

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

Análise da Erodibilidade Por Escoamento Superficial em Taludes Com o Uso de Biomanta de Juta e Epicarpo de Coco Babaçu Como Camada de Proteção

Camila Monteiro Luizaga

Aluna do curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC), Araguaína, Brasil, camilaluizaga1@gmail.com

Hemily Cantanhede Santana

Aluna do curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC), Araguaína, Brasil, hemilycantanhede@outlook.com

Indira Queiroz Macambira Bezerra

Professora do curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC), Araguaína, Brasil, indiraqmb@gmail.com

RESUMO: As cidades aumentaram de maneira desordenada, trazendo consigo inúmeros impactos ambientais, como o esgotamento de recursos naturais, poluição e desmatamento. O descobrimento do solo em encostas por sua vez repercute diretamente com a erosão e desestabilização do talude em questão. Uma vez perdida a estabilidade a ocorrência de deslizamento de solo na declividade do talude é algo esperado. Esse carregamento de solo pode causar grandes impactos, a depender de onde o talude está situado. A fim de evitar que haja esta desestabilização, este trabalho propõe uma comparação da erodibilidade superficial do talude com e sem a biomanta feita com epicarpo do coco babaçu e juta. Esse confronto foi realizado através de ensaio denominado Inderbitzen. Desse modo conclui-se que dentro das condições analisadas a biomanta se mostrou eficiente quanto a contenção da movimentação de terra, esta capacidade permite a sugestão de seu uso para controlar os processos erosivos que poderão vir acontecer.

PALAVRAS-CHAVE: Erosão, Geomanta. Solo, Encostas.

ABSTRACT: The cities grew in a disorderly way, bringing with them countless environmental impacts, such as the depletion of natural resources, pollution and deforestation. The discovery of the soil on slopes, in turn, directly affects the erosion and destabilization of the slope in question. Once stability is lost, the occurrence of landslides on the slope of the slope is expected. This soil loading can cause major impacts, depending on where the slope is located. In order to avoid this destabilization, this work proposes a comparison of the slope superficial erodibility with and without the bio-blanket made with babassu coconut epicarp and jute. This confrontation was carried out through a test called Inderbitzen. Thus, it is concluded that, under the conditions analyzed, the bio-blanket proved to be efficient when containing earth movement, this capacity allows the suggestion of its use to control the erosion processes that may occur.

KEYWORDS: Erosion, Geomant, Slopes, Soil.

1 Introdução

Desde a Revolução Industrial o mundo passou por avanços tecnológicos significativos e uma consequência da globalização é a grande concentração de pessoas no meio urbano, além de obras de infraestrutura rodoviária. O crescimento desordenado das cidades, canalização de rios para que as mesmas pudessem expandir, o grande consumo de materiais não biodegradáveis e não reutilizáveis, causam o aquecimento global e a poluição ambiental. Carvalho e Melo (2006) destacam que a ocupação e o uso do solo desordenado e sem planejamento no meio urbano são um dos principais motivos de surgimento de erosões de grande porte.



Além disso, atualmente tem-se buscado a substituição de produtos que são ecologicamente incorretos. Um exemplo são as fibras naturais que possuem grande potencial para substituir alguns derivados petroquímicos, fazendo com que haja uma redução de produção de resíduos ao ecossistema mostrando resultado satisfatório quanto às suas propriedades (Corrêa, 2009).

Os taludes sofrem movimentação por agentes internos e externos como: chuva e variação de umidade, o que acarreta em riscos de deslizamento, buscando estabilizar esse material, observou-se a necessidade de inovar, de forma sustentável, para mantê-lo inerte.

Os geossintéticos já são bastante utilizados em obras de terra e infraestrutura, reservatórios, barragens, e estruturas de contenção. Pode-se empregar os geossintéticos na substituição por materiais ecológicos, formando então as mantas para sustentação de taludes, que quando feitas a partir de materiais sustentáveis passam a se chamar biomanta e são utilizadas como uma barreira que evita adversidades como a instabilidade dos taludes em que estão aplicadas.

Este trabalho tem como objetivo a análise erodibilidade por escoamento superficial, pelo Método de Inderbitzen, a partir da aplicação de biomanta confeccionada em tecido de juta e fibra de coco babaçu, quando comparada à superfícies sem proteção.

