



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Redeenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

LUCAS SILVA REGO

**USO DE GEOSINTÉTICOS NO CONTROLE DE EROSÕES SUPERFICIAIS NO
PARQUE CESAMAR EM PALMAS - TO**

Palmas - TO
2017

LUCAS SILVA REGO

**USO DE GEOSSINTÉTICOS NO CONTROLE DE EROSÕES SUPERFICIAIS NO
PARQUE CESAMAR EM PALMAS - TO.**

Projeto de pesquisa apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas, como requisito para elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II.

Orientadora: Prof. Esp. Kenia Parente Lopes e Mendonça.

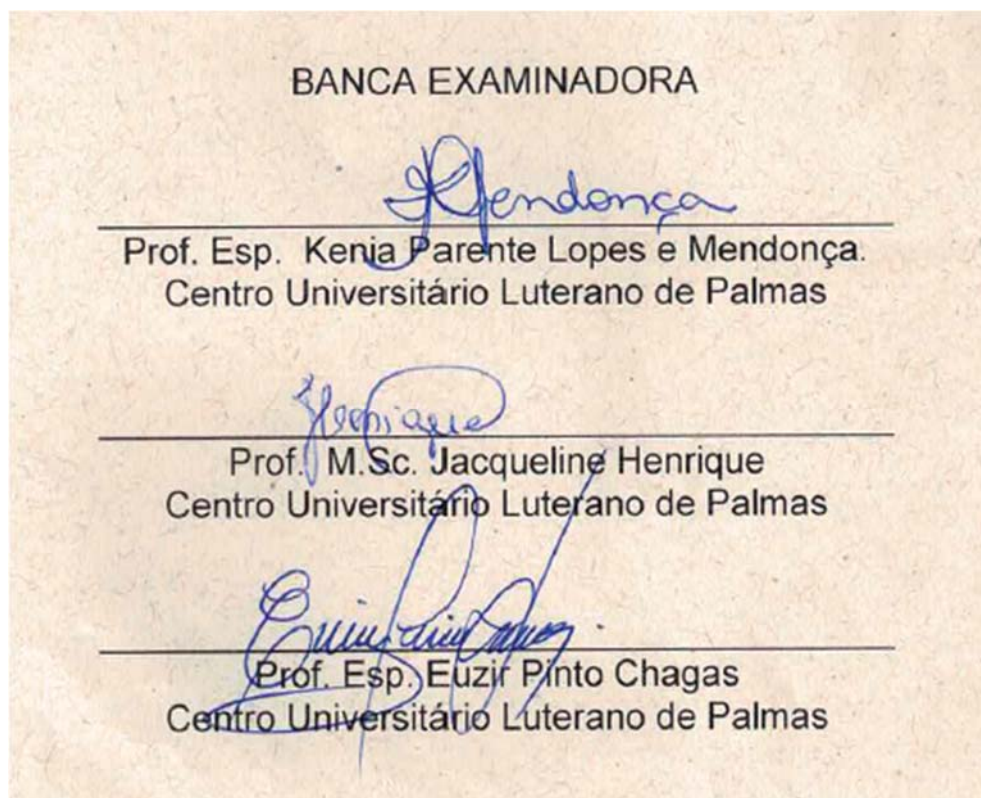
Palmas - TO
2017

LUCAS SILVA REGO

**USO DE GEOSSINTÉTICOS NO CONTROLE DE EROSÕES SUPERFICIAIS NO
PARQUE CESAMAR EM PALMAS – TO.**

Projeto de pesquisa apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas, como requisito para elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II.

Aprovada em 19 de Maio de 2017.



EPÍGRAFE

“O trabalho árduo vence o talento, quando o talento não trabalhou arduamente.”

(Kevin Durant)

AGRADECIMENTO

A este momento dedico a Deus primeiramente, aos meus amados pais, Manoel Rocha Rego e Maria Nilda Silva Rego, pelos inúmeros gestos e sacrifícios para me conceder uma educação digna.

Ao meu irmão Guilherme Silva Rego, pela ajuda incondicional ao longo desses quase 5 anos em Palmas – TO.

Dedico também este momento à minha Avó Ana Rocha Rego, que teve papel fundamental na minha formação como ser humano.

Aos meus amigos da minha amada cidade natal que mesmo de longe me ajudaram a chegar neste momento.

Aos meus colegas de faculdade pela incansável e insaciável busca pelo conhecimento.

