

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA

THAÍSE ARAÚJO DOS SANTOS

**REVISÃO DE TÉCNICAS PARA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES AFETADOS
POR EROSÃO CONTINENTAL**

Rio Largo - Al
2017

THAÍSE ARAÚJO DOS SANTOS

**REVISÃO DE TÉCNICAS PARA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES AFETADOS
POR EROSÃO CONTINENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia de
Agrimensura do Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Federal de Alagoas.

Orientador: Prof. Dr. Regla Toujaguez La Rosa Massahud

Rio Largo - Al
2017

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Centro de Ciências Agrárias – CECA
Erisson Rodrigues de Santana - Bibliotecário

S237r Santos, Thaíse Araújo dos.

Revisão de técnicas para estabilização de trabalhos afetados por erosão continental. / Thaíse Araújo dos Santos.
– Rio Largo, 2017.
29 f.: il.

Monografia de graduação em Engenharia de agrimensura (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias, 2017.

Orientador(a): Regla Toujaguz La Rosa Massahud.

1. Conservação do solo e água. 2. Preservação. 3. Controle. 4. Recuperação. 5. Degradação do solo.

CDU: 528

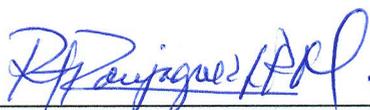
THAISE ARAUJO DOS SANTOS

**REVISÃO DE TÉCNICAS PARA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES AFETADOS
POR EROSÃO CONTINENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado ao curso de Engenharia de Agrimensura do
Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de
Alagoas.

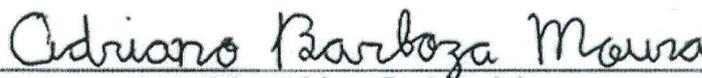
ORIENTADOR(A)

Trabalho defendido e aprovado em: 12 / 01 / 2018.

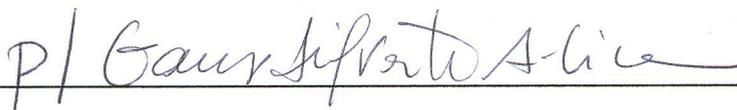


Prof. Dr. Regla Toujaguez La Rosa Massahud

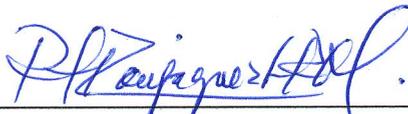
BANCA EXAMINADORA:



Msc Adriano Barboza Moura



Prof. Dr. Cesar Peixoto da Rocha



Prof. Dr. Regla Toujaguez La Rosa Massahud

AGRADECIMENTOS

Finalizo mais uma etapa da minha vida acadêmica, talvez a mais importante de todas. Meu coração está cheio de gratidão! Agradeço a Deus, por colocar um sonho tão bonito no meu coração, me dar forças e fé nos dias cheios de cansaço e me permitir concluir a graduação que tanto almejei nos últimos anos. A Nossa Senhora da Piedade, por se fazer presente em tudo que faço, amparando meu coração, ouvindo minhas orações e respondendo-as no tempo certo.

Obrigada aos meus pais, Luiz Araujo e Maria Lucia, o incentivo a continuar e a forma como acreditam em mim, me fizeram chegar até aqui. A minha irmã, Tamires Araujo, pela torcida e irmandade de sempre. Minha avó Tide, pelas orações que me dedicou. Minha madrinha e meus primos pelo amor e acolhimento.

Agradeço também ao professor Regla Toujaguez, por ter aceitado o convite de ser minha orientadora e ter desempenhado muito bem essa função, sempre carinhosa e atenciosa, cheia de boas ideias e disposta a ajudar, compartilhando seus conhecimentos comigo e tendo toda paciência durante o preparo do trabalho.

Muito obrigada, a os professores por transmitirem o conhecimento da melhor forma possível e aos colegas que conquistei durante a graduação, que tornaram essa jornada mais leve e alegre. Meus amigos, que torcem por mim e vibram com as minhas conquistas. Obrigada a todos.

RESUMO

Os danos e prejuízos resultantes dos processos erosivos são de conhecimento de todos, portanto, é de fundamental importância estudar esse tipo de degradação. Logo, este trabalho visou apresentar uma revisão bibliográfica envolvendo as principais práticas de prevenção, contenção e recuperação dos processos erosivos de causa hídrica. O homem, ao ar suas atividades de moradia, transporte e produção de alimentos, acelera o processo de erosão natural. A retirada da cobertura vegetal, que é o principal fator passivo no processo erosivo, é algo quase que inevitável na realização dessas atividades. Associada a outros fatores, tais como, declividade do terreno, comprimento de rampa, erodibilidade do solo, erosividade da chuva e manejo inadequado do solo, pode desencadear o processo erosivo. A erosão se caracteriza pela desagregação e transporte das partículas do solo, podendo também fazer parte desse processo, o depósito do material transportado. As intervenções antrópicas nos processos erosivos podem ocorrer na forma de prevenção, de controle ao avanço e de recuperação da área. A prevenção, além de preservar o meio ambiente e evitar riscos e transtornos à população, também é o modo de intervenção menos oneroso. Vale ressaltar também que o sucesso das medidas de combate a erosão depende das condições locais, ou seja, devem estar adaptadas ao clima, proporcionar a melhoria ou proteção do solo e objetivarem o disciplinamento das águas da chuva.

