerado resultado da intervenção humana já que a preservação da vegetação sofre com sua interferência. Algumas técnicas utilizadas como reflorestamento e drenagem não evitam mais que estes problemas ocorram, sendo necessária a aplicação de materiais geossintéticos que tenham funções semelhantes as da vegetação a fim de evitar estes casos (TOMINAGA, 2009).

O objetivo desta pesquisa é abordar a importância dos geossintéticos, especificando os geotêxteis não tecidos em obras geotécnicas para evitar ou ao menos diminuir estas ocorrências, exemplificando os materiais que podem ser

utilizados e suas aplicações com a finalidade de melhorar a qualidade do solo e dar estabilidade estrutural, já que possuem elevada resistência à tração e a luz solar. Produzido com uma manta obtida através do processo de agulhagem em camadas de véus de filamentos não orientados, possuem propriedades especiais desenvolvidas para determinados processos necessários, que os tornam uma opção de excelente funcionalidade e baixo custo, podendo ser empregados em várias áreas industriais.

2 GEOSINTÉTICOS

O prefixo “Geo” vem sendo acrescentado aos nomes de alguns produtos utilizados na engenharia geotécnica para designar um material em que um dos seus componentes é um polímero sintético ou natural. Podem ser aplicados na forma de tela, tira ou estrutura tridimensional (ABNT NBR12553, 2003).

2.1 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO

De acordo com o Comitê Técnico Geotêxtil (2001), desde a antiguidade podemos observar o uso dos geossintéticos. Em 2000 a.C, eram utilizados materiais como palha, bambu, cipó, madeira, pelos e pele, que possuíam características como resistência à tração e drenagem nas construções de templos, zigurats e habitações.

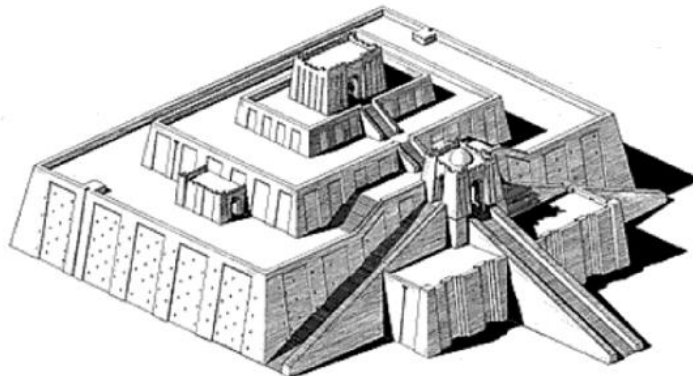


Figura 2.1: Zigurats.

Fonte: Muros e Taludes de Solos Reforçados (2009).

Na modernidade, o uso deste material teve sua evolução no século XX:

1921 a 1930	Tecidos de algodão para reforçar estradas (EUA).
1941 a 1950	Geossintéticos Como Lonas De Reforço E Separação (Normandia).
1951 a 1960	Obras hidráulicas como diques e na proteção de taludes (EUA e Japão).
1961 a 1970	Nãotecidos e tecidos utilizados como reforço, separação, prevenção de erosão e drenagem em obras nas rodovias e ferrovias.
1970 a 1980	Aterros, grandes barragens, geocompostos e início da fabricação no Brasil.
1981 a 1990	Obras de contenção e controle ambiental e início da normalização ABNT.
1991 a 2000	Grande variedade de produtos e aplicações.

Quadro 2.1: Histórico dos geossintéticos.
 Fonte: Comitê Técnico Geotêxtil (2001).

2.2 APLICAÇÕES

As funções desempenhadas pelos geossintéticos são diversas e de acordo com a ABNT NBR 12.553 as principais são: controle de erosão superficial, drenagem, filtração, impermeabilização, proteção, reforço e separação. O quadro abaixo especifica cada uma destas aplicações

Reforço	Restringir deformações e aumentar a resistência do maciço em obras geotécnicas, aproveitando a resistência à tração do material geossintético.
Filtração	Permitir a passagem e coleta dos fluidos, sem a movimentação de partículas do maciço.
Drenagem	Coletar e/ou facilitar os movimentos dos fluidos no interior do maciço.
Proteção	Reduzir solicitações localizadas, homogeneizando o nível

	das tensões que atingiriam determinada superfície ou camada.
Separação	Evitar a mistura entre materiais granulares com características geotécnicas distintas.
Impermeabilização	Conter o avanço de uma pluma de contaminação, evitando a migração de líquidos ou gases em aplicações ambientais.
Controle de Erosão	Proteger a superfície do terreno contra o arraste de partículas pela ação de ventos e águas superficiais.

Quadro 2.2: Principais aplicações dos geossintéticos.

Fonte: Vertematti (2004).

Para cada uma das aplicações, existem um ou mais geossintéticos indicados, como: geobarra, geocélula, geocomposto, geoespaçador, geoexpandido, geoforma, geogrelha, geomanta, geotêxtil, geotira, geotubo, dentre outros. Estes materiais estão em constante evolução, mas podemos enfatizar os materiais a seguir como sendo os principais devido aos seus volumes de aplicação nas obras (COMITÊ TÉCNICO GEOTÊXTIL, 2001):

2.2.1 Geocélulas

Conjunto de células interligadas que formam uma estrutura tridimensional onde são depositados concreto, areia, brita ou o próprio solo para proteção de taludes, muros de contenção ou reforço de solos moles.

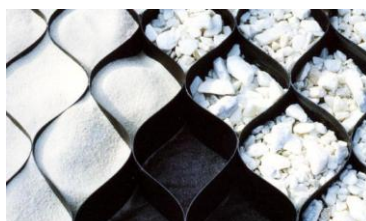


Figura 2.2: Geocélula.

Fonte: Site Geofoco (2013).

2.2.2 Geocompostos

Formados por dois ou mais materiais geossintéticos como geotêxteis/geogrelha, geotêxtil/geomembrana, geomembrana/georede, são empregados para separação do solo, drenagem, filtração e barreira à umidade.

