



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JÔNATAS SANTOS DE ARAÚJO

CONFECÇÃO DE UMA BIOMANTA CASEIRA DE FIBRAS DE COCO E
PROPOSTAS DE BIOENGENHARIA DE SOLOS EM TALUDES PRÓXIMOS AO
CONDOMÍNIO ALPHAVILLE EM BAYEUX/PB

João Pessoa - PB

2021

JÔNATAS SANTOS DE ARAÚJO

**CONFECÇÃO DE UMA BIOMANTA CASEIRA DE FIBRAS DE COCO E
PROPOSTAS DE BIOENGENHARIA DE SOLOS EM TALUDES PRÓXIMOS AO
CONDOMÍNIO ALPHAVILLE EM BAYEUX/PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil da
Universidade Federal da Paraíba, referente ao
período 2020.1, orientado pelo professor Fábio
Lopes Soares como requisito para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil

João Pessoa - PB

26 de Fevereiro de 2021

Catálogo na publicação
Seção de Catálogo e Classificação

A663c Araújo, Jônatas Santos de.
CONFEÇÃO DE UMA BIOMANTA CASEIRA DE FIBRAS DE COCO E
PROPOSTAS DE BIOENGENHARIA DE SOLOS EM TALUDES PRÓXIMOS
AO CONDOMÍNIO ALPHAVILLE EM BAYEUX/PB / Jônatas Santos
de Araújo. - João Pessoa, 2021.
66 f.

Orientação: FABIO LOPES SOARES.
TCC (Graduação) - UFPB/Tecnologia.

1. Bioengenharia. I. SOARES, FABIO LOPES. II. Título.

UFPB/BS/CT

CDU 621(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

JÔNATAS SANTOS DE ARAÚJO

**CONFECÇÃO DE UMA BIOMANTA CASEIRA DE FIBRAS DE COCO E
PROPOSTAS DE BIOENGENHARIA DE SOLOS EM TALUDES PRÓXIMOS AO
CONDOMÍNIO ALPHAVILLE EM BAYEUX/PB**

Trabalho de Conclusão de Curso em 07/07/2021 perante a seguinte Comissão Julgadora:

Fábio Lopes Soares

APROVADO

Prof. Dr. Fábio Lopes Soares
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Aline Flávia Nunes Remígio

APROVADO

Profa. Dra. Aline Flávia Nunes Remígio Antunes
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Clóvis Dias

APROVADO

Prof. Dr. Clóvis Dias
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

A. Silva

Profa. Andrea

Matrícula Siape: 1549557

Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente, que tem abençoado meu caminho e me permitiu alcançar mais essa jornada, me deu forças para seguir em frente e continuar persistindo em todos os momentos.

A minha família, meus pais, José Braz e Maria das Neves, por serem minha fonte de motivação e permitir com que eu chegasse até aqui, sempre com muito trabalho, carinho e determinação, meu irmão José Vinícius que sempre está comigo em todas as horas e Maria Carolina, minha melhor amiga e namorada.

Aos meus parentes que me acolheram nos momentos iniciais dessa jornada, tias Patrícia, Geny, Fátima, Genira, Graça, meus avós e primos por estarem sempre dispostos a ajudar quando precisar.

Aos amigos que fiz durante a universidade, em especial da minha turma, Renan e Abimael, nosso trio que formamos desde o começo do curso, com muitas histórias pra contar, aos amigos de outras turmas, Dudu, Gaby, Lilian, Krys, Jamile, José Neto. Aos demais colegas que estiveram presentes comigo e me acompanharam vários momentos.

A todos os professores que passaram por mim durante o curso, por seus ensinamentos, que de alguma forma foram importantes para meu aprendizado.

Ao meu professor orientador Fábio, que tenho muita admiração e gratidão pelas oportunidades concedidas ao longo do curso e que ajudou a me identificar com a área geotécnica.

Aos professores Clóvis e Aline, os quais tenho admiração e por fazerem parte da banca deste trabalho e de poder prestigiar este momento especial para mim.

A todos que de alguma forma contribuíram pelo trabalho, em especial Sérgio e Guilherme.

A todos, meu muito obrigado!

RESUMO

Na Grande João Pessoa, assim como a maioria das cidades brasileiras, tem convivido com casos de deslizamentos de terras, principalmente em épocas de chuvas, quando há uma maior incidência de movimentos de massa. Para tornar estas regiões de encostas mais seguras, a engenharia tem usado diversas soluções convencionais de contenção de taludes, porém muitas são onerosas para os órgãos públicos, além de outros fatores como a geometria do talude e a dificuldade de acesso com alguns equipamentos, o que acaba inviabilizando a implantação de algumas obras e a sua intervenção. Assim, para contrapor estes problemas, a Bioengenharia de Solos tem-se destacado como alternativa, que consiste na combinação do uso de elementos biologicamente ativos como a vegetação e elementos inertes, como madeira, concreto, aço e fibras naturais ou sintéticas em obras de contenção de processos erosivos. Neste sentido o objetivo do trabalho foi de viabilizar a confecção de uma biomanta de fibras de coco de dimensões 1,50 x 2,50 m, indicando os procedimentos utilizados para sua fabricação, a fim de avaliar seu desempenho em um talude próximo ao Condomínio Alphaville em Bayeux/PB, apresentando os métodos que foram utilizados para sua instalação, como uma solução de baixo custo para a estabilização de taludes. O trabalho também visou trazer uma conscientização ambiental sobre a importância da reciclagem dos resíduos gerados das cascas de coco na cidade de João Pessoa, sugerindo sua utilização na confecção de biomantas. Além disso, foram analisados estudos de casos em regiões próximas ao Condomínio Alphaville, em Bayeux/PB, propondo soluções sustentáveis de bioengenharia de solos para conter os processos erosivos observados. Através da observação da integridade da biomanta confeccionada, foi possível concluir que a mesma pode se tornar uma alternativa viável para a sua aplicação em larga escala, trazendo vários benefícios, seja na área ambiental, pela proteção de encostas e minimização de resíduos, como também econômico e social, pela geração de fonte de renda para pequenas comunidades e criação de associações de coletas de coco e confecção de biomantas.

Palavras Chave: Bioengenharia de Solos, Biomanta, Movimentos de Massa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de taludes	12
Figura 2. Ilustração de uma queda e rolamento.....	13
Figura 3. Ilustração de um tombamento	14
Figura 4. Esquema de um deslizamento rotacional	15
Figura 5. Esquema de um deslizamento translacional planar.....	15
Figura 6. Esquema de um deslizamento translacional em cunha	16
Figura 7. Ilustração de uma corrida de massa	16
Figura 8. Esquema de um rastejo.....	17
Figura 9. Processo de formação do solo por meio do intemperismo.....	18
Figura 10. Influência do impacto das chuvas causando o desgaste do solo	19
Figura 11. Exemplo de um processo de ravinamento.....	20
Figura 12. Exemplo de uma voçoroca	20
Figura 13. Tipos de Biomantas.....	23
Figura 14. Desenvolvimento da vegetação sobre a biomanta	23
Figura 15. Bermalongas comerciais feitas com fibras vegetais.....	24
Figura 16. Uso de bermalongas em conjunto com o capim vertiver	25
Figura 17. Aplicação da hidrossemeadura em conjunto com biomantas	26
Figura 18. Exemplo de uma aplicação da hidrossemeadura antes e depois	26
Figura 19. Diferença entre as gramas e suas morfologias foliares	28
Figura 20. Raízes do capim vetiver e mensuração do seu tamanho	29
Figura 21. Característica do capim agulha	29
Figura 22. Coqueiro.....	30
Figura 23. Morfologia do fruto do coco	31
Figura 24. Fibras de coco extraídas do mesocarpo.....	31
Figura 25. Resíduos de coco depositados de forma indevida.....	32
Figura 26. Consumo de coco verde por semana em alguns locais de João Pessoa	33
Figura 27. Amostra de cocos coletadas	35
Figura 28. Aberturas realizadas nos cocos	36
Figura 29. Processo de extração das fibras.....	36
Figura 30. Solução ligante preparada	37
Figura 31. Construção da forma	38
Figura 32. Distribuição das fibras sobre forma	39
Figura 33. Biomanta confeccionada	39
Figura 34. Biomanta aberta transportada para o local de estudo.....	40
Figura 35. Detalhes das fibras da biomanta.....	40
Figura 36. Falhas no recobrimento superficial no talude no acesso ao condomínio	41
Figura 37. Detalhes da ravina encontrada no talude do acesso ao condomínio	42
Figura 38. Detalhes dos taludes na recepção do condomínio.....	42
Figura 39. Talude escolhido para a colocação da biomanta	43
Figura 40. Dimensões da formação das micro-covas.....	44
Figura 41. Dimensões das micro-covas	44

Figura 42. Detalhamento das micro-covas no talude	45
Figura 43. Sementes de grama bermuda (Cynodon dactylon)	45
Figura 44. Terra vegetal.....	46
Figura 45. Adubo NPK 10-10-10	46
Figura 46. Preparação dos insumos	47
Figura 47. Aplicação dos insumos.....	47
Figura 48. Escavação da valeta no topo do talude.....	48
Figura 49. Esquema de ancoragem da biomanta	48
Figura 50. Fixação da valeta por meio dos grampos	49
Figura 51. Ancoragem superior concluída e manta desenrolada.....	49
Figura 52. Especificações dos grampos para fixação	50
Figura 53. Grampos de aço escolhido para a fixação.....	50
Figura 54. Quantidade de grampos necessários para a fixação	51
Figura 55. Fixação da biomanta na superfície do talude	51
Figura 56. Fixação da biomanta na superfície do talude	52
Figura 57. Biomanta instalada no talude	52
Figura 58. Aparecimento das gramíneas	53
Figura 59. Crescimento da grama bermuda.....	53
Figura 60. Desenvolvimento da vegetação sobre a biomanta 1 mês depois.....	54
Figura 61. Desenvolvimento da vegetação sobre a biomanta 2 meses depois	55
Figura 62. Desenvolvimento da vegetação sobre a biomanta 3 meses depois	56
Figura 63. Detalhe da grama bermuda sobre a biomanta	56
Figura 64. Desenvolvimento da vegetação sobre a biomanta 4 meses depois	57
Figura 65. Detalhes da tela utilizada como solução para os taludes.....	58
Figura 66. Medidas estimadas do talude do acesso ao condomínio	59
Figura 67. Retentores de sedimentos colocados no sentido transversal	60
Figura 68. Esquema de instalação dos retentores de sedimentos.	61
Figura 69. Uso dos retentores de sedimentos com o capim vetiver	61

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos	11
1.1.1 Objetivo Geral	11
1.1.2 Objetivos Específicos	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Taludes	12
2.2 Classificação dos Movimentos de Massa	12
2.2.1 Quedas e Rolamentos	13
2.2.2 Tombamentos	13
2.2.3 Deslizamentos	14
2.2.4 Corridas	16
2.2.5 Rastejos	17
2.3 Intemperismo e Erosão	17
2.3.1 Erosão Pluvial e a influência da Vegetação	18
2.4 Bioengenharia de Solos	21
2.4.1 Vantagens das Técnicas de Bioengenharia de Solos	21
2.4.2 Biomantas	22
2.4.3 Bermalongas	24
2.4.4 Hidrossemeadura	25
2.4.5 Espécies vegetais utilizadas na proteção de taludes	27
2.5 Coco (<i>Cocos nucifera</i>)	29
2.5.1 Características morfológicas do fruto	30
2.5.2 A utilização das fibras de coco na confecção das biomantas	31
2.5.3 A problemática da falta de reutilização do coco gerando resíduos	32
3. METODOLOGIA	35
3.1 Confecção da biomanta	35
3.1.1 Obtenção da matéria-prima	35
3.1.2 Processo de extração das fibras	35
3.1.3 Preparação de uma resina ligante biodegradável	36
3.1.4 Construção de uma forma para a confecção da manta	37
3.1.5 Confecção da biomanta	38

3.2 Caracterização da área de estudo	41
3.3 Implantação da biomanta	42
3.3.1 Limpeza e regularização do talude	43
3.3.2 Realização do micro-coveamento	43
3.3.3 Preparação dos insumos e aplicação	45
3.3.4 Ancoragem superior da biomanta	48
3.3.5 Fixação da biomanta	50
3.3.4 Ancoragem inferior da biomanta	52
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
4.1 Desempenho da grama bermuda	53
4.3 Desempenho da biomanta	57
4.4 Solução para os taludes em frente a BR no acesso ao condomínio	58
4.5 Solução para o processo de ravinamento no acesso ao condomínio	60
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
6. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	63
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

1. INTRODUÇÃO

Os movimentos de massa descrevem a dinâmica de vários tipos de materiais, sejam elas solos, rochas ou detritos ao longo das encostas. Estes movimentos ocorrem devido à influência de alguns fatores preponderantes como a gravidade, declividade do talude, nível de cobertura vegetal, índice pluviométrico da região, padrão de escoamento de águas pluviais, além do fator humano, como a ocupação irregular de encostas (OLIVEIRA e VALLE, 2008).