Palavras chaves: Degradação do solo, Conservação do solo e água, Prevenção, Controle, Recuperação

ABSTRACT

The damages and losses of the erosive processes are known by everyone, therefore, it is of fundamental importance to study this kind of degradation. This work aims to present a literature review involving the main practices of prevention, restraint and recover of the erosive processes from hydric cause. The human being, when carrying out the activities of living, transportation e food production, speeds up the natural erosive process. The withdrawal of the vegetal cover, which is the main passive factor in the erosive process, is almost inevitable when doing this activities. Associated to other factors, such as land declivity, length of ramp, soil erodibility, erosivity of the rain, inadequate soil management, can initiate the erosive process. The erosion is characterized for the degradation and soil particle transportation, the deposit of the transported material can also be part of this process. The anthropic intervention in the erosive processes can occur as prevention, advance control and area recovery. The prevention, besides preserving the environment and avoid risks and trouble to the population, it is also the less onerous intervention mode. The success of the erosion combat depends on local conditions, which means it has to be adapted to climate, provide the improvement of soil and objective the rain water disciplinary.

keywords: soil degradation, soil and water conservation, prevention, control, recover

|

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- Erosão por Salpicamento.....	7
FIGURA 2- Antes e Depois de Talude Revestido com Geomanta.....	11
FIGURA 3 – Biomanta de Fibra Vegetal.....	12
FIGURA 4 – Hidrossemeadura em Talude de Corte.....	13
FIGURA 5 – Uso de Geomanta para controle de Erosão.....	15
FIGURA 6 – Geotêxteis de Fibra de Tronco de Bananeiras.....	17
FIGURA 7 – Aplicação Geotêxteis de Fibra de Tronco de Bananeiras.....	18

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
1. OBJETIVOS.....	2
1.1. Objetivo Geral	2
1.2. Objetivos Específicos.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Erosão.....	3
2.2. Fatores Naturais de Influenciam na Erosão.....	3
2.2.1 Clima.....	4
2.2.2 Cobertura Vegetal.....	4
2.2.3 Declividade	5
2.2.4 Erodibilidade do Solo.....	5
2.3. Fatores Antrópicos de Influenciam na erosão.....	6
2.4. Etapas da Erosão Pluvial.....	6
2.4.1 Erosão por Salpicamento.....	6
2.4.2 Erosão Laminar.....	7
2.2.3 Erosão Linear	7
2.5. Ações Preventivas.....	8
2.6. Ações Corretivas.....	9
2.7. Metodos para estabilização de Taludes.....	10
2.7.1 Geomantas.....	10
2.7.2 Biomantas.....	11
2.7.3 Hidrossemeadura.....	12
3. MATERIAIS E METODOS.....	14
4. RESULTADOS E DISCURSSÕES.....	15
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20

INTRODUÇÃO

A erosão é um dos processos capazes de alterar significativamente a paisagem, destaca-se principalmente por sua característica de desprendimento e transporte de material. Tal processo pode ser de ordem natural ou ter seus efeitos intensificados pela ação antrópica, sendo um fenômeno observado tanto em áreas rurais quanto urbanas. Está diretamente relacionado às propriedades do solo, características da chuva, existência e tipo de cobertura vegetal do solo, práticas de uso e manejo do solo. A erosão constitui um sério problema que assola principalmente os países tropicais, por estarem presentes nestes locais a combinação de maus usos do solo e um alto índice pluviométrico. O homem ao produzir taludes de corte em virtude da implantação de obras (execução de rodovias, implantação de platôs para prédios, entre outros) interfere de maneira direta nos fatores causadores da erosão potencializando e expondo o solo às intempéries, principalmente à chuva.

Com a execução de cortes no solo, há remoção da cobertura vegetal, que desempenha uma função primordial na proteção do solo contra erosão, reduzindo o impacto das gotas da chuva e oferecendo resistência ao escoamento superficial. Há ainda a alteração dos comprimentos de rampa e inclinação, que podem se tornar, após a execução do corte, mais suscetíveis à erosão que em seu estado natural ou anterior. Por fim, com a remoção de material, a camada superficial de solo pode ser totalmente ou parcialmente removida e expor à ação da chuva uma camada de solo menos resistente à erosão.