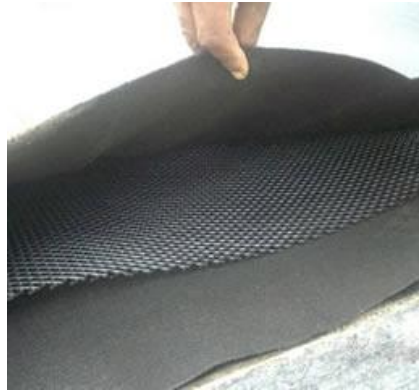


Figura 2.3: Geocompostos.
Fonte: Site Geofoco (2013).

2.2.3 Geogrelhas

Sua estrutura tem formato de grelha e possui grande resistência à tração. Seu uso é de estabilização estrutural como separação e reforço de solo.



Figura 2.4: Geogrelha.
Fonte: Site Geofoco (2013).

2.2.4 Geomantas

Estruturas tridimensionais permeáveis utilizadas no controle de erosão do solo. São fabricadas com matérias resistentes a intempéries e à fotodegradação (condições climáticas intensas e degradação por exposição à luz).



Figura 2.5: Geomanta.
Fonte: Site Geofoco (2013).

2.2.5 Geomembranas

Material pouco permeável utilizado no controle de fluxo e separação de canais, aterros sanitários, barragens, entre outras.



Figura 2.6: Geomembrana.
Fonte: Site Geofoco (2013).

2.2.6 Georedes

Estrutura tridimensional com grandes vazios, utilizados para drenagem, normalmente aplicados entre dois materiais, como geomembranas ou geotêxteis a fim de evitar obstrução dos canais pelo solo ou resíduos.

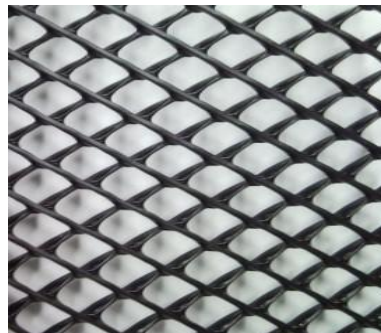


Figura 2.7: Georede.
Fonte: Site Geofoco (2013).

2.2.7 Geotêxtil

Materiais têxteis permeáveis do tipo não-tecido, quando suas fibras não seguem nenhum padrão de alinhamento, ou tecidos quando as fibras são organizadas seguindo o sentido de trama e urdume. São empregados em construções de estradas e vias férreas, túneis e obras de terraplanagem, no controle da erosão e na construção de reservatórios e barragens.

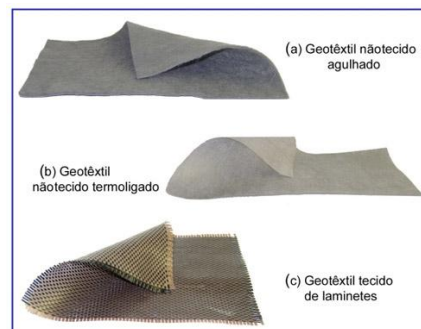


Figura 2.8: Materiais geotêxteis.
Fonte: Site ABINT (2013).

2.2.8 Geodrenos

Geocomposto com núcleo drenante envolvido por um geotêxtil que desempenha função de filtro. Possui o formato o de uma mangueira de incêndio e é aplicado para fazer o rebaixamento do lençol freático.



Figura 2.9: Geodreno.
Fonte: Site Geofoco (2013).

2.2.9 Geotubos

São estruturas cilíndricas, feitas com têxteis sintéticos que são preenchidos com areia ou outros materiais. Servem para reduzir a energia das ondas, controlar o fluxo de sedimentos ou descontaminação de uma área.



Figura 2.10: Geotubo utilizado para descontaminação.
Fonte: Site Folha de São Paulo (2013).

Visto de um modo geral, os geossintéticos podem ser feitos de grande variedade de material para diversas aplicações conforme a necessidade do solo que está sendo trabalhado. Dentro desta vasta família estão os geotêxteis, produtos essenciais para obras geotécnicas, em especial os geotêxteis não tecidos, assunto principal desta pesquisa a ser tratado a seguir.

3 GEOTÊXTEIS

Produto têxtil permeável utilizado predominantemente na engenharia geotécnica, com funções de drenagem, filtração, reforço, separação e proteção (NBR12553, 2003). Os geotêxteis são classificados em dois tipos:

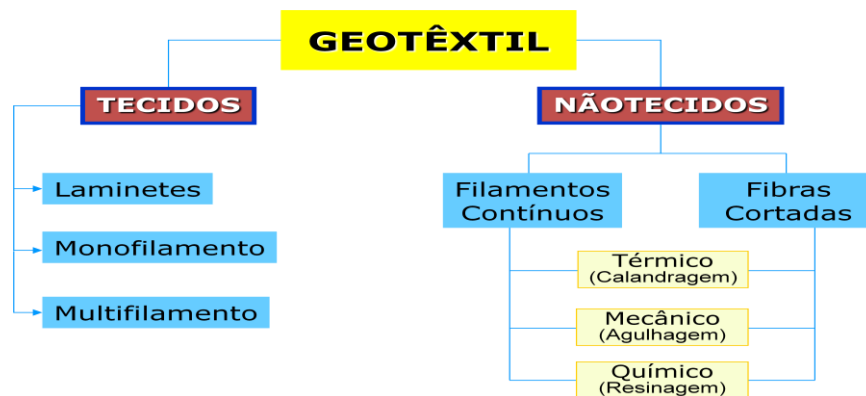


Figura 3.1: Organograma Geotêxtil.

Fonte: Curso Básico de Geotêxteis.