Portanto, os movimentos de massa se caracterizam por serem processos naturais de evolução das encostas e do relevo como um todo. De acordo com a velocidade e composição do material deslocado à montante do talude, podem receber diferentes classificações (PINTO et. al., 2012).

No Brasil, estes movimentos têm ocorrido muitas vezes em áreas habitadas, provocando desastres que geram prejuízos a uma parcela da população, uma vez que este fenômeno ocasiona riscos às vidas humanas além de danos ambientais e socioeconômicos. Este problema está diretamente associado ao crescimento desordenado acelerado sem um planejamento adequado da maioria das cidades brasileiras.

Neste sentido, a ocupação de moradias em regiões de encostas, seja de modo formal ou informal, em geral tem-se dado de maneira inapropriada. Este fenômeno está associado à especulação imobiliária, o que gera uma valorização excessiva do preço do solo urbano e conseqüentemente, oferece para a população de baixa renda, terrenos mais afastados e sem uma infraestrutura básica, incluindo os situados em encostas. As construções irregulares também são provenientes da falta de recursos financeiros destas famílias de baixa renda, que são muitas vezes construídas sem o preparo do solo e a falta de execução das técnicas de engenharia, tornando a situação ainda mais grave. (PASSOS, 2018).

A Grande João Pessoa, assim como em grande parte das cidades brasileiras, também convive com casos de deslizamentos de terras em vários trechos, principalmente em épocas de chuvas, quando há uma maior incidência de movimentos de massa.

Para tornar estas regiões de encostas mais seguras para a população, a engenharia tem usado diversas soluções convencionais de contenção de taludes, porém muitas delas acabam se tornando bastante onerosas para os órgãos públicos, além de outros fatores como a própria geometria do talude e a dificuldade de acesso com alguns equipamentos, o que acaba inviabilizando a implantação de algumas obras e a sua intervenção.

Assim, para contrapor estes problemas, têm-se desenvolvido na engenharia uma área denominada de bioengenharia de solos, que consiste na combinação do uso de elementos

biologicamente ativos como a vegetação e elementos inertes, como por exemplo, madeira, concreto, aço e fibras naturais ou sintéticas em obras de contenção de processos erosivos. Esta técnica ainda pode utilizar as raízes e os caules como elementos estruturais para a estabilização de encostas, podendo atuar no fortalecimento do solo, na melhoria da drenagem e consequentemente, redução dos movimentos de terra (PINTO, 2009).

Uma destas técnicas consistem na utilização de biomantas antierosivas, feitas normalmente de fibras naturais, como as fibras de coco. Estas mantas possuem a função de proteção superficial do solo, servindo como dissipadores de energia, pois ao manter contato direto com o solo, fornecem obstáculos para o escoamento, reduzindo a velocidade da água, atenuando a ação erosiva, principalmente provocada pelas chuvas (COUTO et al., 2010).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo geral mostrar os procedimentos realizados para a confecção de uma biomanta caseira feita com fibras de coco e avaliar seu desempenho aplicando em um talude de corte em conjunto com a técnica de hidrossemeadura, como uma solução de baixo custo para a estabilização de taludes.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Propor soluções baseadas na Bioengenharia de Solos para minimizar os processos erosivos encontrados próximos ao Condomínio Alphaville em Bayeux/PB;
- Verificar o desempenho do crescimento das sementes da grama bermuda utilizadas na hidrossemeadura;
- Ressaltar a importância da reciclagem das cascas de cocos para a cidade de João Pessoa/PB, sugerindo sua utilização para a confecção da biomanta, visando o lado ambiental e social.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Taludes

Pode-se definir um talude como sendo uma superfície inclinada que delimita um determinado maciço de terra ou rocha. Conforme Neis e Silva (2018), os taludes podem ser originados por processos naturais, formando as encostas e morros, ou artificiais, resultantes da intervenção humana por meio da formação de taludes de cortes ou de aterros. A Figura 1 ilustra os tipos de taludes.



Figura 1. Tipos de taludes. Fonte: Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas

2.2 Classificação dos Movimentos de Massa

De acordo com o Cemaden (2016), os movimentos de massa, também podem ser conhecidos como deslizamentos, escorregamentos, rupturas de talude, queda de barreiras, entre outros, os quais se referem aos transportes de descida de solos e rochas e detritos sob a ação da gravidade e que são normalmente potencializados pela ação da água.

Ahrendt (2005) afirma que em países tropicais como o Brasil, um dos principais fatores deflagradores de movimentos de massa gravitacionais é causado pelo volume de água acumulado pelas chuvas. Neste sentido, foram realizados estudos para indicar a correlação entre os movimentos de massa gravitacionais e os períodos chuvosos em que estas ocorrem, para tentar identificar e estabelecer limites críticos de chuva acumulada para a iminência de escorregamentos.

Conforme Pinto et. al. (2012), os movimentos de massas podem ser classificados de acordo com a velocidade e composição do material deslocado à montante do talude. Dessa forma, Ahrendt (2005) define os principais tipos de movimentos abaixo.

2.2.1 Quedas e Rolamentos

As quedas e rolamentos são definidas como sendo uma massa de qualquer tamanho de solo ou de rocha que é desprendida por meio da força da gravidade de uma encosta íngreme, em que ocorre pouco ou nenhum deslocamento cisalhante. Assim este tipo de movimento é caracterizado principalmente por quedas livres ou rolamentos, ou seja, são movimentos extremamente rápidos (AHRENDT, 2005). Estes movimentos estão apresentados na Figura 2.

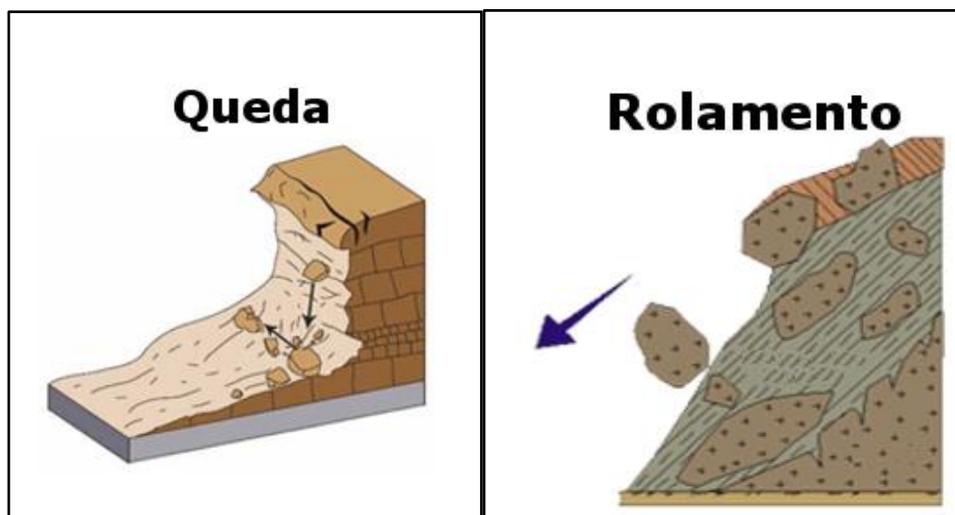


Figura 2. Ilustração de uma queda e rolamento. Fonte: Cemaden (adaptado)

2.2.2 Tombamentos

Ahrendt (2005) define tombamento como a rotação de uma placa de bloco de terra ou rocha para fora da encosta e ocorre quando as forças resultantes sob a ação da gravidade se situam fora do centro de massa, em geral na base do bloco afetado, ocasionando a rotação, como mostra a Figura 3. O tombamento também é classificado como sendo de movimentos muito rápidos.

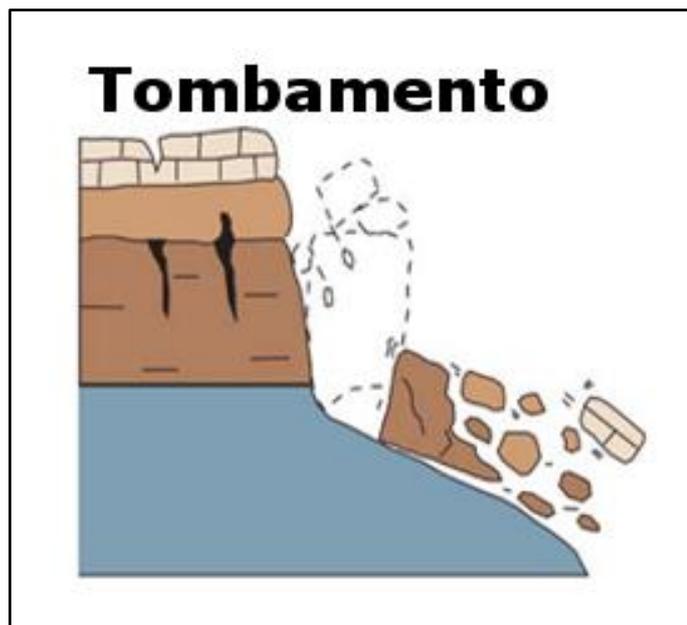


Figura 3. Ilustração de um tombamento. Fonte: Cemaden (adaptado)

2.2.3 Deslizamentos

Os deslizamentos ou escorregamentos são resultados da deformação cisalhante que pode ocorrer ao longo de uma ou mais superfícies de rupturas, podendo incluir materiais tanto rochosos quanto de solo. As superfícies de deslizamento podem ser visíveis ou não, estes tipos de movimentos podem ser progressivos, o cisalhamento pode não se iniciar sobre uma superfície de ruptura propriamente dita, mas se propagar de uma ruptura localizada por meio de fendas de tração, por exemplo. Ahrendt (2005) ainda cita que os escorregamentos são subdivididos em duas categorias, sendo os rotacionais e translacionais.

Os escorregamentos rotacionais, ou circulares, segundo Ahrendt (2005), é caracterizado como a formação de uma superfície de deslizamento curva com a concavidade voltada para cima, sendo que as fissuras expostas após a movimentação são normalmente côncavas na direção do movimento (Figura 4). Geralmente este tipo de movimento ocorre em solos com poucas unidades litológicas e preferencialmente em superfícies de escorregamento internas.

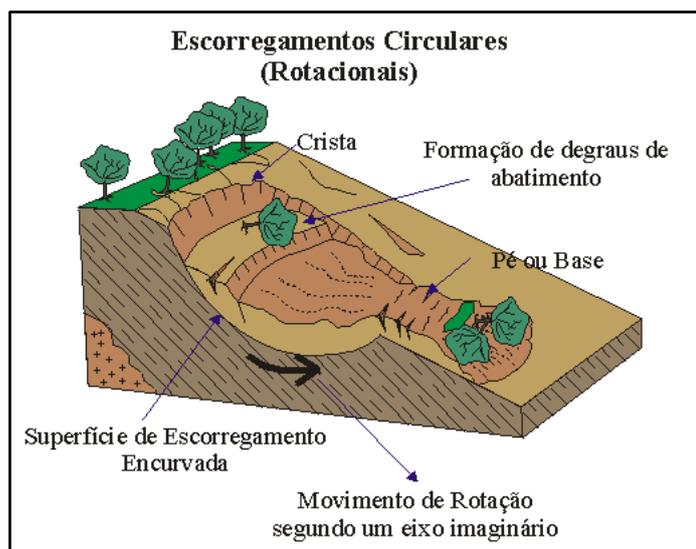


Figura 4. Esquema de um deslizamento rotacional. Fonte: Infanti Jr. & Fornasari Filho, 1998 (adaptado)

Já os escorregamentos translacionais, é quando o material em movimento é rompido por cisalhamento e desliza sobre uma superfície plana. Por esse motivo, este tipo de movimento também é denominado como planar (Figura 5).

Ahrendt (2005) cita que os casos relacionados a este escorregamento estão relacionados com superfícies de fraquezas geradas por falhas, juntas, ou também pelo contato entre o substrato rochoso e a camada superficial de solo. Cabe ressaltar que o maciço de terra pode deslizar por mais de uma superfície de ruptura, como está representado pela Figura 6, que é conhecido como um escorregamento translacional em forma de cunha.