À minha namorada Tamires Rodrigues, pela ajuda e paciência nessa reta final de curso.

Agradeço à minha orientadora Prof. Esp. Kenia Parente Lopes e Mendonça, por todo o suporte e contribuição para que pudesse alcançar os resultados deste trabalho.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivos	13
1.1.1	Objetivo Geral.....	13
1.1.2	Objetivos Específicos	13
1.2	Justificativa	14
1.3	Problema	15
1.4	Hipótese	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Erosão	17
2.1.1	Erosão Superficial	17
2.1.2	Erosão Subterrânea (INTERNA OU “PIPING”).....	17
2.1.3	Ravinamento	18
2.2	Geossintéticos	19
2.2.1	Georredes	21
2.2.1.1	Aplicações das Georredes	21
2.2.2	Geogrelhas	22
2.2.2.1	Aplicações das Geogrelhas	23
2.2.3	Geocompostos (Georrede com Geotêxtil não tecido).....	23
2.2.3.1	Aplicações de Geocompostos	24
2.2.4	Geomantas	25
2.2.4.1	Aplicações de Geomantas.....	26
2.2.5	Geogrelha Tridimensional	26
2.2.5.1	Aplicações das Geogrelhas Tridimensionais	27
2.2.6	Geocélulas	27
2.2.6.1	Aplicações de Geocélulas	28
2.2.7	Geotêxteis tecidos em forma de colchões preenchidos com argamassa ...	29
2.2.7.1	Aplicações de Geotêxteis tecidos em forma de colchões preenchidos com argamassa	29
3	METODOLOGIA.....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1	Diagnóstico Geral	34

4.2 Definição de ponto de erodibilidade crítica.....	38
4.2 Definição dos métodos.....	47
4.2.1 Geotêxtil preenchido com argamassa cimentícia.....	48
5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	54
5.1 Conclusão	54
5.2 Sugestão para trabalhos futuros	54
6 REFERÊNCIAS.....	55

RESUMO

REGO, Lucas Silva. **Uso de geossintéticos no controle de erosão superficial no Parque Cesamar – Palmas – TO**. 2017, 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduando) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas – TO, 2017.

O presente trabalho, objetivou realizar uma análise de pontos erodíveis no Parque Cesamar, onde foi escolhido o local crítico a ser estudado. Para cessar o processo de erodibilidade propôs-se o uso de geossintéticos, tecnologia relativamente nova, e de uso incipiente no nosso país. Para a definição de qual método utilizar realizou-se o estudo granulométrico do local, para em seguida fazer-se as verificações de que a solução indicada atendia a necessidades propostas.

Palavras chave: Parque Cesamar. Erosão. Geossintéticos.

ABSTRACT

REGO, Lucas Silva. Use of geosynthetics in the control of superficial erosion in the Cesamar - Palmas - TO Park. 2017, 58 f. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Luterano University of Palmas, Palmas - TO, 2017.

The present work, aimed at the analysis of erodible points in the Cesamar Park, from this was chosen the critical site to be studied. In order to stop the process of erodibility, we proposed the use of geosynthetics, relatively new technology, and of incipient use in our country. In order to define which method to use, a sieve study of the site was carried out, and then the checks were carried out if the indicated solution met the needs proposed.

Keywords: Cesamar Park. Erosion. Geosynthetics.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Análise granulométrica – Percentuais de massa retidas por peneiras. ...	42
Quadro 2 – Propriedades dos Geossintéticos.	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Georrede	22
Figura 2 – Geogrelha	23
Figura 3 – Geocompostos (Georrede com Geotêxtil não tecido)	24
Figura 4 – Geomanta	26
Figura 5 – Geogrelha Tridimensional	27
Figura 6 – Geocélula	28
Figura 7 – Geotêxteis tecidos em forma de colchões preenchidos com argamassa ..	30
Figura 8 – Imagem via Satélite – Localização do Parque Cesamar	32
Figura 9 – Mapa de pontos que apresentam potencial erosivo ou até mesmo já ocorrem erosão	34
Figura 10 – Ponto 01 – Jusante galeria de drenagem urbana	35
Figura 11 – Ponto 02 – Ponto de estágio inicial de erosão	36
Figura 12 – Cabeceira de ponte em concreto armado	37
Figura 13 – Ponto de Assoreamento	38
Figura 15 – Bacia de contribuição da Galeria.....	39
Figura 16 - Galeria de Água Pluvial.....	40
Figura 17 – Galeria de Água Pluvial.....	40
Figura 18 – Desmoronamento de dissipador escalonado de energia (13/11/2016) ..	41
Figura 19 – Acúmulo de água após precipitação na região (13/11/2016)	44
Figura 20 – Ravinamentos abaixo do dissipador de energia (13/11/2016)	44
Figura 21 – Voçorocas cerca de 50m do dissipador de energia (13/11/2016)	45
Figura 22 – Trecho que o fluxo percorre até o lago do parque (13/11/2016)	45
Figura 23 – Situação atual abaixo do dissipador (22/04/2017)	46
Figura 24 – Croqui do local	47
Figura 25 - Geossintético Incomat HUESKER	48
Figura 26 – Esquema equilíbrio de forças.....	49
Figura 27 – Esboço seção de direcionamento de fluxo.....	50
Figura 28 – Valores de ângulo de atrito de acordo com o solo	51
Figura 29 – Valores de ângulo de atrito de acordo com o solo	51
Figura 30 – Projeção do canal de direcionamento de fluxo.....	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Curva granulométrica.....	42
---------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS

TERM's – Materiais (Geossintéticos) de uso temporários

PERM's – Materiais (Geossintéticos) de uso permanente

SEISP – Secretaria municipal de Infraestrutura e serviços públicos

1 INTRODUÇÃO

A erosão superficial é um processo natural oriundo de intempéries e potencializado pela morfologia, intensidade pluviométrica, como também pelo avanço desordenado da urbanização.

As consequências provenientes deste fenômeno, podem causar enormes prejuízos à infraestrutura e ao meio ambiente. No caso estudado, o principal prejudicado é o lago existente no Parque Cesamar em Palmas – TO, pois devido ao processo de erodibilidade, grande parte dos resíduos é carregado até o fundo deste lago, ocasionando assim o assoreamento.

Uma tecnologia interessante para controle de erosão superficial, é o uso de geossintéticos, materiais relativamente novos, pois são produzidos a partir de polímeros (desenvolvidos a partir da década de 50). Por sua versatilidade, segurança e baixo custo tem se tornado uma ferramenta de fundamental importância quando o assunto é “Obras de Terra”. Isto posto, a temática abordará qual o melhor produto para cada caso identificado nas observações do Parque Cesamar, em Palmas – TO.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar alternativas técnicas com uso de geossintéticos, para controle de alguns dos processos erosivos superficiais, que surgem nas intervenções paisagísticas do Parque Cesamar em Palmas – TO.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar/analisar os processos erosivos no Parque Cesamar;
- Sugerir e discorrer sobre os métodos que possam vir a retardar ou controlar a erodibilidade superficial identificada no Parque Cesamar;
- Analisar a viabilidade técnica dos métodos sugeridos

1.2 Justificativa

O Parque Cesamar, é uma das principais áreas verdes da capital Tocantinense, sua importância ambiental e cultural é incalculável. Diante do fenômeno de erodibilidade que acontece no parque uma intervenção precisa ser feita. Surge como solução para estabilizar esse processo o uso de geossintéticos, produto já consolidado nos mercados brasileiros por sua segurança, versatilidade e baixo custo.

1.3 Problema

O Parque Cesamar é um ponto turístico na cidade de Palmas – TO. Com o avanço da ocupação física do parque, e por localizar-se em uma reserva florestal que apresenta solo com características morfológicas que potencializam os processos erosivos, surge a necessidade de estabilizar-se esse fenômeno. Isto posto, qual técnica utilizar? Geossintéticos, pode ser uma opção?

1.4 Hipótese

Acredita-se que com uma análise dos vários taludes, muros, margens do lago, cabeceiras de pontes no Parque Cesamar, pode-se propor o uso de diversos geossintéticos (geogrelhas, geotêxteis, geowebbs, geomantas), para contenção da erosão superficial e demais problemas que possam estar acontecendo e que possam ser controlados/diminuídos com o melhoramento do solo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Erosão

A erosão consiste em um conjunto de processos pelos quais os materiais de crosta terrestre são desagregados, dissolvidos ou desgastados e transportados de um ponto a outro pelos agentes erosivos, tais como as geleiras, os rios, os mares, o vento ou a chuva. O processo erosivo está diretamente ligado a fatores que podem acelerar ou até mesmo retardar, como as formações geológicas, as intempéries, clima, uso do solo (VILAR, 1995).