3.1 GEOTÊXTEL TECIDO

Para melhor entendimento do que é um não tecido, é importante saber o que é tecnicamente um tecido. Conforme a ABNT/TB-392, tecido é uma estrutura produzida pelo entrelaçamento de um conjunto de fios de urdume e outro conjunto de fios de trama, formando ângulo de (ou próximo a) 90°. (MORONI, Laerte Guião; FILHO, Wagner T. Publio; SAITO, Jorge; LIMA, Cristiane Gimenez. *Manual de Não tecidos*, 2005, p.5)

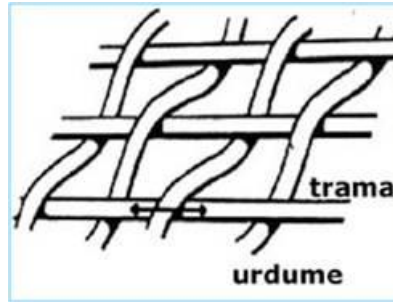


Figura3. 2: Trama e Urdume.
Fonte: Comitê Técnico Geotêxtil (2009).

3.2 GEOTÊXTIL NÃOTECIDO

Material composto por fibras ou filamentos orientados ou distribuídos aleatoriamente, os quais são interligados por processos mecânicos, térmicos e/ou químicos (ABNT NBR13370, 2002).

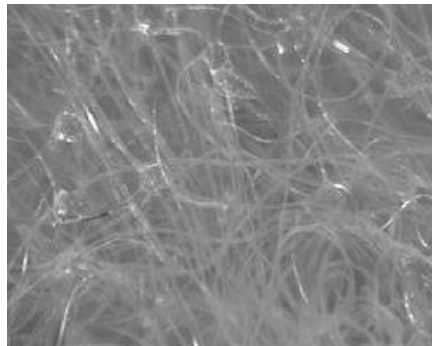


Figura 3.3: Filamentos de não-tecido.
Fonte: Site Textília (2013).

Após breve explicação sobre a família dos geossintéticos, o próximo capítulo aborda os geotêxteis não-tecidos, expondo sua fabricação e aplicações.

4 GEOTÊXTEIS NÃOTECIDOS

Segundo Rewald (2006, p. 13)

A definição correta e normalizada conforme a NBR 13370 pela ABNT, não tecido é uma estrutura plana, flexível e porosa constituída de véu ou manta de fibras ou filamentos, orientados direcionalmente e/ou ao acaso, consolidadas por processo mecânico (fricção) e/ou químico (adesão) e/ou térmico (coesão) ou combinação destes.

4.1 HISTÓRICO

Rewald (2006 p.11) aponta que o primeiro aparecimento de uma estrutura semelhante ao não tecido, foi no Egito, no ano de 2400 a.C., e que em 1799, impulsionado pela demanda de impressão de livros, o engenheiro francês Louis Nicolas Robert desenvolveu um equipamento que fabricava papel no processo descontínuo, e em 1860, os irmãos Henry e Sealy Fourdrinier de Londres, projetaram a máquina de processo contínuo. Nos Estados Unidos, em 1930, começaram as primeiras experiências para obtenção de um não tecido de celulose cosolidado com látex.



Figura 4.1: Máquina de processo descontínuo.
Fonte: Site Casepaper (2013).



Figura 4.2: Máquina de processo contínuo.

Fonte: Site Caspaper (2013).

Rewald ainda considera que para a indústria têxtil, a origem do não-tecido é de 1853, onde Belford utilizou cardas e esteiras de transporte para impregnar e secar mantas de algodão para a fabricação de estofados e colchões. O não-tecido, também conhecido na língua inglesa como *nonwoven*, foi criado pela necessidade de simplificar e desenvolver novidades no processo têxtil, assim como dar um destino aos resíduos que precisavam ser reciclados. O processo de consolidação por agulhagem surgiu na segunda metade do século XIX, na Inglaterra, pela fábrica Bywater. Finalizando o histórico deste produto, na década de 50, fábricas começaram a ser instaladas na América do Norte, México e Europa, na década de 60, o não-tecido foi lançado no mercado como matéria prima industrial e produto final para consumo, e os anos 70 foram de ascensão e desenvolvimento para novos processos e materiais utilizados para obtenção do *nonwoven*.

4.2 CLASSIFICAÇÃO

Os não-tecidos podem ser classificados conforme o processo de fabricação, matéria prima, processo de consolidação, gramatura (massa por unidade de área) e outros (MORONI, FILHO, SAITO, LIMA, 2005).

4.2.1 Gramatura (massa por unidade de área)

Medida que relaciona o peso por unidade de área, podendo ser considerado como leve (menor que 25g/m²), médio (entre 26 e 70 g/m²), pesado (entre 71 e 150 g/m²) e muito pesado (acima de 150 g/m²).

4.2.2 Formação da manta

Estrutura formada por duas ou mais camadas de véus ainda não consolidados. Pode ser processada via seca, via úmida e via fundida:

Processo via Seca	São produzidos os não tecidos via carda, onde as fibras são paralelizadas por cilindros com dentes que organizam as fibras ou não tecidos via aérea, onde as fibras são suspensas pelo fluxo de ar e coletadas em uma tela, formando a manta.
Processo via Úmida	As fibras são suspensas em meio aquoso e coletadas através de um filtro de um anteparo, formando a manta.
Processo via Fundida	São fabricados os não tecidos via extrusão, onde os polímeros são fundidos através de fieiras, resfriados, estirados e depois depositados em forma de véu sobre uma esteira.

Quadro 4.1: Formação da manta.
Fonte: Manual de Não tecidos (2005).

4.2.3 Consolidação da manta

Processo posterior à formação da manta, com finalidade de unir as fibras ou filamentos. Podem ser mecânico, químico ou térmico.

- Mecânico - agulhagem: processo mecânico através da técnica de entrelaçamento, onde após a formação da manta, as fibras ou filamentos são perfuradas diversas e alternadas vezes por agulhas que possuem saliências. Estas agulhas são presas em uma superfície que sobe e desce impulsionada através de um excêntrico e conforme penetram, arrastam as próprias fibras, atravessando o véu e consolidando a manta.