Dessa maneira é imprescindível, nesses tipos de obra, prever um método de proteção para o talude a fim de minimizar as possibilidades de erosão. Aliados aos métodos de proteção devem ser executados também sistemas de drenagem. Com o correto direcionamento e captação da água pelo sistema drenagem e o solo estabilizado pela proteção escolhida, os efeitos da erosão são minimizados. Portanto, é necessário conhecer os métodos de proteção contra erosão para selecionar a melhor opção e garantir o sua proteção.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo Geral

Compreender o estado atual dos estudos sobre erosão continental, os fatores que propiciam esse processo e as suas formas de controle e prevenção em taludes.

1.2. Objetivos Específicos

- 1- Conhecer o estado atual das pesquisas sobre processos de erosão continental a partir da sua conceituação, classificação e origem.
- 2- Descrever, a partir da literatura, os principais parâmetros que permitem avaliar a ação erosiva da chuva em condições continentais.
- 3- Analisar as principais técnicas de controle de erosão pluvial utilizadas na atualidade, com ênfase na sua viabilidade econômica, ambiental e de execução.
- 4- Apresentar o potencial de ações preventivas como opção mais econômica de controle de erosão pluvial.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Erosão

Proveniente do latim “erodere”, o termo erosão pode ser definida como um conjunto de processos pelos quais os materiais terrosos e rochosos da crosta terrestre são desagregados, desgastados ou dissolvidos e transportados pela ação dos agentes erosivos como água, vento e gelo (IPT, 1986).

Esse processo ocorre naturalmente na superfície terrestre ao longo do tempo geológico, sendo responsável pela esculturação do relevo da terra. Entretanto, alguns terrenos possuem uma configuração da paisagem com maior ou menor suscetibilidade erosiva. Essas suscetibilidades podem ser potencializadas pela maneira como o homem utiliza estes terrenos. (SALOMÃO, 1999; BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

Para Camapum et al. (2006) as erosões se classificam quanto à forma como surgiram, e podem se dividirem dois grandes grupos: a erosão natural ou geológica e a erosão antrópica ou acelerada, sendo a geológica ocasionada por fatores naturais, enquanto a antrópica esta relacionada a ação humana.

2.2. Fatores Naturais que Influenciam na Erosão

De uma maneira geral, em quase todo solo removido pela erosão, há necessidade da presença da água sobre o terreno. Esta água que cai sob forma de chuva exerce ação erosiva sobre o solo. Estando desprotegido de vegetação ou mesmo das praticas conservacionistas, o solo sofre uma ação de degradação com o impacto da gota de chuva, que depois o arrasta, principalmente nos primeiros minutos da chuva. A quantidade de solo removido depende muito das características do solo, da declividade do terreno e da intensidade da chuva. (TOMINAGA, 2015)

2.2.1. Clima

Dos Fatores climáticos, o mais importante é, sem dúvida, a precipitação. A principal influência da precipitação no processo erosivo não é considerada apenas pela quantidade anual de chuva, mas principalmente pela distribuição das chuvas durante o ano, mais ou menos regular, no tempo e no espaço, e sua intensidade (SANTORO,1991).

Se os intervalos entre as chuvas são curtos, o teor de umidade de solo é alto, e assim as enxurradas são mais volumosas mesmo com chuvas de menor intensidade. Quando os intervalos são maiores o solo estará seco e não deverá haver enxurrada em chuvas de baixa intensidade; porém, em alguns casos de longa estiagem a vegetação pode sofrer por falta de umidade e reduzir, assim, a proteção natural do terreno (LOMBARDI NETO, 1995).

Assim, nas regiões de precipitação abundante e regularmente distribuída, há geralmente a formação de solos profundos e permeáveis que resistem bem à erosão. Nestes solos desenvolvem-se as florestas mais densas que os protegem totalmente do impacto das chuvas e retém facilmente os materiais removidos pelo escoamento superficial. (TOMINAGA, 2015).

2.2.2. Cobertura Vegetal

De acordo com LOMBARDI NETO (1995), quando uma gota de chuva cai em um terreno coberto com densa vegetação ela se divide em inúmeras gotículas, perdendo também a sua força de impacto. Quando o terreno é descoberto a gota de chuva faz desprender e salpicar as partículas de solo, que são facilmente transportadas pela água.

Segundo BASTOS (2004), a vegetação (cobertura vegetal) tem efeitos na interceptação da chuva e no decréscimo da velocidade do escoamento superficial. Mudanças no regime de escoamento superficial e subterrâneo são observadas como consequência do desmatamento e alteração nas formas de uso do solo. Por outro lado, as raízes afetam propriedades do solo relacionadas à erodibilidade.

2.2.3. Declividade

A declividade, ou grau de inclinação do terreno, muito influencia na concentração, dispersão e velocidade da enxurrada e, em conseqüência, no maior ou menor arrastamento superficial das partículas de solo. Nos terrenos planos, ou apenas levemente inclinados, a água escoar com pequena velocidade e, além de possuir menos energia, tem mais tempo para infiltrar-se, ao passo que, nos terrenos muito inclinados, a resistência ao escoamento das águas é menor e, por isso, elas atingem maiores velocidades. As regiões montanhosas são, portanto, as mais suscetíveis à erosão hídrica (LEPSCH, 2002).