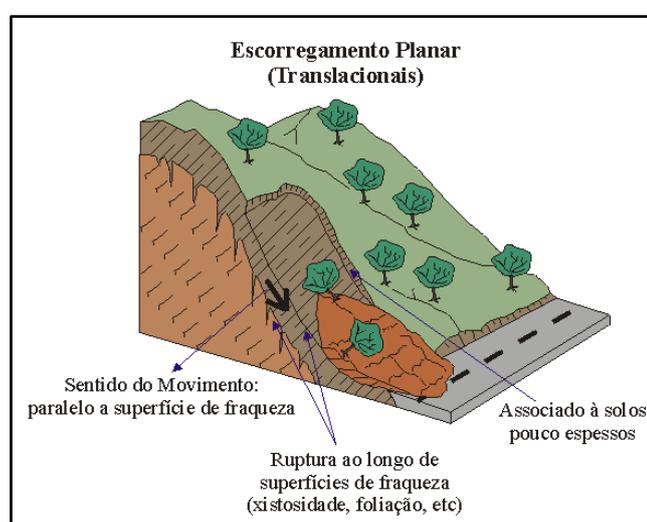


Figura 5. Esquema de um deslizamento translacional planar. Fonte: Infanti Jr. & Fornasari Filho, 1998 (adaptado)

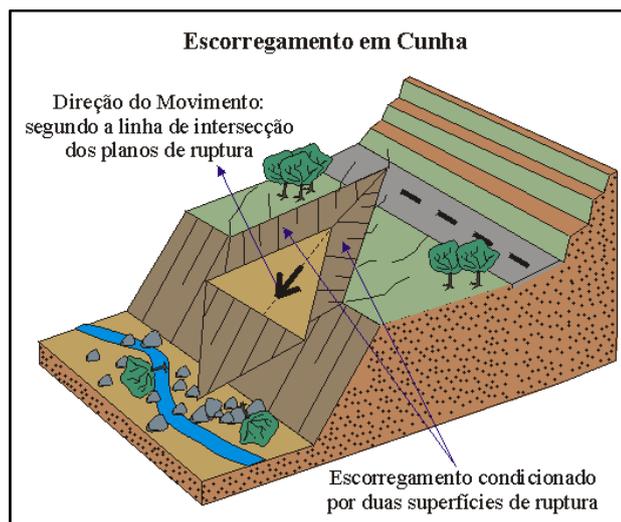


Figura 6. Esquema de um deslizamento translacional em cunha. Fonte: Infanti Jr. & Fornasari Filho, 1998 (adaptado)

2.2.4 Corridas

As corridas de massa são movimentos gravitacionais normalmente ligados a grandes eventos pluviométricos. Elas ocorrem a partir de deslizamentos nas encostas e mobilizam grandes quantidades de material, que junto com a água às chuvas, seu movimento tem um comportamento líquido viscoso e um alto poder de transporte (Figura 7). Estes fenômenos são mais raros que os deslizamentos, contudo podem provocar consequências de magnitudes graves, devido ao seu grande poder destrutivo e extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas (BRASIL, 2007).



Figura 7. Ilustração de uma corrida de massa. Fonte: Cemaden (adaptado)

2.2.5 Rastejos

Os rastejos são considerados movimentos de massa lentos e graduais, podendo envolver grandes massas de solo, como os taludes de uma região, sem que haja na área uma diferenciação entre o material em movimento e o material estacionário. A movimentação é ocasionada pela ação da gravidade juntamente com os efeitos devidos às variações de temperatura e umidade. O fenômeno de expansão e de contração da massa de material, por variação térmica, se traduz em movimento, encosta abaixo, ocasionando o rastejo. (GUIDICINE; NIEBLE, 1984, apud. PINTO; et al 2012).

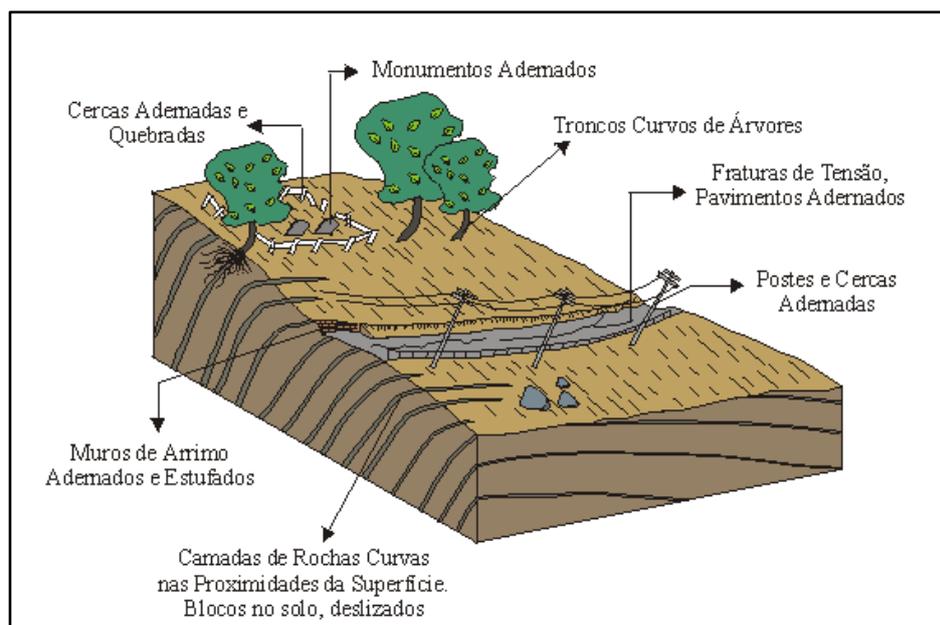


Figura 8. Esquema de um rastejo. Fonte: Infanti Jr. & Fornasari Filho, 1998 (adaptado)

Cabe lembrar que este movimento de massa é perceptível somente após um longo período de tempo, como pode-se ver na Figura 8, em que se observa as árvores e postes com inclinação acentuada, sendo necessário o uso de equipamentos especiais de sensibilidade ao deslocamento de solo para avaliar a taxa de movimento ao longo do tempo.

2.3 Intemperismo e Erosão

Segundo Branco (2014), entende-se por intemperismo ou meteorização, o conjunto de alterações físicas, químicas e biológicas que as rochas sofrem quando ficam expostas na superfície da Terra.

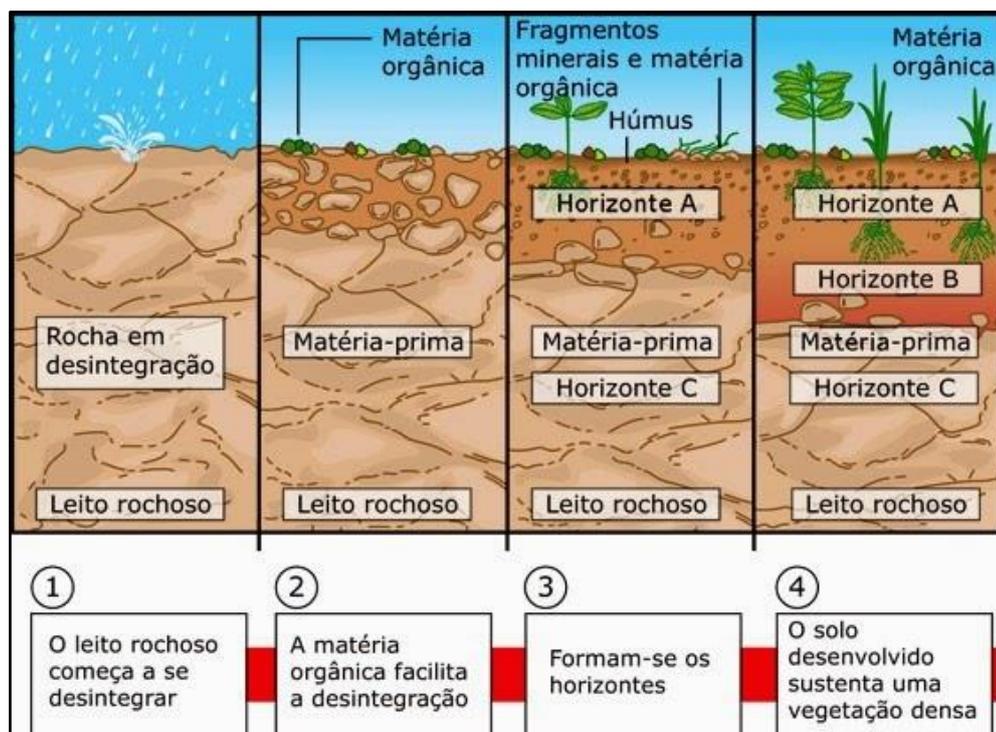


Figura 9. Processo de formação do solo por meio do intemperismo. Fonte: Gangorra, 2013

Cabe lembrar que esse processo de transformação da rocha em solo é considerado muito lento. Na Figura 9 é possível notar a presença do intemperismo físico provocado pela variação de temperatura, pois a rocha se torna suscetível a fenômenos de expansão e contração de suas partículas, contribuindo para a sua desagregação.

A presença da água, que ao entrar em contato com a rocha, pode gerar reações químicas com os minérios presentes e por fim a presença da matéria orgânica que realiza processos de decomposição de organismos com os fragmentos da rocha, gerando os perfis de solos.

Já a erosão consiste no processo de retirada e transporte do material já formado, o que ocasiona o desgaste do relevo. Seus principais agentes são a água, o vento e o gelo (BRANCO, 2014).

2.3.1 Erosão Pluvial e a influência da Vegetação

A erosão pluvial, segundo Branco (2014), é aquela causada pela água das chuvas, sendo a água um dos principais agentes erosivos. Sua ação no relevo pode ser lenta, mas se torna acelerada quando o solo se encontra desprovido de vegetação, como nas áreas desmatadas.

Branco (2014) ainda ressalta que se o terreno tem muita vegetação, o impacto das chuvas é atenuado, pois as plantas diminuem a velocidade da água que escorre pelo solo. Além disso, as raízes, por sua vez, dão mais resistência à estrutura do solo, garantindo um efeito de grampeamento e aquelas com raízes mortas funcionam como canais, favorecendo a infiltração da água.

Assim, sem a presença da vegetação, o solo se torna saturado em água mais rapidamente e como consequência, a água passa a fluir pela superfície, deixando de se infiltrar. Tudo isso fica agravado se o solo for arenoso e não argiloso.

A primeira ação da água sobre o solo se dá através do salpicamento, que consiste na desagregação dos torrões e agregados do solo pelo impacto dos pingos de chuva (raindrop impact). Esse impacto também pode provocar a selagem, gerando uma obstrução dos poros do solo pelo material mais fino, o que resulta numa redução da infiltração e consequentemente no aumento do fluxo de água superficial (BRANCO, 2014)

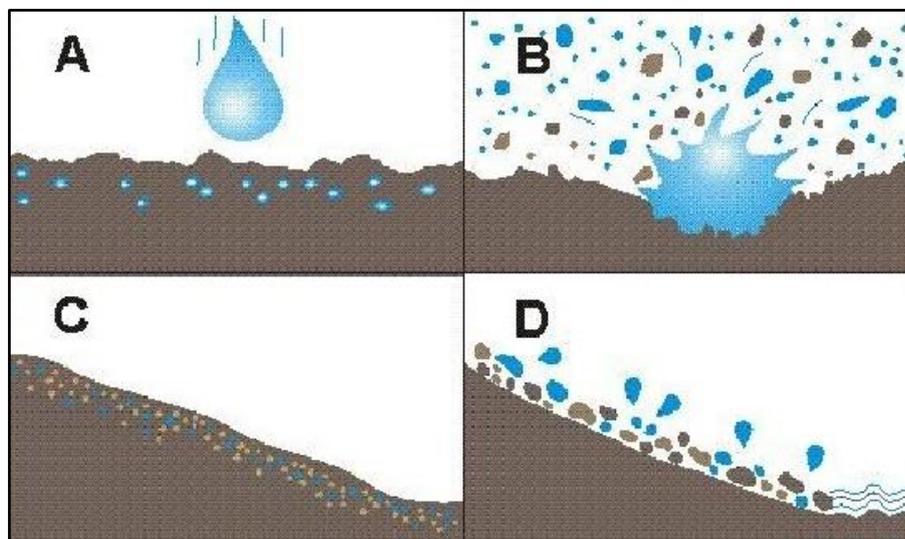


Figura 10. Influência do impacto das chuvas causando o desgaste do solo. Fonte: Depersch et.al, 1991

Como se observa na Figura 10, o impacto das gotas de chuvas leva ao primeiro processo de erosão superficial, conhecido como erosão laminar, pois os grãos despreendidos pelas chuvas são escoados superficialmente até a jusante do talude.

Conforme o fluxo de água pela superfície se mantém durante um longo período de tempo, pode levar a formação de ravinas, que são erosões mais acentuadas, como pode-se observar na Figura 11.