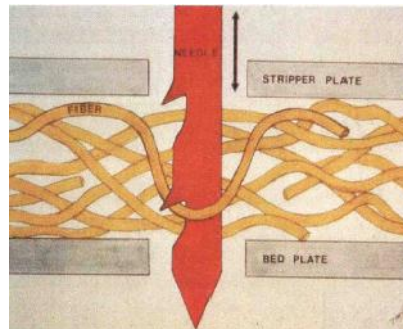


Figura 4.3: Consolidação mecânica por agulhagem.

Fonte: Manual de Nãotecidos (2005).

- Mecânica - hidroentrelaçamento: entrelaçamento das fibras ou filamentos através de jatos de água de alta pressão que penetram na manta e cruzam as fibras.
- Mecânica - costura: processo de consolidação com fios de costura inseridos através da manta.
- Química - resinagem: consolidados através de ligantes químicos que unem as fibras.
- Térmica - termoligado: a ligação da manta acontece através do calor, que causa a fusão das fibras.

4.3 IDENTIFICAÇÃO E UTILIZAÇÃO

A identificação dos nãotecidos pode ser por meio de sua gramatura, espessura, densidade, tipo de fibra ou filamento, resistência ao calor e ao contato com a chama, análise por solvente e acabamento superficial. Rewald (2006, p.189) aponta as áreas de utilização que necessitam deste produto, com finalidades extremamente diversas como:

Hospitalar	Produtos descartáveis como máscaras, toucas, aventais e gases possibilitam mais limpeza e higiene.
Doméstica	Utilizados para forrar tapetes, cortinas, decorar paredes, cobertores, toalhas de mesa e como panos de limpeza.
Filtração	Empregado para filtrar sólidos, líquidos e outras impurezas encontradas no meio ambiente.
Confecção	Entretelas aplicadas nas roupas para melhor caimento.
Construção civil	Utilizado para isolamento térmico e acústico de tetos e paredes e impermeabilização de lajes, telhados e subsolos.
Móveis e estofados	Aplicados no acabamento destes produtos para proteção e conforto de seus usuários.
Calçados	A aplicação nesta área são as biqueiras, palmilhas, cabedais, e forro. Auxiliam na estrutura dos calçados permitindo mais conforto ao usuário.
Automobilística	Usado no isolamento térmico e acústico dos automóveis e no acabamento de superfícies e carpetes.
Higiene Pessoal	Produtos como fraldas infantis e adultas, absorventes e outros que ficam em contato direto com a pele.
Geotêxtil	Drenagem e estabilização do solo para estabilização de encostas, conservação de estradas e canais.

Quadro 4.2: Utilização dos nãotecidos.

Fonte: Rewald (2006).

4.4 UTILIZAÇÕES NA GEOTECNIA

Com o aumento crescente da aplicação de geotêxteis não-tecido nos últimos anos, foram desenvolvidas diversas soluções para estradas, pontes, escavações, drenagens e impermeabilizações de solo, entre outros. O não-tecido utilizado para a fabricação destes geotêxteis é de filamento contínuo e consolidado pelo processo mecânico de agulhagem, de fibras sintéticas com peso variando entre 400 e 900g/m², classificado pela gramatura como muito pesado (Comitê Técnico Geotêxtil, 2001). Podem ser empregados em:

- Agricultura
- Áreas verdes
- Barragens
- Canais
- Controle de erosão
- Captação de águas subterrneas
- Construção civil
- Construção industrial
- Esporte e lazer
- Obras viárias
- Obras de contenção
- Obras marítimas
- Proteção do meio ambiente

5. UTILIZAÇÃO DE GEOTÊXTEIS NÃO TECIDOS NO CONTROLE DE EROSÃO E PROTEÇÃO DO SOLO

A utilização dos geotêxteis não tecidos nos solos e encostas atualmente vem da necessidade de solucionar grandes problemas como a erosão e os deslizamentos. Como já abordado na introdução dessa pesquisa, no Brasil existe um grande número de ocorrências de deslizamentos de encostas, decorrentes da erosão do solo. Segundo Tominaga (2009) a erosão é um fenômeno natural provocado pela desagregação de partículas do solo pela ação de agentes como chuvas, ventos, águas dos rios, entre outros. Essas partículas que são deslocadas e transportadas para as áreas mais baixas do terreno, arrastam o solo causando a erosão.

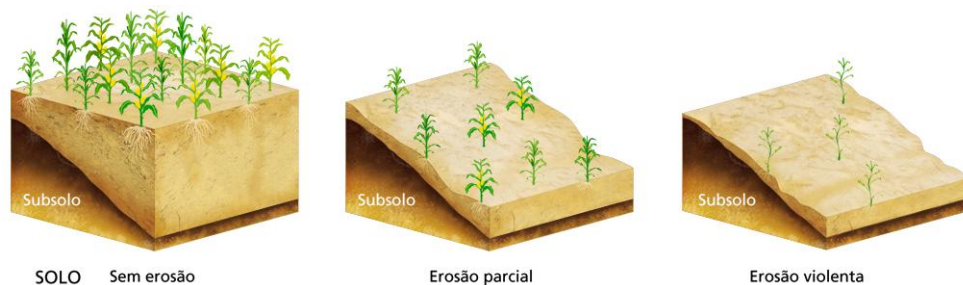


Figura 5.1: Etapas de erosão do solo.
Fonte: Site Brasil Escola (2013).



Figura 5.2: Trecho com erosão.
Fonte: Site Brasil Escola (2013).

Além da ação da natureza, a intensidade da erosão aumenta devido à interferência do homem no meio ambiente, acelerando este processo com desmatamentos, queimadas, urbanização, impermeabilização do solo e drenagem de estradas, que desencadeiam mais problemas como enchentes e assoreamentos de rios, redução da biodiversidade, redução de áreas de plantio, deslizamentos entre outros.



Figura 5.3: Deslizamentos de terra.

Fonte: Site Brasil Escola (2013).