GALETI (1973) destaca o seguinte:

- Quando o declive é quatro vezes maior (passa de 2% para 8%, por exemplo), a velocidade da enxurrada duplica;
- Quando a enxurrada dobra de velocidade, a sua capacidade de erodir (causar erosão) fica multiplicada por quatro;
- Quando a velocidade da enxurrada dobra, ela é capaz de desagregar e arrastar 32 vezes mais partículas (maior quantidade);
- Quando a velocidade da enxurrada dobra, ela é capaz de desagregar e arrastar partículas 64 vezes maiores.

2.2.4. Erodibilidade do Solo

O comportamento do solo diante do processo erosivo é comumente referido na literatura como erodibilidade, que expressa, portanto, a sua susceptibilidade à erosão, constituindo uma propriedade intrínseca que depende da capacidade de infiltração e de armazenamento da água e das forças de resistência do solo à ação da chuva e do escoamento superficial (PRUSKI, 2006).

De acordo com POLIZER (2004), os solos mais propícios à formação de voçorocas são os do tipo arenoso e ácidos, predominando as cores claras nos horizontes mais superficiais.

2.3. Fatores Antrópicos que Influenciam na Erosão

O principal fator desencadeador dos processos erosivos é sem dúvida alguma a ação humana. Vale ressaltar que esse desencadeamento acontece não só em áreas urbanas, mas também em áreas rurais, pois o uso e ocupação inadequada do solo são constantes, causando desequilíbrios nos processos naturais (SILVA, 2009).

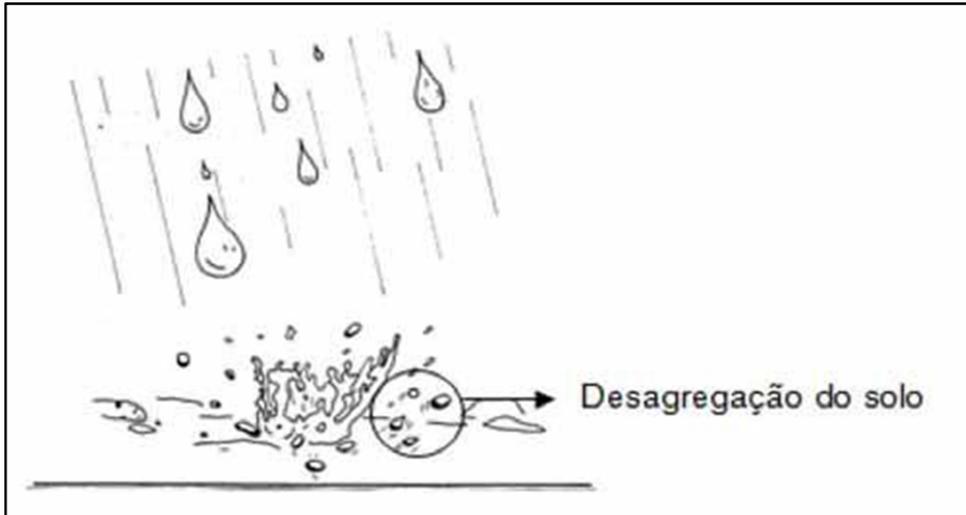
Segundo POLIZER (2004), dentre as atividades do homem que estão relacionadas com a questão da produção de erosão podemos citar, retirada da cobertura vegetal; agricultura com manuseio impróprio; manejo inadequado de pastagens (ex. manejo extensivo); modificação da superfície do terreno de forma inadequada (ex. valetas); abertura de estradas sem os devidos cuidados quanto à erosão; parcelamento do terreno, desprovido de práticas abrangentes na bacia.

2.4. Etapas da Erosão Pluvial

2.4.1. Erosão por Salpicamento

O *splash*, também conhecido por erosão por salpicamento, é a primeira etapa da erosão hídrica. Nesta etapa, as partículas do solo são rearranjadas de tal forma que as mesmas possam ser carregadas pelo escoamento superficial. Segundo GUERRA (2005), essa preparação se dá tanto pela ruptura dos agregados, quebrando-os em tamanhos menores, como pela própria ação transportadora que o salpicamento provoca nas partículas dos solos. Além disso, os agregados vão preenchendo os poros da superfície do solo, provocando a selagem e a consequente diminuição da porosidade, o que aumenta o escoamento das águas.

Figura 1: Erosão por salpicamento



FONTE: IPT, 1999 apud FERNANDES, 2009.