Complementando o posicionamento anterior, Farias (2005), classifica as erosões em três tipos: erosão superficial, erosão subterrânea e ravinamento, sendo que esta pode vir a evoluir para uma voçoroca que, geralmente é o estágio mais avançado da erosão superficial e subterrânea.

2.1.1 Erosão Superficial

Farias (2005), diz que a erosão superficial é o resultado do desprendimento e carreamento de grãos ou torrões de solo provocado, geralmente, pelo escoamento superficial homogêneo e difuso e/ou pela concentração do mesmo. No caso de chuvas, o fenômeno ocorre de forma combinada entre o impacto das gotas da chuva e o escoamento superficial atuante, desagregando e transportando as partículas de solo.

2.1.2 Erosão Subterrânea (INTERNA OU “PIPING”)

Geroto (2015), afirma que, este fenômeno ocorre quando, o gradiente hidráulico promove constante fluxo sobre a massa de solo, potencializando a desagregação das partículas, fazendo com que surja vazios que evoluirão para fendas, que geralmente ocasiona desmoronamento. Farias (2005), completa que há ainda a presença de outro fenômeno relativo ao fluxo não concentrado de água no solo que geralmente ocorre junto a taludes de ravinas e voçorocas. É o fenômeno chamado de esqueletização corresponde à degradação físico-química do solo, sendo a física proveniente das forças de percolação e a química da alteração do solo devido às propriedades do fluido de percolação comprometendo a sua estabilidade.

2.1.3 Ravinamento

O Ravinamento por sua vez, é um estágio avançado da erosão superficial e/ou da erosão subterrânea, onde são removidos grandes volumes de solo pelos agentes causadores. É um estágio avançado de processos erosivos superficiais.

Cumprido salientar que a erosão pode ser quantificada através de alguns modelos, mas um ganha destaque, a equação desenvolvida por Wischmeier e Smith em 1978, conhecida como Universal Soil Loss Equation (USLE) que significa Equação Universal de Perdas de Solo. Só que a mesma obtém melhores resultados, quando utilizadas em pequenas áreas, e quando submetidos a erosões hídricas superficiais e laminares. Isto posto o modelo vem sofrendo ajustes para obtenção de melhores resultados, mas mantendo sua equação básica, sendo assim a fórmula é dada da seguinte forma:

$$A = R.K.L.S.C.Pc \quad [1]$$

Onde:

A = perda de solo por unidade de área e tempo, as unidades podem ser (t/ha.ano);

R = fator de erosividade da chuva, que expressa a capacidade erosiva da precipitação média

anual da região, em (MJ/ha).(mm/h);

K = fator de erodibilidade do solo que representa a capacidade do solo de sofrer erosão por

uma determinada chuva, em (t.h /MJ.mm);

L = fator topográfico que expressa o comprimento do declive (m);

S = fator topográfico que expressa a declividade do terreno (%);

C = fator que expressa o uso e manejo do solo e cultura (adimensional);

Pc = fator que expressa a prática conservacionista do solo (adimensional).

Segundo Vilar (1995), os solos mais suscetíveis a sofrer com a erosão são os solos que possuem baixa coesão e baixo ângulo de atrito. A erodibilidade está diretamente ligada a intensidade pluviométrica, pois a energia gerada entre o contato gota e solo é um agravante para o processo, como também o escoamento superficial. Fatores como a declividade, extensão do terreno, tipo de material também são condicionantes que o potencializam. Isto posto, soluções técnicas com uso de geossintéticos podem ser adotadas.

2.2 Geossintéticos

Os geossintéticos são construídos essencialmente por polímeros e, em menor escala, por aditivos. Os aditivos têm função de introduzir melhorias nos processos de fabricação ou modificar aspectos do comportamento de engenharia do polímero básico. No geral, os geossintéticos são fabricados a partir de polímeros sintéticos, derivados de petróleo, embora algumas fibras naturais, como as de juta, sisal e coco, também seja empregadas na fabricação de alguns geotêxteis (chamados, então, de biotêxteis) e geomantas (chamadas, então, de biomantas) (BUENO *et al.*, 2015)

O referido autor acrescenta ainda que a palavra polímero origina-se do grego *poli* (muitos) e *mero* (unidade de repetição). Os polímeros resultam do encadeamento de átomos de carbono, formando uma cadeia carbônica associada ou não a grupos funcionais, estruturados a partir de pequenas unidades de repetição denominadas monômeros, e de grupos de ponta, que são pequenas unidades que terminam a cadeia polimérica.