Os deslizamentos são processos de desgaste dos solos em áreas com declive, que sofrem com a ação das fortes chuvas que agravam o que a construção de moradias e o desmatamento já danificaram naquele local. São comuns nas periferias, porém não específicos, onde os espaços são ocupados sem planejamento e sem acompanhamento de obras estruturais compatíveis com as características do ambiente (TOMINAGA, SANTORO, AMARAL, 2009).

Ainda segundo Tominaga, Santoro e Amaral (2009) as ocorrências de acidentes e desastres naturais no Estado de São Paulo estão ligadas aos escorregamentos de encostas, inundações, erosão e tempestades. Apesar de não existir um banco de dados de desastres naturais no Estado de São Paulo, a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (CEDEC), desde 2000, iniciou o cadastro dos atendimentos efetuados durante os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março. No período de 2000 a 2008, foram registradas diversas ocorrências, incluindo escorregamentos, erosão, inundação e similares. São 1.861 fatos

registrados, sendo: em torno de 50% (944) de inundações, 19% (367) de escorregamentos, 4% (65) de raios, 27% (485) de acidentes diversos. Estes dados apontam os números de 225 registros de óbitos e 50.347 pessoas desabrigadas e desalojadas.

Quando a preservação da vegetação do solo não evita mais que a erosão ocorra, e as técnicas de drenagem e reflorestamento não recuperam o solo, entram em cena os geossintéticos, no caso desta pesquisa, os geotêxteis não tecidos para recuperar e impedir que ocorram estes problemas. Os geotêxteis são utilizados na geotecnia, na construção de estradas e vias férreas, de túneis e estruturas subterrâneas, em obras de terraplanagem, em fundações e estruturas de suporte, em sistemas de drenagem, na construção de reservatórios, barragens ou depósitos de resíduos sólidos e líquidos e nas obras para controle da erosão, que daremos destaque neste capítulo.

Os geotêxteis não tecidos mais utilizados no controle de erosão e prevenção de deslizamentos são as geocélulas e geogrelhas.

5.1 GEOCÉLULAS

Segundo Grupo Nortene (4ª edição) geocélula é um material constituído de fitas presas entre si, que quando abertas formam uma estrutura tridimensional semelhante a uma colmeia de abelha, onde podem ser adicionadas pedras, brita, solo ou concreto, dependendo da finalidade a ser aplicada.

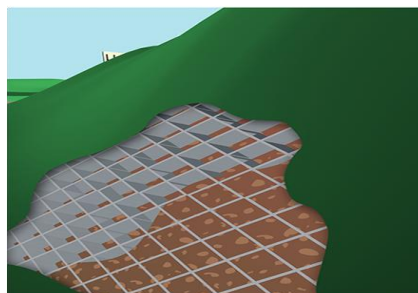


Figura 5.4: Geocélulas.
Fonte: Site Obergeo (2013).

Foram desenvolvidas no final da década de 70 nos Estados Unidos com a finalidade de tornar possível o trajeto de tanques e caminhões pelas areias do deserto e das praias, construindo estradas de acesso. A intenção era utilizar a areia como material de construção, mas hoje existem várias funções para este produto, entre elas, estruturas de contenção de terra, que permitem que se moldem muros para prevenção e controle do risco de erosão em taludes.

Aplicações da geocélula	Estruturas de contenção: muros de arrimo.
	Estabilização de taludes.
	Canais e obras hidráulicas.
	Estabilização de solos moles.
	Proteção contra erosão.
	Proteção mecânica de geomembranas.

Quadro 5.1: Aplicações da geocélula.
 Fonte: Manual de geossintéticos 4º edição.

As vantagens de utilização segundo dados do Grupo Nortènè:

- Redução de 50% ou mais da espessura de camada de suporte natural em estabilização de solos.
- Para preencher os espaços da geocélula podem ser utilizados materiais de baixo valor como areia e brita.
- A técnica de construção é simples, e facilita a instalação em locais longe e de difícil acesso.
- A instalação é simples e rápida, não exige nenhum equipamento especial e pode ser feito com poucas pessoas.
- Os muros de contenção podem sofrer reclaques em sua base sem perder sua integridade estrutural.

5.1.1 Uso de geocélulas em muros de arrimo

Conforme o Grupo Nortènè (4ª edição) a estrutura de contenção é um muro de gravidade onde a estabilidade deriva de um maciço de solo compactado, construída por meio de camadas sobrepostas de geocélulas preenchidas com solo, brita ou concreto. Podem ser estruturados em degraus com 70 a 90 graus de inclinação em relação à horizontal ou em seções verticais, e a camada exterior pode ser preenchida com solo vegetal, permitindo o plantio de vegetação, ou também podemos observar o crescimento do uso de muros de contenção com diferentes tipos de acabamento em seu exterior podendo ser utilizadas opções como envelopamento vertical do solo com o próprio geossintético ou utilização de blocos especiais pré-fabricados, que possuem resistência e estética.



Figura 5.5: Muro de arrimo.
Fonte: Site Obergeo (2013).

5.1.2 Proteção contra erosão

Para a proteção e controle de erosão, podem ser utilizados três tipos de preenchimento, o enchimento com material granular, que possui maior resistência à erosão impedindo que a gravidade e o fluxo de água migrem as partículas para parte inferior do talude; enchimento com concreto, indicado para taludes íngremes, já que as paredes das células funcionam como uma forma e acompanham a sua movimentação; e por último, enchimento com vegetação, onde as células reforçam o solo vegetal, contribuindo com a resistência natural

existente contra a erosão, é indicado para taludes íngremes e com grande fluxo de água.

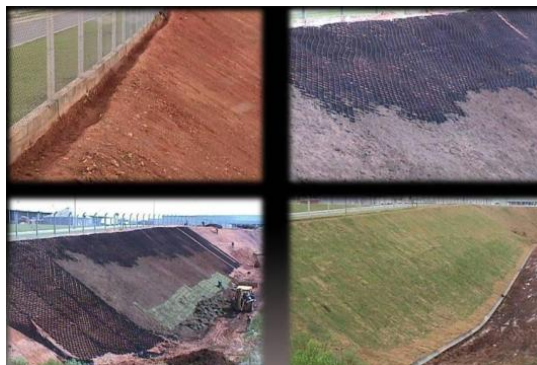


Figura 5.6: Controle de erosão.
Fonte: Site Obergeo (2013).