2.4.2. Erosão Laminar

Segundo Lima (1999) este tipo de erosão atua como uma lâmina no sentido da declividade do terreno, lavando a superfície, fazendo com que essa forma de erosão seja pouco perceptível. É muito prejudicial à agricultura, pois ao “lavar” a superfície do terreno são carreados nutrientes fundamentais para o desenvolvimento das plantas. Com isso, o solo acaba perdendo sua fertilidade, podendo provocar diminuição na produção agrícola. Para controlar a erosão laminar se aplica práticas de conservação do solo, como por exemplo, rotação de culturas (diversificação das cultivares numa mesma área durante o decorrer do ano).

2.4.3. Erosão Linear

Caracteriza-se pela formação de canais (sulcos) de diferentes profundidades e comprimentos na superfície do solo. Ocorre a concentração das águas das chuvas nesses canais, aumentando, assim, o poder erosivo devido ao ganho de energia cinética pelo volume e velocidade da enxurrada. Sucessivamente, a erosão passa de laminar para sulcos, ravinas e, logo em seguida, para o estágio chamado de voçorocas. As suas dimensões e a extensão dos

danos que podem causar estão intimamente relacionadas com o clima, com a topografia do terreno, sua geologia, tipo de solo e forma de manejo (ALVES, 1978).

As voçorocas são classificadas pela sua profundidade e pela área de contribuição de sua bacia, são consideradas profundas quando têm mais de cinco metros de profundidade; médias, quando têm de um a cinco metros de profundidade e pequenas, quando têm menos de um metro de profundidade. Pela área de contribuição da bacia, as voçorocas são consideradas pequenas quando a área de drenagem é menor do que dois hectares; médias, quando têm de dois a vinte hectares e grandes, quando têm mais de vinte hectares (BERTONI & LOMBARDI, 1985).

Segundo Mortari(1994), a erosão linear ocorre quando os fluxos concentrados de água provocam incisões no solo. Incisões de pequeno porte com cerca de 50 cm de profundidade, são denominadas de sulcos, as incisões que ultrapassam essas medidas e não atingem o lençol freático é chamada de ravina, ao interceptar o lençol freático a erosão é denominada de voçoroca (Almeida Filho & Ridente Junior, 2001; IPT, 1991)

2.5. Ações Preventivas

São aquelas de caráter extensivo, contemplando grandes áreas. Podem ser de natureza institucional, administrativa ou financeira, sendo adotadas espontaneamente ou por força de legislação. Objetivam a convivência com os riscos, reduzindo a magnitude dos processos e orientando a população afetada. No geral não exigem a aplicação de vultosos recursos financeiros (PROIN/CAPES E UNESP/IGCE, 1999).

Segundo o DAEE/IPT (1990), para se estabelecer adequadamente tais ações preventivas é necessário determinar as bases técnicas, ou seja, os conhecimentos básicos que permitam prever a ocorrência e a intensificação das erosões. Para tanto, o conhecimento dos principais fatores intervenientes dos processos erosivos, como a declividade, o comprimento de rampa, a frequência e intensidade das chuvas, o tipo de uso e ocupação e a erodibilidade do solo, é de grande importância. Lembrando que esses fatores se manifestam de diferentes formas e intensidades, dependendo do local/região da propriedade. Portanto, cada caso deve ser estudado de acordo com os fatores locais e, só assim, escolher a prática, ou as práticas, de prevenção que melhores se adaptam.

Dentre os instrumentos técnicos mais indicados à prevenção de erosão acelerada destacam-se os mapas geotécnicos ou geoambientais, os quais por meio da caracterização e análise dos fatores naturais que influenciam a ocorrência de processos erosivos indicam a suscetibilidade ou potencial do terreno em desenvolver esses processos. Estas informações são importantes para orientar o uso e ocupação do solo, podendo ter aplicação em instrumentos legais de disciplinamento do uso do espaço territorial, como nos planos diretores municipais (TOMINAGA, 2015).

2.6. Ações Corretivas

São ações voltadas para evitar a ocorrência ou reduzir a magnitude dos processos geológicos e hidrológicos, através da implantação de obras de engenharia. Normalmente estas obras são de custo elevado e contemplam soluções para áreas restritas (PROIN/CAPES E UNESP/IGCE,1999).

Ações corretivas de controle da erosão urbana necessitam de estudos detalhados de caracterização dos fatores e mecanismos relacionados às causas do desenvolvimento do processos erosivos (TOMINAGA, 2015).

As soluções econômicas e simples podem ter eficácia se forem aplicadas no início do desenvolvimento dos processos. Entretanto, de um modo geral, as ações de contenção dos processos erosivos, segundo DAEE – IPT (1989) devem contemplar as seguintes medidas:

- Implantação de microdrenagem – visam evitar o escoamento das águas pluviais diretamente sobre o solo, por meio de estruturas de captação e condução das águas superficiais.
- Implantação de macrodrenagem – são obras responsáveis pelo escoamento final das águas pluviais drenadas do sistema de micro drenagem urbana.
- Obras de extremidades – são estruturas de controle e dissipação da energia das águas nos pontos de lançamento.
- Pavimentação – implantação de guias e sarjetas, bocas de lobo e asfaltamento em pontos com movimentação de terra, vias de acesso e deslocamentos.