Figura 11. Exemplo de um processo de ravinamento. Fonte: meioambiente.culturamix.com, 2013

O último estágio de processo erosivo é quando as ravinas podem atingir grandes dimensões, sendo denominado de voçorocas e começam a se formar quando o ravinamento atinge o lençol freático. Daí em diante, progredem de modo muito difícil de controlar, pois não mais dependem da ocorrência de chuvas para aumentar de tamanho (BRANCO, 2014).



Figura 12. Exemplo de uma voçoroca. Fonte: Prefeitura de Novo Horizonte, 2018

Percebe-se pela Figura 12 que o lençol freático se encontra exposto, sendo muito difícil propor soluções para atenuar este processo de erosão.

Diante do exposto, ressalta-se a importância da vegetação no controle dos processos erosivos, minimizando os impactos causados pela água e principalmente provenientes das chuvas.

2.4 Bioengenharia de Solos

Para conter os movimentos de massas e atenuar os processos de erosão das encostas, a engenharia tem usado diversas soluções convencionais para a contenção de taludes, porém muitas delas acabam se tornando bastante onerosas para os órgãos públicos, além de outros fatores como a própria geometria do talude e a dificuldade de acesso com alguns equipamentos, o que acaba inviabilizando a implantação de algumas obras e a sua intervenção.

Neste sentido, visando utilizar meios menos onerosos e com foco na sustentabilidade e minimização de impactos ambientais, tem-se desenvolvido técnicas baseadas na Bioengenharia de Solos. Couto et. al (2010) afirma que o conceito básico que define a bioengenharia de solos, consiste na utilização de elementos inertes como concreto, madeira, aço e fibras em conjunto com elementos biológicos, como a vegetação, no controle da erosão.

As espécies vegetais, por exemplo, contribuem com o seu sistema radicular e o caule, sendo utilizadas em diferentes arranjos geométricos como elementos estruturais e mecânicos para contenção e proteção do solo, melhorando as condições de drenagem e retenção das movimentações de terra (COUTO et. al, 2010). Ressalta-se também, como mencionado nos tópicos anteriores, que a cobertura vegetal diminui os impactos causados pela água das chuvas (raindrops) sobre o solo.

As técnicas de bioengenharia têm sido utilizadas desde o Império Romano para conter os processos erosivos em taludes e margens de rios em diferentes partes do mundo. Porém, estas técnicas caíram em desuso após a Revolução Industrial, que popularizou o uso da tecnologia do concreto e do aço, favorecendo a utilização de materiais de construção mais rígidos e inertes em obras de engenharia, já que inicialmente apresentaram-se mais baratos e seguros (COUTO et. al, 2010).

2.4.1 Vantagens das Técnicas de Bioengenharia de Solos

Couto et. al (2010) afirma que entre as vantagens do uso das tecnologias baseadas na bioengenharia dos solos, destacam-se:

- Menor requerimento de maquinário: As técnicas dependem de uma maior utilização de mão-de-obra e têm um custo final comparativamente menor que as técnicas convencionais, oferecendo um maior retorno social, pois além de se utilizar maior

quantidade de mão-de-obra braçal ela requer menor qualificação do que as práticas tradicionais de engenharia civil.

- Utilização de materiais naturais e locais: Podem ser utilizados madeira, pedras, compostos orgânicos, entre outros, o que reduz os custos de transporte e materiais.
- Relação custo/benefício: As técnicas de bioengenharia de solos apresentam em sua maioria, uma relação custo/benefício melhor do que as técnicas tradicionais de engenharia.
- Compatibilidade ambiental: As técnicas de bioengenharia geralmente demandam uma utilização mínima de equipamentos, o que ocasiona uma menor perturbação durante a execução das obras de proteção de taludes e controle de erosão. Além disso, são atributos favoráveis em regiões sensíveis, como parques, reservas e corredores naturais, onde a estética constitui um fator fundamental, fornecendo um habitat para a fauna nativa, restauração ecológica e conforto ambiental.
- Execução em locais de acesso precário ou inexistente: Em locais de difícil acesso podem se tornar inacessíveis o uso de alguns maquinários. Entretanto, as técnicas de bioengenharia de solos podem constituir a única alternativa viável para a execução de algumas obras de proteção de taludes e controle de erosão.

Nos tópicos a seguir serão apresentadas algumas das técnicas de bioengenharia de solos mais utilizadas no Brasil, sendo as biomantas, que estão nas categorias dos geossintéticos naturais, as bermalongas, que são conhecidas por serem retentores de sedimentos e a hidrossemeadura.

2.4.2 Biomantas

As biomantas fazem parte do grupo de geossintéticos naturais utilizados para o controle da erosão superficial dos taludes. É um material biodegradável e normalmente são constituídos por fibras naturais, como as fibras de coco, sendo considerado uma técnica de baixo custo e de baixo impacto ambiental. A Figura 13 abaixo apresenta os tipos de biomantas utilizadas.



Figura 13. Tipos de Biomantas. Fonte: Deflor Bioengenharia (2007)

Atualmente esses produtos são manufaturados a partir de diversas matérias-primas, como algodão, fibra de coco, sisal, trigo, milho e palhas composta por restos de culturas agrícolas. Além disso, as biomantas normalmente são tecidas em material sintético, composto por polipropileno, polietileno, náilon entre outros compostos utilizados no amarrar dos resíduos vegetais (PEREIRA; COELHO, 1998; apud. COUTO et. al, 2010).

Devido ao carreamento das sementes ser um dos motivos da não vegetação dos taludes, a biomanta também auxilia no processo de quebra da dormência, germinação e da emissão de brotos, além de proteger as sementes e os brotos do carreamento pela ação da água. (MEDEIROS et. al, 2014). Já Silva e Filho (2018) ressalta também que a biomanta fornece as sementes, condições ideais de temperatura e umidade para seu desenvolvimento e quando esta se degrada, a biomanta serve de adubo para o desenvolvimento da gramínea.

A Figura 14 representa a interação da vegetação e da biomanta, servindo de proteção inicial até o desenvolvimento das mudas. Percebe-se na figura que a vegetação ainda ajuda a fixar a manta, garantindo um melhor desempenho.

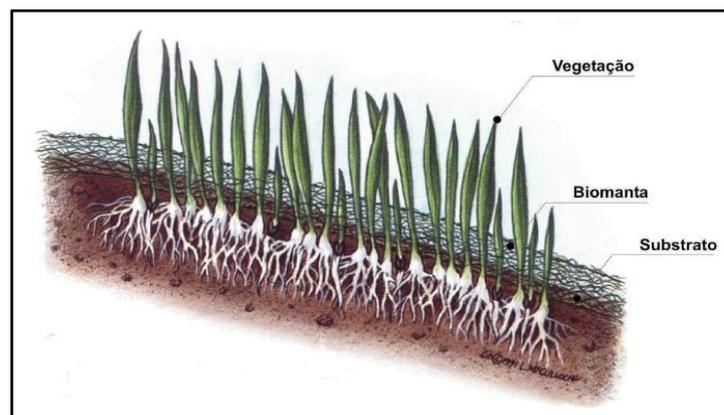


Figura 14. Desenvolvimento da vegetação sobre a biomanta. Fonte: Deflor Bioengenharia (2005)

2.4.3 Bermalongas

Bermalongas ou retentores de sedimentos é uma técnica de bioengenharia usada para minimizar o carreamento de sedimentos a montante de um talude, evitando os efeitos da erosão superficial e a perda de sementes e insumos.

São estruturas que podem ser constituídas de materiais orgânicos ou inertes, como por exemplo, fibras, palha seca de gramíneas, esterco curtido, sementes, folha seca de palmeiras ou bambus, seixos, entre outros, amarrando-os de forma cilíndrica com arames ou envolvendo-o com telado, dependendo de uma maior proporção de pedras e seixos na sua confecção (VERDUM et. al, 2016). Conforme a Figura 15, estes materiais que compõem as bermalongas são prensados e dispostas em forma de rolos.



Figura 15. Bermalongas comerciais feitas com fibras vegetais. Fonte: Couto et. al (2010)

De acordo com Couto et. al (2010), os retentores de sedimentos são totalmente drenantes e resistentes, chegando a absorver até cinco vezes o seu peso em água. Normalmente são usados em locais de menor declividade e baixo fluxo de sedimentos, sempre no sentido transversal à declividade do talude, fixado com estacas vivas, ou de madeira ou de aço. Além disso, pode ser conciliado com o plantio do capim-vetiver (*Vetiver sp.*) em linhas transversais ao sentido do escoamento de água no talude, conforme pode ser mostrado na Figura 16 abaixo.



Figura 16. Uso de bermalongas em conjunto com o capim vertiver. Fonte: Couto et. al (2010)

Pereira Neto (2012) cita algumas funções mais específicas das bermalongas, ressaltando que deposição contínua de sedimentos oriundos da área à montante da estrutura de contenção promove uma suavização da geometria do terreno, diminuindo a possibilidade de processos erosivos em maciços. Outro ponto é que a presença das estruturas altera as condições de drenagem superficial, ocasionando a redução de volume e força trativa do fluxo sobre o leito e os taludes das erosões, reduzindo o desprendimento e transporte de sedimentos.

2.4.4 Hidrossemeadura

A Hidrossemeadura é um processo de recobrimento vegetal e estabilização de solos utilizado para recuperação de grandes áreas, principalmente em áreas íngremes de corte. Este método consiste basicamente no jateamento via líquida de uma emulsão contendo proporções previamente estabelecidas para cada caso de sementes de gramíneas e leguminosas, fertilizantes, adubos, adesivos orgânicos e mulch. Normalmente são utilizadas espécies de gramíneas em conjunto com algumas leguminosas, escolhidos de acordo com o histórico da região e as condições do solo e clima (AFFONSO & FREITAS, 2003).

Ressalta-se que a hidrossemeadura também pode ser implantada juntamente com a utilização das biomantas, garantindo que as sementes e os insumos fiquem protegidos do carreamento provocado pela água, além da manta absorver a umidade e fornecer condições favoráveis as sementes, promovendo uma maior taxa de sucesso do desenvolvimento da vegetação (Figura 17).



Figura 17. Aplicação da hidrossemeadura em conjunto com biomantas. Fonte: gramasxavier.com

Couto et. al (2010) afirma que para aplicar a hidrossemeadura, é necessário que a superfície do talude esteja mais regularizada possível, buscando amenizar os sulcos erosivos, o preenchimento dos espaços vazios e a ancoragem dos sedimentos soltos. Após a regularização da superfície do talude, é feito o preparo do solo, que consiste em efetuar o micro-coveamento, covas pequenas umas próximas das outras e com profundidade suficiente para reter todos os insumos a serem aplicados.

Os efeitos paisagísticos da aplicação da hidrossemeadura são naturais e de baixa intervenção ambiental, sendo uma técnica de baixo custo e altamente eficaz quando realizados corretamente, assim como mostra a Figura 18.



Figura 18. Exemplo de uma aplicação da hidrossemeadura antes e depois. Fonte: iguiecolgia.com

2.4.5 Espécies vegetais utilizadas na proteção de taludes

Algumas literaturas indicam as espécies de gramíneas, leguminosas e capins mais utilizados na formação da cobertura vegetal e controle da erosão, dentre elas podemos destacar:

- Grama Bermuda (*Cynodon dactylon*):

É uma espécie perene de crescimento rasteiro, originária da Ásia e África, é adaptada a solos médios argilosos ou arenosos, preferindo os levemente úmidos e bem drenados. Responde bem à fertilização e tolera bem às secas, geadas e fogo. Seu principal uso consiste na formação de gramados, conservação de taludes e controle de erosão e formação de pastagens (PEREIRA, 2006).

- Grama São Carlos (*Axonopus affinis*):

É uma grama perene tropical, importada da Austrália, tem excelente resistência para locais sombreados e terrenos de média fertilidade. Esta espécie apresenta alta eficácia no controle de erosão e uma vez estabelecida também consegue um controle satisfatório nas ervas daninhas. Possui ótima tolerância à sombra, mas também se desenvolve muito bem em locais ensolarados, por isso esta variedade é tão utilizada, devido a sua adaptabilidade a diversas condições de solo e clima (BRSEEDS, 2011).

- Grama Esmeralda (*Zoysia japonica*):

Nativo da Ásia, predominantemente no Japão, é uma gramínea perene de crescimento, de altura baixa. Cerca de 80% do mercado de grama cultivado no Brasil hoje é representado por esta espécie. Por ser rústica, ter grande capacidade de adaptação e ser produzida em grande escala, é a espécie mais utilizada nas áreas de segurança e rodovias (ANTONIOLLI, 2021).