5.1.3 Estabilização de solos moles

Solos moles são solos que apresentam baixa capacidade estrutural devido à quantidade de água subterrânea, possuem baixo índice de permeabilidade, de resistência ao cisalhamento e alta deformação. O reforço ocorre devido à resistência gerada pelo atrito das paredes das células quando preenchidas com algum material, ocorrendo o “cintamento”, que permite que a base fique rígida e resistente à flexão.



Figura 5.7: Estabilização de solo.
Fonte: Site Civil Press (2013).

5.1.4 Estabilização de taludes

A aplicação das geocélulas para estabilização de taludes, plano com até 70° de inclinação que limita um aterro com função de garantir sua estabilidade, necessita de uma análise aprofundada sobre o local, como altura, comprimento e inclinação do talude, para escolher a altura das células e a ancoragem correta. A utilização de taludes vegetados possui melhor desempenho já que as raízes da vegetação funcionam como uma barreira, evitando que o fluxo das águas das chuvas formem ravinas, processo erosivo provocado essencialmente pelo escoamento de águas que formam canais fundos, que na primeira fase de formação tem a forma de “V”, e a seguir pode ser moldado por fenômenos de desgaste e deslizamento assumindo uma forma triangular, trapezoidal ou em U (Bagarello e Ferro 1999).



Figura 5.8: Tratamento de talude.
Fonte: Site Wall Muro (2013).

Além da diversidade de utilização, a instalação simples sem necessidade de nenhum instrumento especial torna as geocélulas uma boa opção para o tipo de problema abordado na pesquisa. Outro ponto que torna este produto mais atraente são os materiais empregados, de fácil acesso e baixo custo. Para cada atividade existe uma seleção de material específico:

- Para taludes íngremes: solos e vegetação.
- Para taludes suaves: areia.
- Para taludes de Fluxo moderado: pedregulhos e brita.

- Para taludes íngremes e de alto fluxo: concreto e argamassa.

5.1.5 Instalação das geocélulas

Segundo definição do Grupo Nortènè (4ª edição), a correta implantação das geocélulas necessita de uma análise prévia da superfície do talude. Esta análise define a escolha e o dimensionamento do tipo de fixação das geocélulas. Dependendo do resultado da análise deve-se utilizar uma das formas de fixação a seguir:

- Vala de Ancoragem

A borda superior das geocélulas deve ser ancorada para melhor fixação no talude, e para impedir a entrada de água por baixo dos painéis.

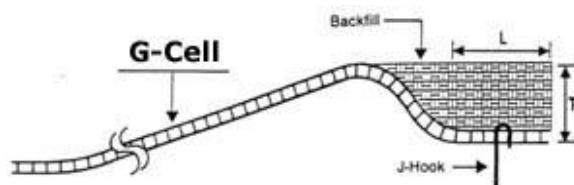


Figura 5.9: Vala de ancoragem.
Fonte: Manual dos Geossintéticos (2009).

- Grampos de Fixação

Forma de fixação dos painéis de geocélulas no talude com a utilização de grampos de aço na forma de "bengala" com 40 a 50 cm de comprimento. Eles são espetados no solo, de forma que a bengala prenda a borda superior das células.

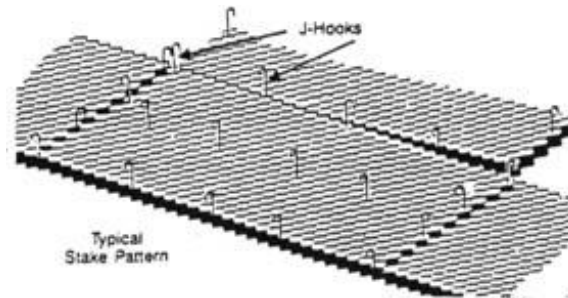


Figura 5.10: Grampos de fixação.
 Fonte: Manual dos Geossintéticos (2009).

- Cabos de Ancoragem

Em taludes com 30 até 45 graus de inclinação, ou quando não for possível a utilização de grampos (quando existe uma geomembrana embaixo do painel), é recomendável o uso de cabos de reforço orientados no sentido do caimento e ancorados na crista do talude. Os cabos são passados por buracos previamente feitos nos painéis fechados. O espaçamento entre os cabos e sua resistência será uma função da Força de Deslizamento descrita anteriormente. O material ideal para os cabos é o poliéster, revestidos por polipropileno, pelo seu alto módulo de elasticidade. Alternativamente, podem ser utilizados cabos de polipropileno de boa qualidade que, embora mais flexíveis que os de poliéster, se devidamente sobredimensionados, constituem uma opção economicamente conveniente.

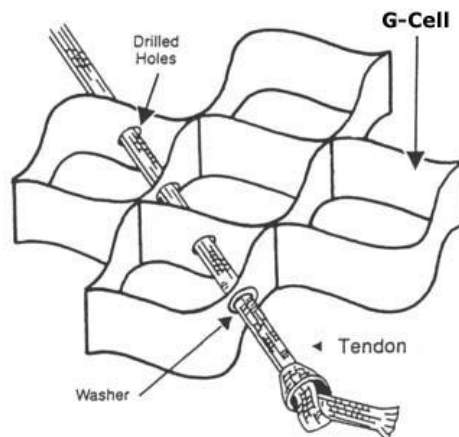


Figura 5.11: Cabos de ancoragem.
 Fonte: Manual dos Geossintéticos (2009).