2 Referência Bibliográfica

2.1 Erodibilidade de Talude

Para Silva (2012) a instabilidade de taludes pode ser de origem natural ou causada pelo homem. Quando de origem natural, existem três mecanismos (podendo ser isolados ou combinados) que provocam essa instabilidade, são eles: água, característica geomorfológicas e atividade sísmica. Já para causas antrópicas é possível analisar que a população está em constante expansão, quando ocorre esse aumento há a transformação e perturbação dos padrões de estabilização das encostas ou até mesmo da drenagem também havendo remoção da camada vegetal.

Para Carvalho et al. (2006) a erodibilidade é tida como a resistência do solo ao processo erosivo, abrangendo mais do que suas características intrínsecas, fatores tangentes como ciclo de umedecimento e secagem, e composição da água presente.

Para Correchel (2003), solos argilosos, pela ação da coesão, são mais resistentes à erosão, isto é confirmado por Menezes & Pejon (2010), onde afirmam que a erodibilidade depende do tipo de solo, sabendo que é corriqueiro que materiais com a granulometria mais fina sejam menos erodíveis. Já para Almeida (2013) o solo com maior erodibilidade são aqueles onde as amostras estavam saturadas.

2.2 Biomanta

Na NBR ISO 10318-1:2018 consta que geossintéticos (GSY) é o termo genérico que descreve um produto em que ao menos um de seus componentes é produzido a partir de um polímero sintético ou natural, sob a forma de manta, tira ou estrutura tridimensional, utilizado em contato com o solo ou outros materiais, em aplicações da engenharia geotécnica e civil.

Melo (2016) explica que os geotêxteis são, usualmente, empregados em obras de geotecnia para proteger superficialmente os taludes e canais, tendo uma ação de barreira protegendo o solo de ações erosivas decorridas de vento ou de água e diminuindo a velocidade da água que está escoando superficialmente pelo solo evitando que haja movimentação de material.

Melo (2020) pontua a biomanta como uma alternativa para controle de erosões e podem ser usadas em situações onde se devem estabilizar os taludes. Além disso, Mariano (2015) fala acerca da proteção instantânea da biomanta permitindo uma estabilidade quando somadas a vegetação (revegetação), isto reforça e entrelaça o fator vegetação-solo, criando assim um sistema onde existe uma fixação das raízes no solo justificando sua aplicação em taludes muito íngremes.

Barrela (2007) verificou que a biomanta, quando constituída por fibra de coco, é favorável para o controle de erosões que acontecem na direção vertical. Com a junção da rede de fibras de coco com a vegetação, a erosão do solo foi diminuída, sendo a perda anual era de cerca de 95% menor que a perda anual



do solo desprotegido. Além de diminuir os processos erosivos, após a aplicação da biomanta também houve aumento de matéria orgânica, teor de água e crescimento da vegetação.

2.4 Juta

A juta (*Corchorus capsularis*), é cultivada na região norte do Brasil, e a partir dela obtém-se uma fibra de alta resistência, que quando misturada a polímeros, pode dar origem a produtos com menor densidade, podendo apresentar grandes aplicações (Neto et al, 2007).

Segundo a Organização das Nações Unidas (FAO, 2009) para a alimentação e agricultura a juta é umas das fibras naturais com maior diversidade na sua aplicação final, sendo que a mesma pode ser isolante, antiestática, com baixa condutividade térmica e com uma moderada retenção de umidade.

Segundo ABRAFAS (2016) nos anos de 1970 até o ano de 2018 o consumo médio industrial de juta e filamento foi de aproximadamente 45.000 toneladas por ano. O seu ciclo de plantio dura aproximadamente seis meses, onde combina com os períodos em que os rios estão secos e cheios. Geralmente seu plantio se dá nos meses de agosto a janeiro, podendo variar de acordo com o clima.

2.5 Babaçu

Segundo o Programa Nacional De Pesquisa, EMBRAPA (1984) o babaçu é considerado o maior recurso oleífero nativo do mundo. De acordo com o Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto e da Folha do Babaçu de Carrazza et al. (2012), muitas espécies de plantas são estudadas no Brasil para inovação tecnológica, visando a sustentabilidade. Vendo que o cerrado brasileiro é uma savana rica em biodiversidade que se estende por quase 2 milhões de km² (equivalente a um quarto do território nacional), a palmeira do coco babaçu é uma das espécies mais representativas do extrativismo vegetal, estando presente em 11 estados brasileiros. Essas características acrescentaram para que houvesse uma estratégia nacional que fortalecesse a cadeia produtiva do coco babaçu.