- Capim Vertiver (*Vetiveria zizanoides*):

É uma gramínea perene que ocorre em vários climas, predominando tropicais e subtropicais, é de porte médio podendo crescer até 1,50m de altura, sendo resistente às pragas,

geadas e fogo. Reproduz somente por mudas. Apresenta sistema de raízes densas e de alta resistência, atingindo 3m de profundidade que formam um grampeamento natural estabilizante de encostas e taludes. (PEREIRA, 2006)

Pereira (2006) ressalta que a espécie ainda se adapta em qualquer tipo de solo e clima, sendo tolerante a índices de chuva entre 300 a 3000 mm e a temperaturas extremas entre -9° a 50°. Além disso, resiste a valores extremos de ph, salinidade e baixos índices de nutrientes no solo. Seu uso atua também como barreiras para reter sedimentos em áreas erodidas.

- Capim Agulha (*Brachiaria humidicola*)

É uma espécie originária da África, sendo perene e possui folhas mais estreitas e menores e possui resistência contra as cigarras. É pouco exigente em solos e se desenvolve bem tanto em locais secos como úmidos, além disso esta espécie tolera bem climas quentes e úmidos e seu uso também é destinado ao controle da erosão, além do pastoreio (PEREIRA, 2006). Sua representação encontra-se na Figura 21.



Figura 19. Diferença entre as gramas e suas morfologias foliares. Fonte:bonde.com.br

Na Figura 19, é possível notar algumas características visuais que permitem distinguir as gramas apresentadas nos tópicos acima, sendo a grama bermuda com folhas mais finas e estreitas, enquanto as esmeraldas são um pouco maiores e as São Carlos suas folhas são mais grossas e largas.



Figura 20. Raízes do capim vetiver e mensuração do seu tamanho. Fonte: sistemavetiver.blogspot.com

Nota-se na Figura 20 que o vetiver apresenta um vasto agrupamento de raízes densas e de alta resistência, podendo ser aplicado como um verdadeiro sistema de contenção de “grampeamento verde” do solo, aumentando o fator de segurança dos taludes e minimizando os movimentos de massas.



Figura 21. Característica do capim agulha. Fonte:cearasementes.com.br

2.5 Coco (*Cocos nucifera*)

De acordo com a Embrapa (2006), o coqueiro (*Cocos nucifera*) é a única espécie do gênero *cocos* que pertence à família *Palmae*, sendo considerada uma das mais importantes famílias da classe das monocotiledôneas. Em geral, o coqueiro se adapta melhor em solos arenosos, profundos e bem drenados, o que permite que elas atinjam um maior desenvolvimento das raízes e exploração de maior volume de solo, assegurando assim melhor suprimento de água e nutrientes às plantas.

No Brasil, tradicionalmente, o cultivo do coco é predominante na faixa litorânea do Nordeste, onde é explorada a variedade Gigante. Essa variedade é destinada ao mercado in natura e a indústria de alimentos, ocupa uma área de 282 mil hectares, aproximadamente. Na Região Nordeste também predominam pequenas propriedades com menos de 10 ha, que se caracterizam pela utilização de sistemas de produção semi extrativistas (EMBRAPA, 2006).

Para os produtores de coco, o seu cultivo apresenta um grande potencial de exploração, considerando a capacidade de adaptação do coqueiro a diferentes condições de clima e solo, além de se desenvolver muito bem ao cultivo consorciado com outras espécies, característica da maior importância para o pequeno produtor com limitada área de cultivo. A produção brasileira de coco chegou a 1,3 bilhão de frutos em 2001 e encontra-se distribuída por todo o território nacional, com exceção do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, devido às limitações climáticas durante a maior parte do ano (EMBRAPA, 2006). A Figura 22 ilustra a espécie.



Figura 22. Coqueiro. Fonte: revistagloborural.globo.com

2.5.1 Características morfológicas do fruto

Conforme a Embrapa (2006), o fruto do coqueiro, representado pela Figura 23, é constituído por uma epiderme lisa denominada de epicarpo, que envolve um mesocarpo espesso e fibroso e uma camada muito dura, o endocarpo. A semente, envolvida pelo endocarpo, é constituída por uma camada fina de cor marrom que fica entre o endocarpo e o albúmen sólido, chamado de tegumento. O albúmen sólido é uma camada carnosa, branca e muito oleosa, conhecido por ser a parte comestível, forma uma grande cavidade onde se encontra o albúmen líquido (popularmente conhecido como água de coco). O embrião encontra-se próximo a um dos orifícios do endocarpo.

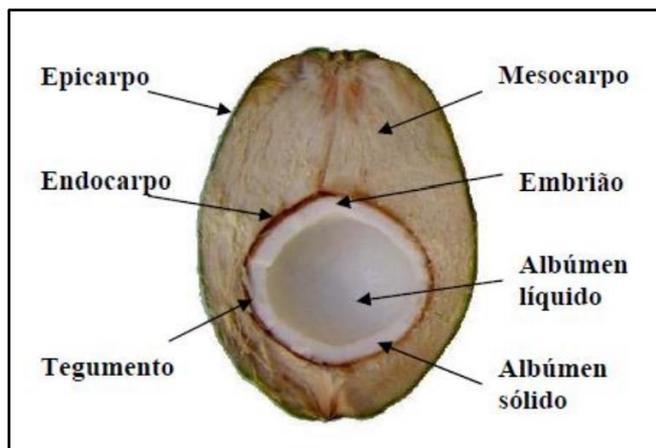


Figura 23. Morfologia do fruto do coco. Fonte: Benazzi (2006)

2.5.2 A utilização das fibras de coco na confecção das biomantas

A composição das fibras de coco (Figura 24) se constitui por: celulose, hemicelulose, lignina, pectina e minerais. A lignina é um polímero complexo que é a grande responsável pela formação da parede celular. Quanto maior a sua concentração na fibra, maior será sua influência na estrutura e na flexibilidade, melhorando sua qualidade. O mesocarpo é a porção de interesse, constituído por uma matriz contínua de lignina reforçada por fibras à base de celulose. Estas fibras de coco, então podem ser extraídas desta região do fruto verde e apresentam baixo custo (BARBOSA et. al, 2016b).



Figura 24. Fibras de coco extraídas do mesocarpo. Fonte: portalmacauba.com.br

Barbosa et. al (2016a) cita que as mantas poliméricas são feitas de materiais não tecidos, confeccionados a partir de um poliéster e colocados sobre os taludes para evitar corrosões e deslizamentos, protegendo as encostas. No entanto, a partir do crescimento da mata auxiliar, essas mantas não se degradam na natureza e acabam ficando sem função no solo, pois a

vegetação desenvolvida desempenha o papel de contenção da erosão dos taludes. Assim, foi criada manta de contenção a partir das fibras de coco.

Neste sentido, a utilização de fibras de coco para fabricação de mantas para proteção superficial de encostas, recuperação de áreas desmatadas ou devastadas pela mineração é uma inovação no mercado, visto que estas fibras são comumente utilizadas também para a fabricação de sementeiras, filtros industriais, porta-copos, jogo americano, entre outros (BARBOSA et. al 2016a).

Barbosa et. al (2016a) cita ainda que o processo de tecelagem das biomantas é realizado por meio do entrelaçamento das fibras naturais, látex e tanino, um fungicida natural. As mantas de fibras de coco podem ser fofas ou prensadas e possuem várias gramaturas. Algumas vantagens da sua utilização em relação às mantas poliméricas são a sua degradação programável e adição de matérias orgânicas e nutrientes ao solo.

2.5.3 A problemática da falta de reutilização do coco gerando resíduos

Segundo Rosa et. al (2001), o aumento do consumo da água-de-coco verde e a sua tendência para a industrialização de produtos vêm ocasionando problemas de disposição final do resíduo gerado, ou seja, as cascas do fruto. Este é um problema de natureza ambiental, pois cerca de 80% a 85% do peso bruto do coco verde vem sendo descartado como lixo.

Tal problemática se agrava principalmente nos grandes centros urbanos, onde as cascas do coco são de difícil descarte (Figura 25), sendo transportados para os lixões e aterros sanitários. Somado a isso, o seu descarte representa um custo adicional, pois as indústrias processadoras são incluídas nos chamados “grandes geradores de lixo”, o que caberia às indústrias, a responsabilidade pela coleta do material residual produzido (ROSA et. al, 2001).

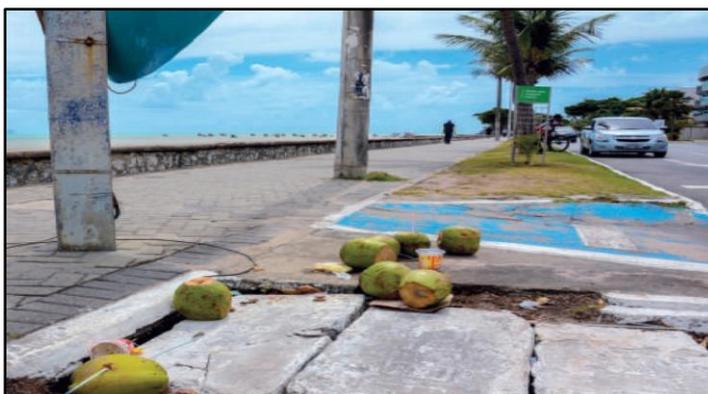


Figura 25. Resíduos de coco depositados de forma indevida. Fonte:pbagora.com.br

Ressalta-se que o coco é um material de difícil decomposição, podendo levar mais de 8 anos para se decompor. Portanto, a reutilização da casca do coco verde, além da sua importância econômica e social, é importante também do ponto de vista ambiental. (CARRIJO et al, 2002).

Santos et. al (2016) realizaram uma pesquisa quantitativa aos vendedores de água de coco verde em alguns bairros de João Pessoa, sendo: Bancários, Centro, Mangabeira, Cabo Branco, Tambaú e Bessa, com o objetivo de quantificar os resíduos gerados por semana.

Os autores chegaram à conclusão que os bairros Bessa, Cabo Branco e Tambaú (Figura 26) apresentaram maior consumo de coco verde durante uma semana. Isso pode ser explicado devido à grande concentração de quiosques e vendedores autônomos de coco verde na orla de João Pessoa, além da maior necessidade de hidratação dos indivíduos que circulam por essa área devido ao calor. Na figura abaixo, nota-se um grande consumo na avenida Beira Rio, pois a pesquisa de Santos et. al (2016) também foi realizada nesta avenida.

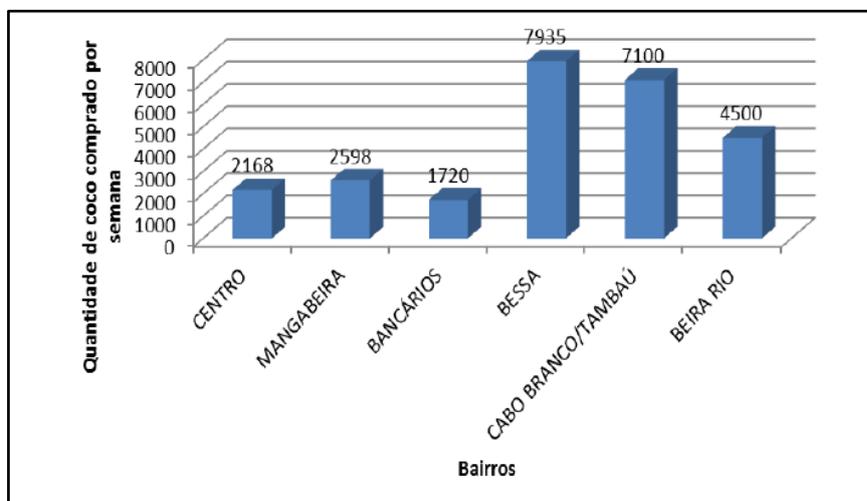


Figura 26. Consumo de coco verde por semana em alguns locais de João Pessoa. Santos et. al (2016)

Santos et. al (2016) também observaram que em determinadas épocas do ano, o consumo de coco se torna mais expressivo, sendo representado pelos meses de Novembro, Dezembro, Janeiro e Fevereiro, o que coincide com o período de verão onde há maior movimentação nas praias, aumentando de forma considerável o consumo de água de coco e a geração de resíduos.

Por fim, Santos et. al (2016) calcularam a quantidade em toneladas considerando o peso médio do coco verde após o consumo da água e a estimaram quantidade de cocos descartados durante o dia, chegando a uma média aproximada de 6 toneladas de resíduos diários com potencial para a reciclagem.

Diante do exposto, o presente trabalho visa dar como uma das destinações destes resíduos, na fabricação de biomantas caseiras de fibras de coco e avaliar seu potencial na redução dos efeitos erosivos em taludes na Grande João Pessoa. Tal medida pode ter potencial futuro para trazer benefícios, tanto na área ambiental (proteção de encostas e minimização de resíduos), como também econômico e social (geração de fonte de renda para pequenas comunidades e criação de associações de coletas de coco).