Depois de escolhida a forma de implantação da geocélula, deve ser feita a terraplanagem no local conforme especificado no projeto, e se houver diferença entre o solo de apoio e o de preenchimento, deve-se aplicar um geotêxtil com função de separação entre os mesmos. A área a ser aplicado o painel, deve ser demarcada com grampos nas quatro extremidades, onde serão encaixadas as pontas do painel quando aberto e colocados grampos adicionais para prenderem o resto do painel. Despeja-se o enchimento nas primeiras fileiras da geocélula para se espalhar com pás manuais ou carregadeiras, e através de várias passadas destes instrumentos, ou através do uso rolos ou placas vibratórias dependendo do nível desejado, é feita a compactação do enchimento.

5.2 GEOGRELHAS

Geogrelhas podem ser fabricadas com tecido plano ou não-tecido. Quando utilizada a geogrelha de tecido plano, é necessária a combinação de algum geotêxtil não-tecido que promova resistência à tração e separação das camadas do solo para que não se misturem. Conforme o Grupo Nortene (2009, p.103), as geogrelhas são utilizadas como elemento de reforço em obras geotécnicas onde o solo apresenta baixa capacidade de suporte, necessitando assim da inserção de elementos de reforço capazes de garantir a estabilidade do sistema quando submetido às forças que serão aplicadas ao mesmo, pois possuem características onde a abertura de sua malha é grande o suficiente para permitir o entrosamento das partículas do solo ou do material, proporcionando uma boa aderência e, pois provoca uma comunicação do solo aterrado.



Figura 5.12: Geogrelha com camada de não-tecido.
Fonte: Site Engepol (2013).

O Grupo Nortenè afirma que para que o material tenha essa função, os fios que formam os elementos transversais e longitudinais da geogrelha e os nós (cruzamento dos dois elementos), necessitam de rigidez e resistência a tração adequada, gerada através do intertravamento entre o material de contato, no interior da malha, que traciona os elementos transversais, que transmitem a carga para os elementos longitudinais. A abertura da malha ainda permite a drenagem vertical.

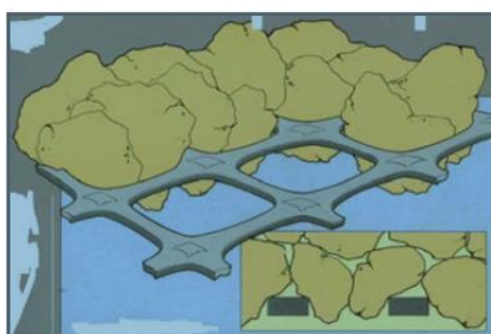


Figura 5.13: Abertura da malha da geogrelha.

Fonte: Vidal (2007).

Ainda de acordo com o Grupo Nortenè, as primeiras geogrelhas foram projetadas na Inglaterra em 1980 e utilizadas no Canadá em 1982 e podem ser aplicadas em vários tipos de obras como:

Aplicações para geogrelhas	Bases de estradas rodoviárias e ferroviárias
	Recuperação de pavimentos.
	Recuperação de pavimentos.
	Base de aterros reforçados construídos sobre solo mole.
	Taludes reforçados.
	Taludes de barragens de terra.
	Recomposição de taludes que romperam.
	Base de aterro de capeamento de estacas de fundação.

	Diques de expansão e aterros sanitários
	Muros de solo reforçado.
	Taludes de aterros sanitário.
	Coberturas de valas de resíduos e de aterros sanitários.
	Substituição de encostas convencionais por taludes de inclinação acentuada.

Quadro 5.2: Aplicações para geogrelha.

Fonte: Vidal (2007).

5.2.1 Aplicação de geogrelhas em taludes

A construção de taludes com a estruturação de geogrelhas é realizada por camadas, onde é feita a compactação do solo e aplica-se em seguida a geogrelha, deixando um pedaço para fora do talude, que será dobrado para cima e compactado com a nova etapa de aterro (DURAN, 2005).



Figura 5.14: Reforço de solo em talude.

Fonte: Duran (2005).

5.2.2 Aplicação de geogrelhas em solos moles

Como já especificado, solos moles são solos com baixa capacidade estrutural devido a grande quantidade de água subterrânea. A aplicação das geogrelhas para solucionar esse tipo de problema deve-se a implantação do produto por ser resistente à tração e aplicar melhoria nas características mecânicas de comportamento do solo. O resultado é simples, o solo reestruturado não sofre de maneira degenerativa com a pressão sofrida quando possui a geogrelha, a tensão é dissipada para os lados, evitando que as forças danifiquem a estrutura do solo deformando o mesmo (DURAN e SANTOS, 2005).



Figura 5.15: Exemplo de solo sem geogrelha.
Fonte: Site Maccaferri.

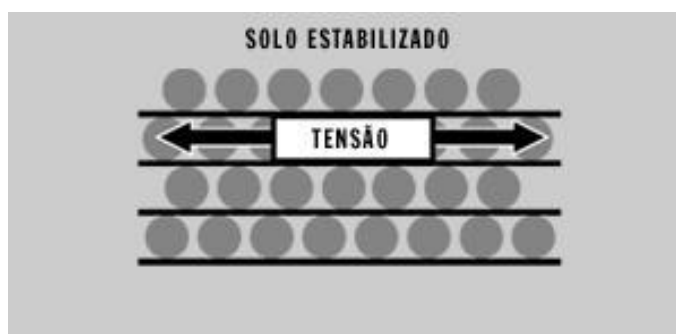


Figura 5.16: Exemplo de solo com geogrelha.
Fonte: Site Maccaferri.

Um exemplo dessa aplicação são melhorias em estradas de acesso a obras, como mostra a figura abaixo:



Figura 5.17: Solo sem reforço.
Fonte: Manual Nortenè.

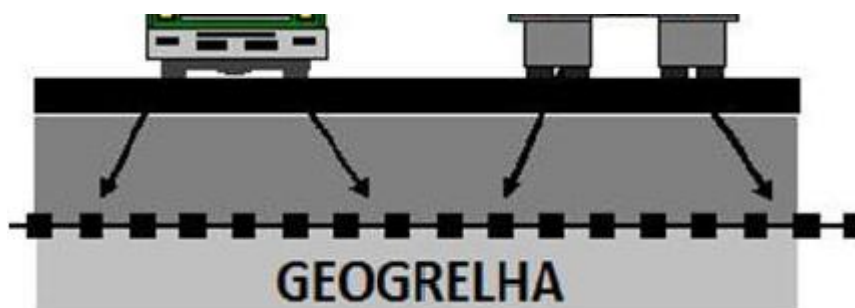


Figura 5.18: Solo com reforço.
Fonte: Manual Nortenè.