Ferreira (2005) disserta sobre o tamanho e a composição média do babaçu (% em peso), são elas: epicarpo com 12,6% possui uma camada externa rija e fibrosa; mesocarpo com 20,4% está uma camada abaixo do epicarpo (com 0,5 a 1,0 cm) rico em amido; endocarpo por sua vez conta com 58,4% e é a camada mais resistente (com 2 cm a 3 cm de espessura); por fim as amêndoas com 8,7% e sua quantidade média é de 3 a 4 por coco (medindo 2,5 a 6cm de comprimento e 1 a 2 cm de largura).

3 Materiais e Métodos

3.1 Materiais

O solo utilizado para a realização dos ensaios foi retirado de um talude de aterro no estacionamento do Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC). Para a retirada da amostra indeformada foi utilizado o molde metálico do aparelho de Inderbtizen.

O epicarpo do coco babaçu foi doado pela indústria Tobasa S.A, com sede em Tocantinópolis-TO. Optou-se pelo uso da fibra *in natura* pois é ideal para confecção de biomantas por ser um aglomerado de fibras. As fibras foram lavadas para retirada de impurezas grudadas, e escolhidas as que possuíam dimensão entre 5 a 10 cm, sendo dissociadas para aumentar sua trabalhabilidade, alcançando espessura de aproximadamente 2,0 mm.

A juta empregada foi em forma de tecido comprada no comércio local na cidade de Araguaína – TO.

O protótipo da biomanta (figura 1) foi confeccionada com uma cama de fibra envolvida pela juta costurada por agulhamento mecanizado, nas dimensões de 10 cm de comprimento e 9,5 cm de largura, idênticas ao molde metálico do aparelho de Inderbtizen.



Figura 1. Biomanta: a) vista interna. b) vista externa

3.2 Metodologia

3.2.1 Massa específica dos Grãos, Tecido de Juta e Epicarpo do Coco Babaçu

A NBR 6458 (2016) foi utilizada para determinação da massa específica dos grãos. Já para o ensaio de massa específica do tecido de juta e fibra do coco babaçu foi realizado segundo a metodologia de Oliveira (2011). As fibras foram ensaiadas em amostras secas de aproximadamente 4,5g e comprimento entre 5 cm e 10 cm. Para a juta utilizou-se amostras com dimensão de 8x8 cm.

Inicialmente as amostras, tanto de fibra como de juta, foram imersas em água destilada por 24h. Em seguida transferidas para um picnômetro, completado com água até a medida de 500 mL, e posteriormente utilizada a chapa aquecedora para retirar o ar presente na água. Finalizando, pesou-se o conjunto picnômetro + fibra + água e picnômetro + juta + água. Posteriormente, o mesmo picnômetro foi preenchido com água e pesado, em seguida pesado vazio.

3.2.3 Granulometria Conjunta

A NBR 7181 (2016) foi utilizada para determinar os diâmetros das partículas existentes no solo, feito a partir do peneiramento grosso e fino, além do ensaio de sedimentação.

3.2.4 Ensaio de Absorção de Água na Juta e Epicarpo do Coco Babaçu

O estudo da absorção de água pela juta e fibra foi realizado de acordo com a norma ASTM D570 – 98. Inicialmente a juta e a fibra foram pesadas secas e em seguida imersas em água pura, à temperatura ambiente. Em intervalos de tempo pré-determinados (5, 30 minutos, 1, 2 e 24 horas) a fibra e juta foram retiradas da água, pesadas e recolocadas em imersão.

3.2.5 Ensaio de Filtração da Biomanta

Para medir a filtração da manta foi utilizado o método idealizado por Hernandez Ortiz (2012) baseado na norma G38087 AFNOR (1983). A realização do ensaio deu-se com a coleta da água filtrada passante pela biomanta em intervalos de 10 segundos no primeiro minuto, a cada 20 segundos no segundo minuto e a cada 30 segundos no terceiro minuto. A partir do quarto minuto de ensaio a leitura foi realizada a cada minuto até completar 20 minutos.

3.2.6 Ensaio de Inderbitzen

Para verificação da erodibilidade superficial do solo desprotegido e protegido por biomanta foi executado o ensaio de Inderbitzen.