- Disciplinamento das águas subterrâneas – execução de drenos profundos (dreno cego, dreno com material sintético, dreno de bambu).
- Estabilização dos taludes resultantes do movimento de terra - obras de aterro e retaludamento.
- Conservação das obras implantadas – realização de reparos periódicos em obras já executadas e que apresentem sinais de desgaste.

2.7. Métodos de Estabilização de Taludes

2.7.1. Geomantas

As geomantas constituem um método de proteção de talude baseado na cobertura superficial, assim como o concreto projetado. Sua intenção é gerar uma cobertura capaz de reduzir o impacto das gotas de chuva e o desprendimento de partículas durante o escoamento. Ao contrário do concreto projetado, as geomantas não impermeabilizam o maciço e formam um revestimento flexível. Tais mantas sintéticas são aplicadas fornecendo proteção ao solo desprovido de cobertura vegetal. Juntamente com a geomanta é lançado um coquetel de sementes que ao se desenvolverem reforçam a proteção já oferecida pela manta, tornando a cobertura ainda mais efetiva no combate a erosão (DEFLOR, 2018).

Num primeiro momento, enquanto a vegetação ainda não se desenvolveu, as geomantas são responsáveis por reduzir o impacto das gotas de chuva e dissipar energia da água durante o escoamento superficial. Além disso, evitam a perda de umidade do solo, auxiliando na germinação das sementes. Suas funções se estendem ainda à ancoragem das sementes e fertilizantes e proteção contra a erosão eólica.

Numa segunda etapa, com o crescimento da vegetação, que agora é capaz de interceptar as chuvas antes que atinjam o solo, as mantas agem de forma permanente como reforço das raízes, que grampeiam a camada superficial do maciço. Além de contribuírem ainda no controle da umidade e escoamento superficial (INFRAESTRUTURA URBANA, 2011).

Figura 2: Antes e depois de um talude revestido com geomanta.



FONTE: SOBRAL, 2011.

2.7.2. Biomantas

As biomantas compõe hoje uma alternativa ao controle da erosão. Sua estrutura é bastante semelhante às geomantas, porém seu principal destaque está relacionado ao seu caráter biodegradável, impactado menos o ambiente e conferindo à obra um tom maior de sustentabilidade.

Tal método consiste na proteção imediata do talude por meio da biomanta, por tempo suficiente para que a vegetação adequada se desenvolva e seja capaz de proteger o solo contra os agentes erosivos e haja o reestabelecimento do sistema de drenagem natural. A presença da biomanta numa primeira fase de execução evita que a água entre em contato diretamente com a superfície do solo, ameniza os processos de deslocamento e mobiliza partículas de material. Num segundo momento, com o desenvolvimento da cobertura vegetal e desgaste da biomanta esta passa a servir como adubo propiciando o desenvolvimento de espécies (INFRAESTRUTURA URBANA, 2011).

As biomantas são formadas por elementos planos e flexíveis, prontos para se adequarem à superfície do talude. Também deve possuir certa resistência à tração e sua estrutura, em geral, fibrosa, permite a germinação e desenvolvimento de vegetação. Seu

caráter biodegradável evita desagregação e dispersão de materiais sintéticos na natureza (recupera o aspecto natural sem deixar resíduos nocivos).

Figura 3: Biomantas de fibras vegetais.



FONTE: DEFLOR, 2013.

2.7.3. Hidrossemeadura

Tal método consiste em favorecer o desenvolvimento rápido de cobertura vegetal, de modo que esta exerça papel fundamental na proteção do talude. A cobertura vegetal é capaz de reduzir o impacto das gotas da chuva, já que não incidem diretamente sobre o solo (são interceptadas pela vegetação), bem como dissipar energia do escoamento vegetal, criando barreiras naturais ao fluxo de água, que é obrigado a desviar e percorrer uma distância maior. A hidrossemeadura se baseia no lançamento, por meio de uma motobomba, de uma solução aquosa contendo sementes de espécies consorciadas, adubos, nutrientes e adesivos. A mistura é lançada à alta pressão e adere à superfície, fixando sementes e demais componentes.

A solução lançada forma uma camada protetora que age até o desenvolvimento da vegetação, auxiliando na conservação da umidade, controlando a temperatura, prevenindo a compactação do solo e reduzindo o impacto direto da chuva (evitando o início do processo erosivo). Além de favorecer o rápido desenvolvimento das espécies e evitar que as sementes se movimentem do seu local de lançamento.

Figura 4: Hidrossemeadura em taludes de corte.