3. METODOLOGIA

3.1 Confeção da biomanta

3.1.1 Obtenção da matéria-prima

Para a confecção da biomanta, foi necessário identificar os pontos onde seriam coletados os cocos para poder extrair suas fibras, tendo como referência os bairros mencionados por Santos et. al (2016). Assim, os locais escolhidos para obter os cocos foram na orla de João Pessoa entre os bairros Tambaú e Cabo Branco. Dessa forma, foram visitadas algumas barracas que se situam na orla perguntando aos vendedores se estes poderiam oferecer as cascas de coco que não seriam mais utilizadas por eles. Ao todo, foram obtidos 30 cocos.



Figura 27. Amostra de cocos coletadas. Fonte: Autor próprio

3.1.2 Processo de extração das fibras

Primeiramente, foram lavados todos os cocos com água e sabão a fim de retirar impurezas, em seguida, com auxílio de uma faca de cozinha, os cocos foram abertos ao meio (Figura 28). Em seguida, com auxílio de uma colher, foram retirados o albúmen sólido (parte comestível) no interior dos cocos.



Figura 28. Aberturas realizadas nos cocos. Fonte: Autor próprio

Em seguida, foi realizado o processo de retirada do epicarpo (casca verde) por meio de uma faca, cortando em tiras superficiais e depois retirado manualmente. por fim, após a retirada da epiderme, foi possível ter acesso ao mesocarpo, em que foram extraídos às fibras por meio de raspagem com ajuda de uma faca. As fibras retiradas estão mostradas na Figura 29.



Figura 29. Processo de extração das fibras. Fonte: Autor próprio

3.1.3 Preparação de uma resina ligante biodegradável

Para a impregnação das fibras, foi preciso obter uma solução ligante que fosse atóxico e biodegradável. Baseando-se em Barbosa et. al (2016a), eles realizaram testes tendo como

matrizes ligantes, a gelatina, goma xantana e cola branca escolar base PVA em variadas proporções com água, para criar lâminas de fibras de coco.

Barbosa et. al (2016a) perceberam que as amostras produzidas com goma de xantana, após o processo de secagem em ambiente seco, verificaram crescimento de colônia de fungos. Isto pode ser explicado devido ao material ligante ter características orgânicas, sendo rico em carboidratos, uma substância que é base da alimentação de fungos, por este fato, sendo descartado.

Já às amostras produzidas por impregnação de gelatina, após o processo de secagem, as fibras permaneciam soltas e com pouca ancoragem mecânica, também sendo descartado.

Assim, como única opção restante, a matriz ligante que demonstrou melhores resultados foi a base de cola branca PVA como resina ligante (BARBOSA et. al, 2016a). Dessa forma, foi arbitrada uma solução ligante de 1:2, sendo uma de cola industrial branca PVA para duas porções de água e misturadas e colocadas em um borrifador. (Figura 30).



Figura 30. Solução ligante preparada. Fonte: Autor próprio

3.1.4 Construção de uma forma para a confecção da manta

Foi proposto confeccionar uma manta em um tamanho que fosse minimamente comercial para aplicação prática em uma área de estudo. Assim, como seu trabalho demanda esforço físico, foi escolhido às dimensões de 1,50 x 2,50 m, totalizando uma área superficial de

3,75 m². Portanto, foi necessário a construção de uma forma onde as fibras pudessem ser confeccionadas e receber a solução impregnante.

Para isso, foram utilizadas ripas de madeiras para conseguir as dimensões desejadas e pregadas em suas extremidades, formando um retângulo. Na base da Forma, foi revestido por uma lona preta polimérica, para evitar que a solução colante escorra para o chão e que a manta fique aderida ao piso, conforme a Figura 31.



Figura 31. Construção da forma. Fonte: Autor próprio

3.1.5 Confeção da biomanta

Após as fibras extraídas ficarem secas ao ar livre por uma semana, estas foram cortadas em porções aproximadas de 10 cm para uma melhor disposição na forma e foram distribuídas de forma homogênea por toda sua extensão (Figura 32). Para garantir que as fibras ficassem com uma espessura mais regular, as fibras foram compactadas manualmente para receber a solução ligante.

Foram utilizadas duas demãos de solução impregnante. Para cada demão, as fibras foram compactadas manualmente. Dessa forma, foi estimado a quantidade a solução utilizada para a impregnação das fibras. A quantidade total de solução ligante usada para aspergir na

manta toda, considerando as duas demãos, foi de 3 Kg de cola industrial PVA para 6 litros de água, resultando em um total de 9 litros de solução colante utilizada na fabricação da biomanta.



Figura 32. Distribuição das fibras sobre forma. Fonte: Autor próprio

Devido a impossibilidade de confeccionar a manta em um local aberto, a secagem da biomanta foi de 10 dias após a aplicação da solução colante. Após este período, finalmente a manta foi desformada manualmente e enrolada em bobina para poder facilitar seu transporte até o local de estudo (Figuras 33 e 34).



Figura 33. Biomanta confeccionada. Fonte: Autor próprio



Figura 34. Biomanta aberta transportada para o local de estudo . Fonte: Autor próprio

Na Figura 35 é possível olhar com mais detalhe o lado em que as fibras ficaram com a face para o chão foi formado uma espécie de “película” devido a solução colante ter a tendência de descer por gravidade, além da compactação manual realizada antes e após a aplicação da solução, promovendo uma boa adesão das fibras, indicando que o processo de impregnação realizado foi bem eficaz.



Figura 35. Detalhes das fibras da biomanta. Fonte: Autor próprio

3.2 Bayeux: caracterização da área de estudo

O condomínio Alphaville se localiza no município de Bayeux, faz parte da Grande João Pessoa, onde se situam vários taludes e sua entrada se dá por meio da BR 230 por uma via lateral que dá acesso ao condomínio.

Logo no acesso (Figura 36), é possível notar que houve uma intervenção de proteger superficialmente alguns taludes por meio da implantação de uma manta polimérica, onde em alguns trechos foi possível perceber o crescimento de vegetação, porém é possível notar regiões com falhas, onde não houve a formação da cobertura vegetal na superfície do talude, além de trechos onde a manta se rasgou, não resistindo ao local.



Figura 36. Falhas no recobrimento superficial no talude no acesso ao condomínio. Fonte: Autor próprio

Na Figuras 37 a seguir, nota-se também que nessa região do acesso ao condomínio Alphaville, há a formação de processos erosivos mais acentuados, como a presença de uma ravina, ocasionado devido ao fluxo de água da chuva pela superfície que se tem escoado durante um longo período de tempo, ocasionando a formação da mesma.



Figura 37. Detalhes da ravina encontrada no talude do acesso ao condomínio. Fonte: Autor próprio

Em um outro trecho (Figura 38), onde se situa a recepção do condomínio, existem dois taludes situados nas laterais de uma pista que corta estes dois taludes, sendo que um destes taludes está desprotegido de cobertura vegetal, enquanto o outro, houve uma intervenção pelos responsáveis do condomínio, onde foram colocados tapetes de grama natural.



Figura 38. Detalhes dos taludes na recepção do condomínio. Fonte: Autor próprio

3.3 Implantação da biomanta

Foi escolhido um trecho do talude desprovido de cobertura vegetal localizado próximo da recepção do condomínio com uma altura que fosse compatível com as dimensões da

biomanta confeccionada, sendo escolhido um trecho de altura aproximada de 2 metros, conforme a Figura 39.



Figura 39. Talude escolhido para a colocação da biomanta. Fonte: Autor próprio

Os procedimentos a seguir para a colocação da biomanta foram baseados de acordo com o Guia de Instalação de Biomantas Antierosivas, Retentores de Sedimentos e Hidrossemeio, da Deflor Bioengenharia.

3.3.1 Limpeza e regularização do talude

Primeiramente, foi realizada a limpeza superficial da face e por cima do talude com auxílio de uma enxada, pois é importante que a superfície do talude esteja a mais regularizada possível, para que a biomanta possa ficar aderida à superfície. A regularização também tem a função de eliminar alguns sulcos erosivos, preenchimento dos espaços vazios e a ancoragem dos sedimentos soltos. Além disso, as concavidades do terreno também devem ser removidas ou minimizadas, para evitar a formação de novos focos erosivos ou escorregamentos.

3.3.2 Realização do micro-coveamento

Após a regularização da superfície do talude, o passo seguinte foi o micro-coveamento, que é a escavação de pequenas covas próximas das outras e de profundidade suficiente para reter todos os insumos a serem aplicados, como fertilizantes, corretivos, mulch, adesivos e sementes. De acordo com o guia da Deflor, recomenda-se um espaçamento entre covas de 10 cm, com profundidade de 5 cm, conforme a Figura 40.

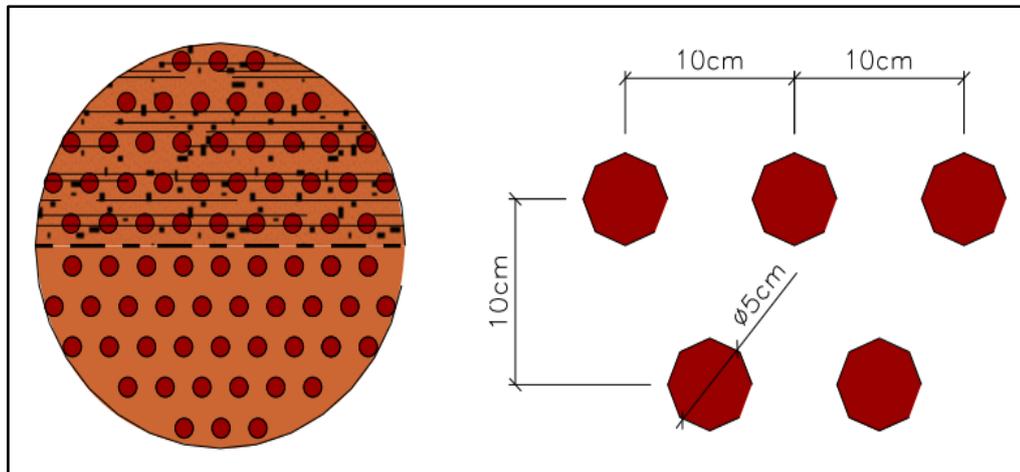


Figura 40. Dimensões da formação das micro-covas. Fonte: Deflor Bioengenharia (2007)

O guia permite a sugestão de criar às covas utilizando uma enxada, porém devido ao solo do talude ser mais rígido, a superfície do talude foi previamente umedecida com água e covas foram feitas com auxílio de uma estaca de metal e uma marreta, conforme podem ser observadas nas Figuras 41 e 42.



Figura 41. Dimensões das micro-covas. Fonte: Autor próprio



Figura 42. Detalhamento das micro-covas no talude. Fonte: Autor próprio

3.3.3 Preparação dos insumos e aplicação

Para a preparação dos insumos, foram utilizados sementes de grama bermuda (*Cynodon dactylon*), para compor a vegetação superficial no talude, terra vegetal (mistura de matéria orgânica, cobertura vegetal seca e terra) e adubo NPK 10-10-10. As quantidades de cada componente foram determinados abaixo:

- Grama bermuda: De acordo com Lauretti (2003), a quantidade a ser aplicada de grama bermuda (Figura 40) é da ordem mínima de 800g por 100m², o que dá uma quantidade de 8g/m². Dessa forma, foi considerado como área superficial a altura do talude, sendo 2 metros e a largura da biomanta, de 1,5 metros. Assim, foi calculado a superfície em 3m², dando um total de 24g sementes de grama bermuda utilizados.



Figura 43. Sementes de grama bermuda (*Cynodon dactylon*). Fonte: Autor próprio

- Terra vegetal: É uma mistura de matéria orgânica, cobertura vegetal seca e terra, obtidas em floriculturas como um composto completo para adubação de plantas (Figura 44). Foi utilizado 1 saco completo que contém 7 Kg de composto.



Figura 44. Terra vegetal. Fonte: Autor próprio

- Adubo NPK 10-10-10: De acordo com Paniago (2020), NPK é a sigla utilizada para representar os principais macronutrientes essenciais para as plantas, sendo o Nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K). Estes elementos são responsáveis pelas funções vitais da vegetação. Já a numeração 10-10-10, significa que a proporção de cada um dos nutrientes é basicamente a mesma. Assim, o adubo NPK 10-10-10 (Figura 45) é indicado para plantas já formadas, podendo ser aplicado em gramíneas, flores, folhagens, frutíferas e hortaliças.