A primeira etapa do ensaio equivale a calibração do aparelho de Inderbitzen, definindo a inclinação, a vazão e o tempo a ser ensaiado. Para isso são seguidos os parâmetros idealizados de Fácio (1991), que considerando uma vazão de 50 mL/s, tempo de ensaio de 20 minutos e 10° de declividade.

Após calibrar a vazão e declividade deve-se posicionar a amostra de solo (com e sem biomanta) no molde e acoplá-lo no protótipo. Quando iniciado deve-se recolher o material erodido retido na peneira 200 em recipientes graduados nos intervalos de 1;2,5;5;7,5;10;20;30;40;50 e 60 minutos. Os resultados coletados são demonstrados por intermédio de um gráfico de perda de solo por unidade de área (g/cm^2) por tempo de ensaio (minutos).

4 Resultados e Discussão

A partir dos ensaios realizados em laboratório, foi possível caracterizar o solo quanto a massa específica e granulometria, a massa específica do tecido de juta e o epicarpo do coco babaçu, além da massa específica e absorção de água. Determinou-se a filtração e a erodibilidade do solo em um protótipo de talude, com e sem a proteção da biomanta de juta/epicarpo, verificando a sua eficácia.

Após realização do ensaio, o valor da a massa específica dos grãos do solo utilizado foi de $2,27 \text{ g}/\text{cm}^3$. A juta apresentou massa específica de $0,541 \text{ g}/\text{cm}^3$ e o epicarpo de babaçu obteve massa específica de $1,336 \text{ g}/\text{cm}^3$.

Considerando o resultado de Carvalho e Rodrigues (2017), onde a massa específica do epicarpo de coco babaçu foi de $1,038 \text{ g}/\text{cm}^3$, pode-se afirmar que os valores estão condizentes entre si.

A distribuição granulométrica do solo é apresentada na tabela 1, e foi classificado segundo a NBR 6502 (1995) como uma areia fina siltosa.

Tabela 1. Distribuição granulométrica do solo
 Fonte: Autor, 2021.

Tamanho dos grãos (mm)	(%)
Pedregulho - Acima 2,0 mm	1,15%
Areia Grossa - 2,0 - 0,6 mm	0,25%
Areia Média - 0,6 - 0,2 mm	8,06%
Areia Fina - 0,2 - 0,06 mm	73,38%
Silte - 0,06 - 0,002 mm	11,93%
Argila - Abaixo 0,002 mm	5,24%

A absorção de água na juta e na fibra atendeu ao esperado, ambas tenderam a uma alta absorção inicial e, depois de saturadas, estabilizaram (gráfico 1). Para o tecido de juta a absorção de água, em média, foi de 300% a 400% dentro de 200 minutos, atingindo a absorção máxima de quase 460% a quase 1450 minutos. Já para a fibra de babaçu a absorção média foi de 0,4% até 120 minutos.

Em seguida, a absorção foi praticamente estabilizada, alcançando os valores máximo de 460% e 0,75% para o tecido de juta e para a fibra, respectivamente. Este comportamento segue o padrão também observado por Arantes (2020).

Com isso, a permeabilidade obtida nos ensaios tanto da juta em forma de tecido quanto da fibra do coco babaçu proporcionam que a umidade do solo se mantenha por mais tempo, auxiliando na germinação das sementes.



Gráfico 1. Comparação da absorção de água na fibra de coco babaçu e no tecido de juta.
 Fonte: Autor, 2021.

Os dados do ensaio de filtração estão demonstrados no gráfico 2, sendo possível observar que o volume infiltrado na biomanta passa a ser constante a partir do quinto minuto de ensaio.

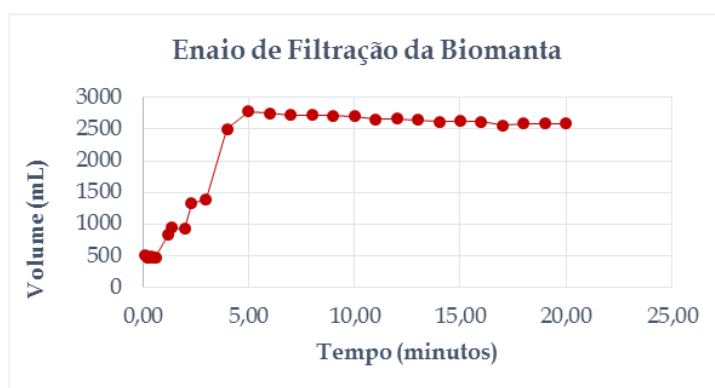


Gráfico 2. Média do Ensaio de Filtração da Biomanta.
 Fonte: Autor, 2021.