FONTE: VERTIVER AMBIENTAL, 2011.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente monografia tem como base metodológica a compilação de dados da literatura (livros, teses, dissertações, monografias, boletins técnicos dentre outros) sobre o tema erosão pluvial em condições tropicais. Foco será dado à apresentação e discussão sobre **técnicas aplicadas na contenção de processos de erosão acelerada**. E o potencial daquelas que sugerem **maior viabilidade** econômica e ambiental nas condições geológicas específicas do Nordeste do Brasil, em especial em Alagoas.

São apresentados também exemplos de medidas preventivas para a erosão nas condições acima citadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como visto até aqui, em condições continentais as precipitações constituem o principal agente causador da erosão do solo. Principalmente em regiões tropicais como o Brasil (Tominaga et al; 2015). Portanto será a erosão pluvial o alvo da presente análise. Em especial os efeitos desse processo no Nordeste do Brasil quando atua de forma acelerada em **encostas e taludes de corte e aterro**.

Pelas suas dimensões continentais as condições geológicas e climáticas no Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil mostram padrão de **período chuvoso** diferente e, portanto, predominância de processos erosivos com comportamentos também diferentes. Santos (2015) sugerem que 62 % do potencial erosivo anual ocorre no Brasil durante o verão, entre dezembro e fevereiro, para o Nordeste esse potencial se desloca para o inverno, entre os meses de abril e setembro. Justo quando acontece o maior número de desastres na região (Guerra, 2012).

Juntamente com as chuvas de inverno como **principal fator natural** que influencia o processo de erosão, a **alteração de encostas naturais** transformadas em **taludes de corte e aterro com declividades altas**, acima de 45°, aliadas à geologia predominantemente sedimentar (Formação Barreiras), e à **retirada da cobertura vegetal**, atuam como **fatores combinados** que potencializam a **erosão acelerada** (Bezerra, 2013). Isso, em áreas de uso do solo **principalmente urbano** (residências e obras viárias). Portanto é nessas áreas onde podem ser observados os principais problemas erosivos e, ao mesmo tempo, a aplicação de **algumas técnicas para conter esses processos**. A seguir são apresentados alguns **estudos de caso** onde são aplicadas **técnicas de contenção de erosão em áreas urbanas**.

4.1. Uso de Geomantas no Nordeste do Brasil

A aplicação de Geomantas impermeabilizantes (material sintético) no Recife, Pernambuco se mostra como uma medida promissora para atenuar processos de erosão acelerada e deslizamentos atendendo 470 mil famílias residentes em áreas de morros (Gomes et al, 2017). O uso dessa técnica pelo município mostrou se com potencial para atenuar os problemas citados. Porém, os autores expressam que a mesma não constitui por si a solução do problema para a gestão das áreas de risco. Requerendo a ação conjunta da comunidade e das políticas públicas.

Ressaltam se nesse contexto, o papel da prevenção em articulação com essas políticas públicas, em especial de cunho ambiental (redes de esgotamento sanitário).

Diferentemente de Recife, no município do Prata no Triângulo Mineiro-MG, na bacia do rio Paraná, o uso de Geotêxteis foi considerado eficaz para recuperação de processos erosivos, sendo recomendada uma metodologia executiva para barramentos, com essa técnica (Farias, et al., 2005).

O uso de Geomantas por empresas da construção civil, é realmente amplo. Reportes do seu uso **como reforço** mostram sucesso em muros e taludes como constatado por empresas como a Mexichem Bidim e a Maccaferri (Fig. 5) (Avesani & Bueno, 2009).



Fig. 5. Uso de Geomantas para controle de erosão.

Fonte: Avesani & Bueno, (2009).

4.2. Biomantas, a sua elaboração e participação da sociedade

Diferentemente das Geomantas, as Biomantas ou **Geotêxteis** são mantas elaboradas com fibras de palmáceas como buriti, junco, Ouricuri fixadas ao solo para conter erosão em

encostas. É considerada uma técnica da Engenharia Natural ou **Bioengenharia de solos**. A sua importância consiste no seu caráter biodegradável (Jorge e Guerra, 2013; Bezerra et al, 2011).

Apesar de ser uma **tecnologia social** economicamente viável, já que permite a participação da população afetada na construção da solução do seu problema, para a aplicação da técnica é necessário atender alguns parâmetros de conhecimento do meio. Além das condições hidro meteorológicas do local, é indispensável conhecer os parâmetros de fertilidade do solo. A Geologia da região e do local, o conhecimento da mineralogia do solo (presença de minerais expansivos ou, deflagradores de erosão) e o comportamento físico e geotécnico do mesmo. No talude em questão, todos esses **parâmetros geólogo-geotécnicos** (Toujaguez e Santos, 2016) (Fig. 6).



Fig.6 Geotêxteis de fibra de tronco de bananeira.

Fonte: Bezerra (2006).