Figura 45. Adubo NPK 10-10-10. Fonte: Autor próprio

O guia da Deflor Bioengenharia recomenda uma quantidade mínima de adubo NPK de 500 Kg/ha ou 50g/m². Assim, para uma área de 3m² foram utilizados 150 g de adubo NPK 10-10-10.

Após a determinação da quantidade de cada componente para o insumo, em seguida estes foram misturados por meio de um recipiente juntamente com água até atingir uma consistência em forma de barro. Na Figura 46, o adubo NPK foi macerado previamente com o uso de uma marreta de forma a permitir uma melhor homogeneização com a terra vegetal. Em seguida, foi acrescentada a água e as sementes de grama bermuda, onde foram misturados manualmente com auxílio de uma pá.



Figura 46. Preparação dos insumos. Fonte: Autor próprio

Devido à falta de um equipamento para realizar o jateamento do insumo por meio da hidrossemeadura, a colocação dos insumos foi realizada de forma manual com auxílio de uma pá, preenchendo assim as covas realizadas na etapa anterior, conforme pode ser visto na Figura 47.



Figura 47. Aplicação dos insumos. Fonte: Autor próprio

3.3.4 Ancoragem superior da biomanta

Em seguida inicia-se o processo de fixação da biomanta por meio da ancoragem no topo do talude. Primeiramente, cava-se uma valeta com 10 cm de largura, 10 cm de profundidade e um comprimento 1,5m, que corresponde à dimensão da manta, conforme pode ser visto nas Figura 48.



Figura 48. Escavação da valeta no topo do talude. Fonte: Autor próprio

Em seguida é realizado o grampeamento da biomanta no fundo da valeta por meio de grampos de ferro e fixados por meio de uma marreta. Após o grampeamento, o solo escavado é reutilizado, enterrando-se a valeta, sendo compactado o solo manualmente. É importante ressaltar que deve-se deixar uma parte excedente da biomanta o suficiente para se realizar o envelopamento, cobrindo a valeta, e fixado por grampos, como pode ser visto nas Figuras 49 e 50.

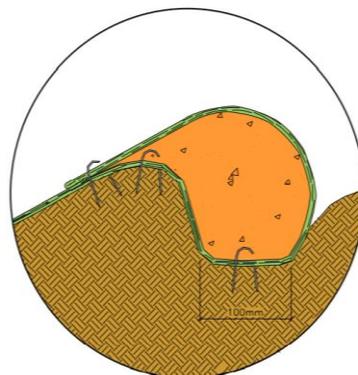


Figura 49. Esquema de ancoragem da biomanta. Fonte: Deflor Bioengenharia (2007)



Figura 50. Fixação da valeta por meio dos grampos. Fonte: Autor próprio

Esta fixação no topo do talude é importante, pois evita que haja o transporte de sedimentos do topo do talude por baixo da manta, além de carregar os insumos aplicados nas covas. Por fim, após o envelopamento, a bobina foi desenrolada do topo do talude, no sentido da declividade do talude (Figura 51).



Figura 51. Ancoragem superior concluída e manta desenrolada. Fonte: Autor próprio

3.3.5 Fixação da biomanta

Uma boa fixação da biomanta é fundamental para um bom desempenho do trabalho. De acordo com o guia da Deflor Bioengenharia, sua fixação pode ser aplicada com grampos de aço, madeira ou bambu, de tamanhos e formas variadas, de acordo com as necessidades e materiais disponíveis. É importante ressaltar que uma fixação inadequada da biomanta pode gerar dificuldades para que a vegetação a ultrapasse, o que poderá gerar focos erosivos no local de má aderência, devido ao escoamento livre da água na superfície do talude, sem contato com a biomanta.

Neste sentido, como o objeto de estudo se trata de um talude de corte, foi escolhido para a fixação da manta, os grampos de aço de 12cm, baseado nas especificações do guia da Deflor Bioengenharia, conforme as Figuras 52 e 53.

Grampos	Tipo	Comprimento dos Grampos (cm) e Uso em Taludes (corte / aterro)					
		7,5	10,0	12,0	15,0	20,0	30,0
Aço		Corte	Corte	Corte	Aterro	Aterro	-
Bambu		-	-	Corte	Corte	Aterro	Aterro
Madeira		-	-	-	Aterro	Aterro	Aterro

Figura 52. Especificações dos grampos para fixação. Fonte: Deflor Bioengenharia (2007)



Figura 53. Grampos de aço escolhido para a fixação. Fonte: Autor próprio

Após a determinação do tipo de grampo a ser utilizado para a fixação da manta, o passo seguinte foi de estimar a quantidade necessária de grampos para poder fixar às mantas, bem como seu espaçamento. Seguindo de acordo com o guia, este recomenda para taludes com

inclinação (H:V) superiores a 1:2, sejam utilizados 5 grampos a cada metro quadrado, como pode ser observado na Figura 54.

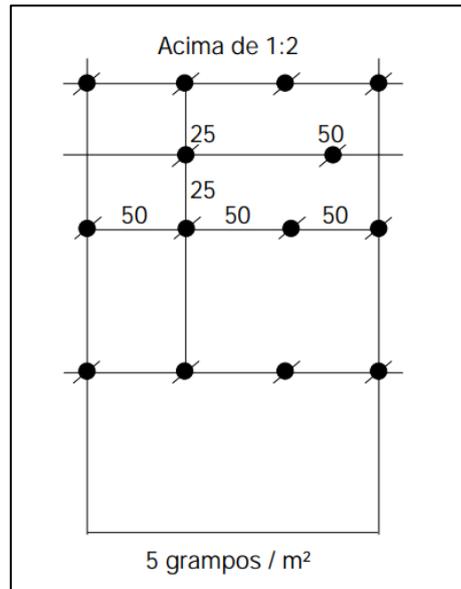


Figura 54. Quantidade de grampos necessários para a fixação. Fonte: Deflor Bioengenharia (2007)

Assim, como a área superficial em estudo é de 3m², dessa forma foram utilizados 15 grampos para a fixação na superfície do talude. A Figura 55 mostra o processo de fixação da manta.



Figura 55. Fixação da biomanta na superfície do talude. Fonte: Autor próprio

3.3.6 Ancoragem inferior da biomanta

Por fim, a última etapa é a ancoragem inferior da biomanta, seguindo os procedimentos semelhante à ancoragem superior, cavando-se uma valeta, porém de profundidade menor, para não acelerar uma possível erosão na superfície do talude, pois esta ancoragem inferior tem a função de evitar o carregamento dos sedimentos e insumos, devido à presença da água. A Figura 56 indica o esquema de ancoragem inferior.

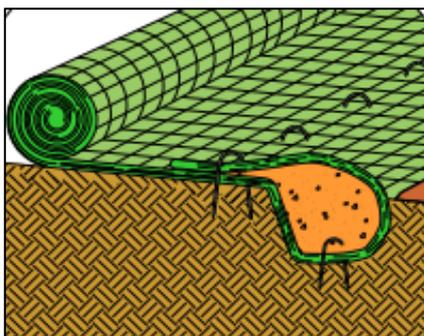


Figura 56. Fixação da biomanta na superfície do talude. Fonte: Deflor Bioengenharia (2007)

Após todos os procedimentos, a biomanta foi devidamente instalada no talude, como pode-se observar na Figura 57.



Figura 57. Biomanta instalada no talude. Fonte: Autor próprio

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Desempenho da grama bermuda

A biomanta foi instalada no dia 17 de Fevereiro de 2021, passados 14 dias, no dia 3 de março, foi possível perceber o aparecimento dos primeiros brotos da grama bermuda, conforme pode ser visto na Figura 58. Ressalta-se que a biomanta era regada a cada 3 dias para promover umidade suficiente para a germinação das sementes.



Figura 58. Aparecimento das gramíneas. Fonte: Autor próprio

Um mês após a implantação da biomanta e do semeio da grama bermuda, no dia 17 de março de 2021, houve um sutil desenvolvimento da grama bermuda, conforme a Figura 59 abaixo. Porém seu desenvolvimento tem-se dado de maneira lenta e em alguns pontos da manta.



Figura 59. Crescimento da grama bermuda. Fonte: Autor próprio

Tem-se notado o desenvolvimento de outras espécies de vegetação que foram compondo a cobertura da manta. Isso pode ser explicado devido às boas condições de temperatura, umidade e nutrientes essenciais (NPK), fornecido pelos insumos, como pode ser observado na Figura 60. Ressalta-se que a biomanta também cumpre um papel essencial de retenção de água e umidade.



Figura 60. Desenvolvimento da vegetação sobre a biomanta 1 mês depois. Fonte: Autor próprio

Buscando compreender o lento desenvolvimento da grama bermuda, foi consultado algumas bibliografias sobre suas condições de crescimento. Neste sentido, segundo Lauretti (2003), a bermuda é uma grama perene adaptada em regiões de clima tropical quente e úmido, nas regiões subtropicais e semiáridas do mundo. Quanto à sua tolerância, apresenta ótima resistência ao calor e a seca, porém, o que chamou atenção é que esta espécie possui baixa tolerância ao frio e ao sombreamento.

Este fato pode explicar o seu baixo desenvolvimento, pois a manta apesar de promover condições de umidade e temperatura adequadas, a mesma gera um sombreamento sobre as gramas, que tentam emergir do solo para biomanta, tornando seu desenvolvimento um pouco mais lento que o normal.

Isso não significa que a grama bermuda não seja utilizada para o controle da erosão, pois a mesma pode ser aplicada em outras formas, aplicando-se diretamente sobre o talude, sem a presença da biomanta, por meio de técnicas adequadas que permitem sua fixação sobre a superfície.

Assim, passados 2 meses após a implantação da biomanta, no dia 19 de Abril de 2021, observou-se um notável aparecimento de vegetação sobre a manta, havendo também um maior crescimento da grama bermuda, plantado anteriormente, conforme pode-se observar na Figura 61.



Figura 61. Desenvolvimento da vegetação sobre a biomanta 2 meses depois. Fonte: Autor próprio

Do segundo para o terceiro mês, foi possível perceber uma notável evolução da grama bermuda, que se desenvolveu mais rapidamente do que os dois primeiros meses, se situando mais ao meio da biomanta, enquanto outras espécies de vegetação foram se desenvolvendo nas extremidades da manta, conforme é possível observar na Figura 62.



Figura 62. Desenvolvimento da vegetação sobre a biomanta 3 meses depois. Fonte: Autor próprio

Pode-se explicar uma maior evolução da grama bermuda com a sua boa tolerância ao sol, o que possivelmente permitiu um crescimento mais rápido a partir do segundo mês. A Figura 63 detalha o crescimento da grama bermuda sobre a biomanta, formando uma boa cobertura ao talude em algumas regiões.



Figura 63. Detalhe da grama bermuda sobre a biomanta. Fonte: Autor próprio

Finalmente, após 4 meses de implantação da biomanta, notou-se um maior preenchimento da grama bermuda e de espécies vegetais nativas, nas extremidades da manta,

ainda que alguns pontos ficaram desprovidos de cobertura vegetal, conforme pode ser visto na Figura 64.



Figura 64. Desenvolvimento da vegetação sobre a biomanta 4 meses depois. Fonte: Autor próprio

4.3 Desempenho da biomanta

Durante todo o período de 4 meses, observados desde a instalação até o último registro, a biomanta não houve perda da sua integridade visual e as fibras de coco se mostraram fortemente aderidas entre si durante toda a sua observação.

Diante das possíveis adversidades pela presença de água, verificando como a manta se comportaria devido ao material ligante ser solúvel em água, foi observado que a cola branca industrial de base PVA se mostrou uma solução eficaz para a confecção da biomanta, pois a mesma não se dissolveu na presença de umidade, bem como em períodos chuvosos que aconteceram durante o trabalho, além de ter sido regado regularmente.

Notou-se que entre o terceiro e o quarto mês, a manta teve perda da sua coloração, passando a ficar mais opaca, perdendo também seu brilho, isso pode ter acontecido devido à sua biodegradação natural, pela presença constante de fatores externos como exposição ao sol e mudanças de temperatura, como também pelo contato com a água.

4.4 Solução para os taludes em frente a BR no acesso ao condomínio

Observando os taludes, na Figura 65, onde se encontra o letreiro do condomínio Alphaville, percebeu-se com mais detalhes, os rompimentos de uma tela de geossintético que foi utilizado como solução de engenharia para controle de erosão.

Não foi possível saber se foram colocadas algum tipo de vegetação em conjunto com esta tela, porém, por meio de análise visual foliar, baseando-se nas espécies de Pereira (2006), a vegetação predominante que se desenvolveu nestes taludes corresponde às espécies do gênero *Brachiaria*, muito semelhante ao capim agulha (*Brachiaria humidicola*), como foi descrito em tópico anterior.