De acordo com Bastos (1999), o ensaio de Inderbitzen é sugerido para a avaliação direta da erodibilidade, pela sua simplicidade e eficiência comprovada com base nos solos estudados. Para este estudo foram retiradas amostras indeformadas *in loco* para realização do ensaio com e sem biomanta sobre o solo.

O ensaio de Inderbitzen provou que um talude onde está sendo aplicada a biomanta diminui em aproximadamente 12 vezes a dissociação de partículas de solo em relação a um talude que não está sendo aplicada nenhum tipo de proteção, gráfico 3.

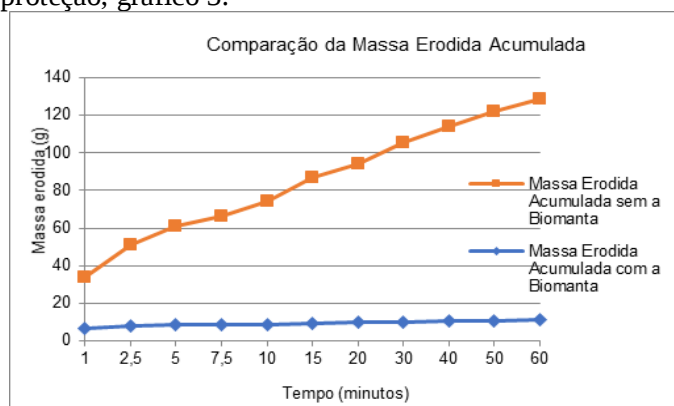


Gráfico 4. Análise da massa erodida com e sem a biomanta
 Fonte: Autor, 2021.



5 Conclusão

Neste projeto foi estudado a estabilidade e erodibilidade de um talude com e sem a utilização da biomanta de tecido de juta e fibra do coco babaçu. A partir dos ensaios realizados pode-se afirmar que houve uma alta taxa de absorção de água na juta favorecendo a concentração de umidade no solo. Para o ensaio de filtração apresentou-se um bom comportamento, tendo que o volume infiltrado na biomanta quintuplica dentro de cinco minutos. Sabendo disso, ambos ensaios supracitados são propícios para o desenvolvimento e crescimento de vegetação no talude em que a biomanta está sendo aplicada.

Sobre a erodibilidade do solo causada pela ação da água verticalmente, a partir do ensaio de Inderbitzen foi confirmado que a utilização da biomanta diminuiu em até 12 vezes os processos erosivos.

Portanto a utilização da biomanta permite que haja a estabilização do solo diminuindo sua movimentação de terra somada ao crescimento de vegetação no talude, pois quando exposta ao fator água ela acaba mantendo a umidade do solo onde está sendo empregada.

Outra vantagem em se utilizar a fibra de coco babaçu e juta em forma de tecido para a confecção da biomanta é a sua facilidade em decomposição no descarte, sabendo que a juta se desfaz em aproximadamente 2 anos. Esse curto período é tempo suficiente para que, com uso da biomanta, a vegetação possa criar raízes mais profundas auxiliando na estabilidade de taludes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAFAS. Associação Brasileira de Produtores de Fibras Artificiais e Sintéticas. BRATAC/LanoBrasil/ABRAFAS/AFIPOL/CONAB/Aliceweb/ComexStat, 2016.
- ALMEIDA, J. G. R. *Erodibilidade de Solos Tropicais não Saturados nos Municípios de Senador Canedo e Bonfinópolis - GO*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, UFG, Goiânia, GO, 2013.
- American Society for Testing and Materials – ASTM. ASTM D570-98 – Standard Test Method for Water Absorption of Plastics. West Conshohocken: ASTM, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 10318-1: Geossintéticos Parte 1: Termos e definições. Rio de Janeiro, p. 3. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6458: Grãos e pedregulhos retidos na peneira de abertura 4,8 mm – Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.
- ARANTES, M. M. *Desenvolvimento e caracterização de compósitos poliméricos à base de EVA e LDPE reciclados com fibras de coco de babaçu - uma contribuição para a sustentabilidade*. 2020, 80 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo.
- BARRELA, C. *Aplicação de Geossintéticos no Controle da Erosão Superficial e Costeira*. Relatório 2006/2007 – NGE, LNEC, Departamento de Geotecnia, Núcleo de Geologia de Engenharia, Lisboa, Portugal, 51p, 2007.
- BASTOS, C. A. B. *Estudo Geotécnico sobre a Erodibilidade de Solos Residuais não Saturados*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, RS, 303p. 1999.
- CARRAZZA, L. R. et al. Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto e da folha do babaçu. Instituto Sociedade, População e Natureza, 2012.
- CARVALHO, M.M.B.; RODRIGUES, N.C.S.R. *Tijolo ecológico de solo cimento incorporado com fibra de coco babaçu*. Trabalho de conclusão de curso. Araguaína, 2017.