5.2.3 Instalação de geogrelhas

Segundo Duran e Santos (2005) primeiramente o local que receberá a geogrelha deve ser preparado, limpando o local para a retirada dos restos de árvore, pedregulhos ou outros materiais que possam obstruir a geogrelha. De acordo com o projeto, a geogrelha deve ser desenrolada e disposta no local a ser aplicada para que o material de enchimento seja depositado sobre o produto, podendo ser aplicada com uma ou mais camadas de reforço. Após a colocação da última camada, pode-se iniciar a compactação de acordo com o projeto de terraplenagem.

6 CONSIDERAÇÕES

Como visto nos capítulos anteriores, o cenário de degradação do solo por causas climáticas ou intervenção do homem, é o motivo do estudo dos materiais apresentados nessa pesquisa. A busca por soluções práticas e resolutivas de produtos que recuperem esse tipo de solo, na tentativa de estabilizar ou diminuir os riscos possíveis de uma área atingida pela erosão, é o método mais eficiente para evitar que consequências como assoreamentos de rios, voçorocas e deslizamentos de terra.

Os motivos da escolha dos materiais citados, geotêxteis tecidos planos e não tecidos: geocélulas e geogrelhas são simples. Para esse tipo de aplicação, reestruturação de solos e tentativas de reproduzir as condições anteriores à degradação na área afetada, existem inúmeros métodos que podem ser utilizados, porém os geotêxteis tecidos e não tecidos são fáceis de manusear, sua instalação é prática e não necessita de nenhum equipamento ou condição especial, basta seguir as orientações dos fabricantes e obedecer ao projeto feito para aquele caso. O material feito de não tecido é extremamente resistente às forças que esse tipo de solo pode sofrer, e às condições climáticas que os atingem, como intempéries e fotodegradação. A combinação de resistência e praticidade tornam as geocélulas e geogrelhas excelentes escolhas para obras de geotecnia, em especial, nos casos citados nessa pesquisa.

Além dos motivos já apresentados, existem inúmeras formas de aplicações desses dois produtos. A multiplicidade de funções é um ponto a somar na escolha do material a ser usado. As geocélulas podem ser empregadas em canais, margens e encostas e taludes; e com várias intenções de uso como confinamento, proteção, reforço, revestimento e contenção. As geogrelhas são empregadas para reforço de solo em rodovias, pavimentos, estruturação de solos moles, muros de contenção e taludes reforçados.

O tema foi escolhido para essa pesquisa de materiais por ser comum em nosso país e por ocorrerem tantos casos, principalmente nos meses de verão, onde a intensidade das chuvas aumenta, assim como os riscos de deslizamentos de terra também. Com as informações apresentadas, podemos considerar que havendo um projeto adequado de reestruturação dos solos utilizando os materiais citados, a recuperação da área afetada se torna real. O método é eficaz por reproduzir as características originais do solo com a ajuda dos geotêxteis tecidos e não tecidos.

7 CONCLUSÃO

Os geotêxteis tecidos e não tecidos fazem parte do mix de produtos geossintéticos que contribuem para melhoria de obras geotécnicas. A aplicação desses elementos no interior do solo assegura a redistribuição das tensões permitindo que se construa reduzindo o volume de aterro.

O ramo da geotecnia tem seu crescimento em grande escala, e os materiais geotêxteis são um grande diferencial, pois tem grande produção, baixo custo e possibilidade de utilizar matéria prima barata como preenchimento, que tornam assim novas oportunidades de crescimento em um mercado em evolução, onde há a necessidade de redução de custos e novos produtos que preencham as necessidades que surgem nessa área.

Pode-se concluir que entre os métodos existentes para conservação ou recuperação de solos com problemas estruturais, os meios apresentados nessa pesquisa são mais vantajosos pelas características citadas acima junto a facilidade de manuseio e resistência dos materiais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – *Geotêxteis: Determinação da resistência à tração não Confinada*: ensaio de tração de faixa larga. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

COMITÊ TÉCNICO GEOTÊXTIL. *Curso Básico de Geotêxteis*. São Paulo: ABINT, 2001.

DURAN, J. S. ; SANTOS JUNIOR, P. *Estruturas de solo reforçado com o Sistema Terramesh* . Encarte Técnico. São Paulo: Maccaferri do Brasil Ltda, 2005.

GRUPO NORTÈNE. *Manual De Geossintéticos*. 4. Ed. São Paulo: Engepol Geossintéticos Ltda / Nortene Plásticos Ltda, 2009

MAGALHÃES, R. A.. *Processos Erosivos e Métodos de Contenção*. Ouro Preto: CEEB,1995.

MORONI, L. G. ; PUBLIO FILHO, W. T. ; SAITO, J. ; LIMA, C. G. *Manual de Nãotecidos: Classificação, Identificação e Aplicações*. 3. ed. São Paulo: ABINT, 2005.

REWALD, F. G. *Tecnologia dos Nãotecidos*. São Paulo: LCTE Editora, 2006.

TOMINAGA, L. K. ; SANTORO, J. ; AMARAL, R. *Desastres Naturais: Conhecer para prevenir*. 1 ed, São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

VERTEMATTI, J. C. *Manual Brasileiro de Geossintéticos*. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

<www.brasilecola.com/geografia/erosao.htm> Acesso em 21/10/2013

< www.brasilecola.com/geografia/deslizamentos.htm> Acesso em 21/10/2013

<<http://www.obergeogeo.com.br/Downloads/FortCell-revestimentoTaldeTudes.pdf>>
Acesso em 19/10/2013