A aplicação dessa técnica em São Luiz do Maranhão (Bezerra, 2013) e em Maceió à escala de testes se mostram medidas ambiental e economicamente viáveis (IVO & MASSAHUD, 2017). No primeiro caso, a partir da parceria de pesquisadores da Universidade Federal local e da sociedade civil organizada, a qual foi treinada para a fabricação dos geotêxteis, o sucesso do resultado, é visível na reabilitação de **voçorocas** (Fig. 7). Mostrando que, iniciativas como essa podem ser mais eficazes no controle permanente de processos erosivos em áreas ocupadas. Aliadas, claro, a sistemas de alerta e monitoramento com participação da Defesa Civil municipal em cada região em atenção às propostas nacionais de monitoramento de desastres (CEPED, 2012).



Fig. 7. Residentes da voçoroca do Sacavém, São Luiz do Maranhão, participam da reabilitação da área onde residem usando Geotêxteis de fibra de tronco de bananeira (Bioengenharia de solos).
Fonte: Bezerra (2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O estado atual da pesquisa sobre erosão continental, a partir do estudo apresentado, sugere que, por serem as chuvas um processo natural com implicações cada vez mais severas especialmente nas regiões tropicais, o controle e redução de processos erosivos, dependerá em boa medida da prevenção do processo e redução dos agentes que o ocasionam, em especial a locação de equipamentos urbanos e residências, fora das áreas de risco.

Para o sucesso da reabilitação de áreas afetadas por erosão acelerada deverá ser previsto no projeto, sempre que possível, o uso de técnicas de estabilização que atendam: o uso de materiais biodegradáveis como Geotêxteis, dada a sua viabilidade ambiental e econômica, seguido das Geomantas. Sendo previstas, além das ações de educação ambiental, a participação da população no envolvimento e andamento da reabilitação das áreas. Aliado a ações conjuntas Sociedade- Órgãos de Defesa Civil e de monitoramento de Desastres.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA FILHO, G. S. et al. **Prevenção e controle da erosão urbana no Estado de São Paulo**, CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, ABES, 2001

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5 ed. São Paulo: ícone, 2005, 335p.

Bezerra, J. F. R. Revegetação de áreas degradadas por erosão em São Luís/ MA. In: Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas. Org. Guerra, , A. J. T.& Jorge, M. C. O. SP-Oficina de Textos. 2013, pgs. 7-30.

CARVALHO, E. T. **Erosão nos meios urbanos: Prevenção e Controle**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5, 1995, Bauru. Anais... São Paulo: ABGE, 1995, p. 33-35.

CHRISTOFOLETTI, A. 1980. Geomorfologia. São Paulo, Edgard Blucher. 2ª Ed.

EMBRAPA.1999. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 412p.

FERNANDES, L. S. et at. **Uso de geomantas no controle da erosão superficial hídrica em um talude em corte de estrada**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v33, nº 1, pp. 199-206, 2009. Disponível em:< http://www.redalyc.org/pdf/1802/18_0214067021.pdf>. Acesso em: 30 dez 2017.

GALETI, P. A. **Conservação do solo – reflorestamento – clima**. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973.

GUERRA, A. J. T.; SILVA & CUNHA, S.B. **Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, 340p.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos; conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, 340p.

GOMES, J.H.O.S.; BARRETO, G. A. S. L.; NÓBREGA, N. C. F. **Geomantas impermeabilizantes na cidade do Recife: implementação, aplicação e desafios**. In: 9º Congresso Latino-americano de Ciência Política. Associação Latino-americana de Ciência Política (ALACIP). Montevideu, 26 a 28 de julho de 2017. Disponível em: <http://www.congresoalacip2017.org/>. Acesso em 14 jan. 2018.

JORGE, M. C. O; GUERRA, A. J. T. Erosão dos solos e movimentos de massa-recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes. *In: Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas*. Org. Guerra, A. J. T.& Jorge, M. C. O. SP-Oficina de Textos. 2013, p. 7-30.

LEPSCH, I. F. **Solos formação e conservação**. 5 ed. São Paulo: Melhoramentos, 1993, 157p.

POLIZER, M. **Material de apoio da disciplina de Áreas Degradadas**, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2004.

PRUSKI, Fernando Falco, **Conservação do solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**, editor. – Viçosa: Ed. UFV, 2006.

RODRIGUES, B. N. **Estudo de hidrica**. 2009. 73 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Ambiental) – Faculdade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

SANTOS, L. M. **Erosão em taludes de corte: métodos de proteção e estabilização**. 2015. 73 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

SOBRAL, M. L. V. et al. **Revestimento flexível com geomanta reforçada para solo grampeado em taludes de Angra dos Reis**. Disponível em: < <http://igsbrasil.org.br/wp-content/uploads/2014/07/CCO-2012-Revestimento-flex%C3%ADvel-com-geomanta-refor%C3%A7ada-para-solo-grampeado-em-taludes-de-Angra-dos-Reis1.pdf>>. Acesso em 1 dez. 2017.

TOUJAGUEZ, R, SANTOS, J. C. **Relatório técnico científico anual (2016) Programa ProEXT 2016-2018** (14/02/2017). (CECA-UFAL).