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
 IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
 IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
 VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
 XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
 23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
 23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
 COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

- CARVALHO, J.C.; MELO, M. T. da S. *A erosão à luz da legislação ambiental*. In: CARVALHO, J.C.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. (Org.). *Processos erosivos no Centro-Oeste brasileiro*. 1ª ed. Brasília: FINATEC, v 1, 01-37p. 2006.
- CARVALHO, J. C. ; SALES, M.M.; MORTARI, D.; FÁZIO, J. A.; MOTTA, da N. O.; FRANCISCO, R. A. *Processos erosivos*. In: CARVALHO, J.C.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. (Org.). *Processos erosivos no centro-oeste brasileiro*. 1ª ed. Brasília: FINATEC, v 1, 39-88p. 2006.
- CORRÊA, Lásaro Roberto. *Sustentabilidade na construção civil*. Monografia – Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2009.
- CORRECHEL, V. *Avaliação de índices de erodibilidade do solo através da técnica de análise da redistribuição do “fallout” do 137Cs*. Tese de Doutorado, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 79p. 2003.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Babaçu: Programa Nacional de Pesquisa*. Departamento de Orientação e Apoio à Programação de Pesquisa, Brasília, 1984. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/51263/babacu-programa-nacional-de-pesquisa> >. Acesso em: 11 nov. 2021.
- FÁCIO, J. A. *Proposição de uma Metodologia de Estudo da Erodibilidade dos Solos do Distrito Federal*. Dissertação de Mestrado em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, 1991.
- MARIANO, D. P. *Efeito do Coberto Vegetal no Reforço e na Proteção de Taludes*. Dissertação de Mestrado, Engenharia Geológica (Geotecnia), Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 95p. 2015.
- MENEZES, M. B. M. & PEJON, O. J. *Análise da Influência do Teor de Umidade na Absorção D'água e Sucção dos Solos em Estudos de Erodibilidade*. Geociências, UNESP, São Paulo, 29(2): 211-228. 2010.
- MELO, J. F. G. *Utilização de Geossintético no Controle da Erosão*. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 61p. 2016.
- MELO, M. T. da Silva. *Utilização de geossintéticos para controle de erosão superficial hídrica em face de talude*. Tese de Doutorado, G. TD - 161/2020, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia. 2020.
- NETO, J. R. A., CARVALHO, L. H., ARAÚJO, E. M. *Influência da Adição de uma Carga Nanoparticulada no Desempenho de Compósitos Poliuretano/Fibra de Juta*. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 17, nº 1, p. 10-15. 2007.
- OLIVEIRA, A.K.F. *Estudo da viabilidade técnica de utilização do compósito poliuretano de resina de mamona e fibra de ubuçu na fabricação de pisos e revestimentos*. 2011. 251 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos. Departamento de Engenharia de Materiais, Rio de Janeiro: PUC-RIO, 2011.
- Perfiles de 15 de las principales fibras de origen vegetal y animal*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2007. Disponível em: < <https://www.fao.org/natural-fibres-2009/about/15-natural-fibres/es/> >. Acesso em: 05 nov. 2021.
- HERNANDEZ ORTIZ, C. A. *Desempenho de Geotêxteis na Filtração de Suspensões Água - Solo*. 2012. 140f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.
- SILVA, R. A. F. *Aplicação da Engenharia Natural na Estabilização de Taludes*. Universidade da Madeira. Centro de Ciências Exatas e da Engenharia (CCEE). Portugal. Dissertação de Mestrado. 127p. 2012.