Figura 65. Detalhes da tela utilizada como solução para os taludes. Fonte: Autor próprio

Estas telas normalmente possuem uma degradação programável para serem decompostas durante um certo período de tempo, até a vegetação poder ser estabelecida, porém, como foi possível observar, neste caso não foi bem sucedido em determinados trechos.

Comprovando a integridade da biomanta confeccionada neste trabalho, diante deste problema, como solução de bioengenharia, pode ser possível a intervenção destes taludes, substituindo estas telas pelas biomantas de fibras de coco, que demonstrou ter uma considerável integridade física, combinado com as técnicas descritas para a sua instalação e com a seleção

de uma espécie apropriada como a grama São Carlos, por exemplo, pode vir a ter um resultado bastante promissor e mais eficaz do que a solução utilizada anteriormente.

Cabe lembrar também, que o uso de equipamentos mais apropriados, como o uso de pulverizadores a jato, por exemplo, torna mais rápida a aplicação da hidrossemeadura sobre o talude, além de uma mão de obra qualificada para este tipo de serviço de controle da erosão.

Em um caso hipotético em que fosse possível confeccionar as biomantas de fibras de coco em larga escala para a aplicação neste talude, foram estimadas as medidas da altura e do comprimento para obter a área superficial do talude em questão com auxílio do programa Google Earth.

Neste sentido, foi considerado para trecho do talude em que não houve o desenvolvimento da vegetação, uma altura de 12 metros e um comprimento aproximado de 200 metros, dando uma superfície de 2400 m² (Figura 66).



Figura 66. Medidas estimadas do talude do acesso ao condomínio. Fonte: Autor próprio

Com estas medidas, foi possível estimar a quantidade de cocos que poderiam ser reciclados para a fabricação das biomantas de fibras de coco. Considerando como base que para a biomanta confeccionada neste trabalho foram utilizados 30 cocos para criar uma manta de 3m² de superfície, logo, para cobrir a região do talude onde não houve o crescimento de vegetação (2400 m²), seriam necessários aproximadamente 24.000 cocos.

Este expressivo número a princípio aparenta ser difícil de se obter como matéria-prima, porém como apresentado antes por Santos et. al (2016), este número de cocos é

aproximadamente a quantidade consumida por semana na cidade de João Pessoa (26.022 cocos).

Diante disso, cabe ressaltar a grande importância ambiental de se reaproveitar o coco verde como matéria-prima para a fabricação de biomantas, além da sua relevância social, pois pode gerar uma fonte de renda local para a criação de possíveis associações de coleta de coco e confecção de mantas, juntamente com o incentivo dos órgãos administrativos.

4.5 Solução para o processo de ravinamento no acesso ao condomínio

Para o processo de ravinamento descrito em tópico anterior, como solução de bioengenharia, sugere-se a implantação de retentores de sedimentos, como os bermalongas, que tem a função de impedir o carregamento dos sedimentos vindos a montante do talude.

Dessa forma, como mencionado por Couto et. al (2010), a deposição de sedimentos nestas estruturas de retenção tende a diminuir a declividade do processo erosivo linear, proporcionando uma geometria final do talude mais estável que a original. Portanto, esta geometria se torna mais suavizada, aumentando o fator de segurança nos maciços onde esses processos erosivos tenham se instalado.

Couto et al (2010) cita que os retentores devem ser usados em locais de menor declividade e baixo fluxo de sedimentos, instalados sempre no sentido transversal à declividade do talude, conforme ilustra a Figura 67.



Figura 67. Retentores de sedimentos colocados no sentido transversal. Fonte: Couto et. al (2010)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permitiu abranger um maior conhecimento sobre a importância das técnicas de Bioengenharia de Solos que vem sendo utilizadas como solução alternativa no controle da erosão em taludes, em relação às técnicas tradicionais já aplicadas.

Foram apresentadas suas inúmeras vantagens como por exemplo, o menor uso de maquinários e uma mão-de-obra mais simplificada, custo final de obra relativamente menor, oferecimento de maior retorno social, o uso de materiais naturais e locais, execução em locais de difícil acesso e principalmente com foco na sustentabilidade, gerando o menor impacto ambiental possível, não afetando a fauna e flora local.

O trabalho também teve a intenção de trazer uma maior conscientização ambiental, ressaltando sobre a como a reutilização das cascas de coco podem se tornar uma das soluções para diminuir a quantidade de resíduos sólidos gerados pelas cidades, podendo aumentar o tempo de vida útil dos aterros sanitários, principalmente na cidade de João Pessoa, onde há um grande consumo.

Baseados nesta problemática, o principal tópico do trabalho foi de viabilizar a confecção de uma biomanta de fibras de coco, indicando os procedimentos utilizados para sua fabricação, a fim de avaliar seu desempenho em um talude próximo ao Condomínio Alphaville em Bayeux/PB, apresentando os métodos que foram utilizados para sua instalação.

Através da observação da integridade da biomanta confeccionada, foi possível concluir que a mesma pode se tornar uma alternativa viável para a sua aplicação em larga escala, como foi apresentado nos taludes situados próximos à BR, na via que dá acesso ao condomínio. Combinado com as técnicas mais adequadas, equipamentos e de uma equipe mais treinada para a aplicação da biomanta, além da escolha de insumos apropriados e de espécies vegetais como a grama São Carlos, por exemplo, pode vir a ser uma solução eficaz de Bioengenharia de Solos para os taludes do condomínio.

Diante do exposto, após os resultados observados, o presente trabalho sugere incentivar a reutilização dos resíduos da casca na fabricação de biomantas caseiras de fibras de coco, para conter os processos de erosão superficial dos taludes situados na Grande João Pessoa. Tal sugestão pode ter um potencial futuro para trazer vários benefícios, seja na área ambiental, pela proteção de encostas e minimização de resíduos, como também econômico e social, pela geração de fonte de renda para pequenas comunidades e criação de associações de coletas de coco e confecção de biomantas.

6. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho permitiu abrir um leque de sugestões baseadas na área da Bioengenharia de Solos e com foco na sustentabilidade e reciclagem, visando também o lado ambiental e social, além do próprio aperfeiçoamento da biomanta confeccionada nesta monografia. Tais propostas estão sugeridas abaixo:

- Aperfeiçoamento da biomanta: seria interessante a realização de ensaios mais experimentais como de permeabilidade e tração a partir da biomanta confeccionada, usando várias combinações de gramaturas das fibras, espessura, comprimento das fibras e proporções variadas de água e cola PVA industrial, como solução colante a ser aplicada, ou até mesmo a criação de uma outra resina, a fim de se chegar a um ótimo desempenho da biomanta para comparação e aplicação futura em larga escala.
- Obtenção de um equipamento caseiro para aplicação da hidrossemeadura e aperfeiçoamento do insumo: no trabalho apresentado, a técnica de semeio das gramas foram utilizadas de forma manual por meio de uma pá, seria interessante a confecção de um tipo de borrifador manual ou automático, que fosse possível a aplicação do insumo sem que houvesse falhas durante sua aplicação, como eventuais entupimentos, além de uma melhor proporção de água adicionada na mistura de sementes, fertilizantes e solo que compõem o insumo a ser aplicado.
- Desenvolvimento de uma bermalonga caseira de fibras de coco: seguindo a mesma linha da biomanta confeccionada neste trabalho, a confecção de um retentor de sedimentos caseiros visa aumentar o leque de possibilidades da reutilização das cascas de coco na cidade de João Pessoa, além de ser mais uma técnica de Bioengenharia de Solos que tem sido relevante no combate aos processos de erosão em taludes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFFONSO, Carlos Henrique A; FREITAS, Luiz Gustavo Bento de. **Implantação e Manejo de Gramíneas em Estradas e Rodovias**. I SIGRA – Simpósio Sobre Gramados – “Produção, Implantação e Manutenção”. Unesp – Faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu. São Paulo. 2003.

AHRENDT, Adriana. **Movimentos de Massa Gravitacionais – Proposta de um Sistema de Previsão: Aplicação na Área de Campos do Jordão – SP**. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos. 2005.

ANTONIOLLI, Daniela. **Manual Para a Aquisição, Instalação e Manutenção de Gramas – Rodovias e Áreas de Segurança**. Associação Nacional Grama Legal. Piracicaba. São Paulo. 2021.

BARBOSA, Richard Antony. et al. **Produção de Manta de Contenção a Partir de Fibra de Coco Verde**. XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba. 2006a.

BARBOSA, Richard Antony. et al. **Extração de Fibras de Coco para Aplicação em Materiais de Engenharia**. XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba. 2006b.

BRANCO, Pércio de Moraes. **O Intemperismo e a Erosão**. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/CPRM-Divulga/O-Intemperismo-e-a-Erosao-1313.html>>. Acesso em 5 de Maio de 2021.

BRASIL, Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília. 2007.

BRSEEDS. **Grama São Carlos – Carpetgrass (*Axonopus Affins CV Carpet*)**. Araçatuba. São Paulo. 2011.

CARRIJO, Osmar Alves. et al. **Fibra da Casca do Coco Verde como Substrato Agrícola**. Horticultura Brasileira. Brasília. 2002.

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Movimento de Massa**. Disponível em: <<http://www2.cemaden.gov.br/deslizamentos/>>. Acesso em 20 de Abril de 2021.

COUTO, Laércio. et al. **Técnicas de Bioengenharia para Revegetação de Taludes no Brasil**. Centro Brasileiro para Conservação da Natureza e Desenvolvimento Sustentável. Boletim Técnico CBCN N° 001. Viçosa. Minas Gerais. 2010.

DEFLOR BIOENGENHARIA. **Guia de Instalação de Biomantas Antierosivas, Retentores de Sedimentos e Hidrossemeio**. Belo Horizonte. Minas Gerais. 2007.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A Cultura do Coco**. Coleção Plantar. Série Vermelha – Fruteiras. Brasília. Distrito Federal. 2006.

LAURETTI, Renato Luis. **Implantação de Gramados por Sementes**. I SIGRA – Simpósio Sobre Gramados – “Produção, Implantação e Manutenção”. Unesp – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. São Paulo. 2003.

MEDEIROS, Kellen Poliana Mendes de. et al. **Estudo de Caso e Alternativas para Falha na Revegetação de Taludes por Hidrossemeadura na Mina do Andrade (MG)**. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte. Minas Gerais. 2014.

NEIS, Pablo; SILVA, Rafael Leonardo Mendes. **Estabilização de Taludes em Obras Civis**. Universidade do Sul de Santa Catarina. Palhoça. Santa Catarina. 2018.

OLIVEIRA, Juliana Neves de; VALLE, Michelle Ferreira do. **Conceito e Avaliação da Dinâmica de um Movimento de Massa no Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora – MG**. Universidade Federal de Juiz de Fora. 2008.

PANIAGO, Bruno. **NPK 10x10x10: Qual a Importância e Como Usar esse Fertilizante**. Agointeli. 2020.

PASSOS, Dianara Duarte. **Alternativas de Baixo Custo para Estabilização de Taludes em Áreas de Risco e Estudo de Caso na Comunidade do Roger, em João Pessoa - PB.** Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. 2018.

PEREIRA, Aloisio Rodrigues. **Como Selecionar Plantas para Áreas Degradadas e Controle de Erosão.** Belo Horizonte. 2006.

PEREIRA NETO, Aluizio de França. **Bioengenharia no Controle de Processos Erosivos de Áreas de Hidrelétricas – o Caso da PCH Costa Rica (MS).** Universidade Estadual Paulista Faculdade de Engenharia. Guaratinguetá. 2012.

PINTO, Gabriela Martins. **Bioengenharia de Solos na Estabilização de Taludes: Comparação com uma Solução Tradicional.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2009.

PINTO, Roberto Carlos. et al. **Classificação dos Movimentos de Massa Ocorridos em Março de 2011 na Serra da Prata, Estado do Paraná.** Geoinfó: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia. Maringá. 2012.

ROSA, Morsyleide de Freitas. et al. **Caracterização do Pó da Casca de Coco Verde Usado como Substrato Agrícola.** Comunicado Técnico. Embrapa Agroindústria Tropical. Fortaleza. Ceará. 2001.

SANTOS, Sharline Florentino de Melo. et al. **Levantamento de Dados da Geração de Resíduos de Coco Verde na Cidade de João Pessoa.** Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências. Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande. 2016.

SILVA, Juliana Cristina Gonçalves da Silva; FILHO, João Alexandre Paschoalin. **Estudo Comparativo entre Técnicas de Proteção Superficial de Taludes Situados na Rodovia SP-563: Biomanta, Hidrossemeadura e Grama em Placa.** VII SINGEP. Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade. São Paulo. 2018.

VERDUM, Roberto. et al. **Métodos e Técnicas para Controle da Erosão e Conservação do Solo.** Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2016.