Corroborando do posicionamento supra, Vertematti *et al.* (2015), disserta que a utilização de materiais naturais para melhorar a qualidade dos solos é prática comum desde 3000 a.C. Estivas de junco, solo misturado com palha, bambus etc., em geral, materiais vegetais constituídos de fibras resistentes, foram empregados nos Zigurates da Mesopotâmia, na Grande Muralha da China e em várias obras do Império Romano. O mesmo autor relata que o emprego de materiais sintéticos produzidos pela indústria têxtil somente ocorreu com o desenvolvimento dos seguintes polímeros:

- Policloreto de vinil, em 1913, produzido comercialmente em 1934;
- Poliamida, em 1930, produzido comercialmente em 1940;
- Poliéster, em 1930, produzido comercialmente em 1949;
- Polietileno, em 1949 (baixa resistência), 1954 (alta resistência);
- Polipropileno, em 1954, produzido comercialmente no final dos anos 1950.

O autor ainda relata que primeiras aplicações de materiais geotêxteis são datadas a partir da década de 50, na Europa e América do Norte, mas só há cerca de duas décadas mais tarde tal tecnologia foi utilizada no Brasil. Sua primeira aplicação em uma obra de relevância ocorreu no início da década de 70, na cidade

de Angra dos Reis (RJ), onde houve a necessidade de se construir um aterro sobre um material de baixíssima resistência (Solo mole).

Diante disso, vale dizer que, quando se trata de controle de erosões, os geossintéticos dividem-se em dois grupos: os Geossintéticos temporários (TERMs) e os Geossintéticos permanentes (PERMs).

Assim, para entender melhor a definição dos dois grupos de geossintéticos acima, convém trazer os ensinamentos de Geroto et al. (2015), explicando que os materiais temporários correspondem a produtos degradáveis que proporcionam o controle de erosões e facilita o crescimento da vegetação. Esses materiais são utilizados em locais onde a vegetação, após a degradação do produto, poderá desenvolver-se por si só, promovendo assim a proteção contra a erosão. Os TERMs são formados pelas georredes e geogrelhas usadas principalmente na técnica de grama armada, as fibras torcidas e mantas de PP ou fibras naturais de baixa resistência e os geocompostos constituídos por geomantas ou geogrelhas, também de baixa resistência, aderidas a mantas e camadas de fibras vegetais. Os geossintéticos do grupo de TERM's são mais leves e com reduzida resistência mecânica, sendo utilizados com a função de compor a vegetação do terreno, fazendo um elo entre material biodegradável e elementos naturais. Em virtude disso tais materiais não devem ser dimensionados buscando resistir aos esforços mecânicos ou atuar como reforço para terrenos.

Os materiais temporários têm como principal finalidade oferecer condições adequadas para a reconstituição da vegetação, retendo a umidade do solo, atuando como fonte de matéria orgânica e de nutrientes às espécies vegetais (já que são degradáveis), além de atuar como uma camada de proteção à superfície do terreno em que se deseja restabelecer a vegetação, protegendo o solo do impacto das chuvas e do escoamento superficial das águas. Dada à variabilidade da composição e grande gama de produtos disponíveis, a seleção dos materiais temporários a serem aplicados deve levar em consideração diversos aspectos, como as características do terreno local, características climáticas, tempo de degradação dos materiais e o tipo de vegetação que se pretende restabelecer. (GEROTO, 2015, p. 425)

2.2.1 Georredes

A geocam (2016, p. 1) diz que a Georrede é constituída pela extrusão contínua de uma série de barras poliméricas paralelas interconectadas, que formam ângulos agudos entre si. A malha é aberta, em formato de grelha, gerando pequenos canais por onde os fluídos de toda a natureza são conduzidos no seu plano. A Georrede pode ser de PEAD – polietileno de alta densidade, polímero que apresenta grande resistência química e a raios Ultra Violeta.

Por sua maior agilidade na execução de serviços com finalidade de drenagem e gerar um espaço de armazenamento maior dos resíduos, (sua espessura de 5 a 7mm), esses geossintéticos substituem métodos de drenos com agregados naturais (areia e brita).

Uma Georrede de 5 mm de espessura é equivalente a uma camada drenante (material granular) de 30 cm, conforme indicado por alguns fabricantes (Macaferri).

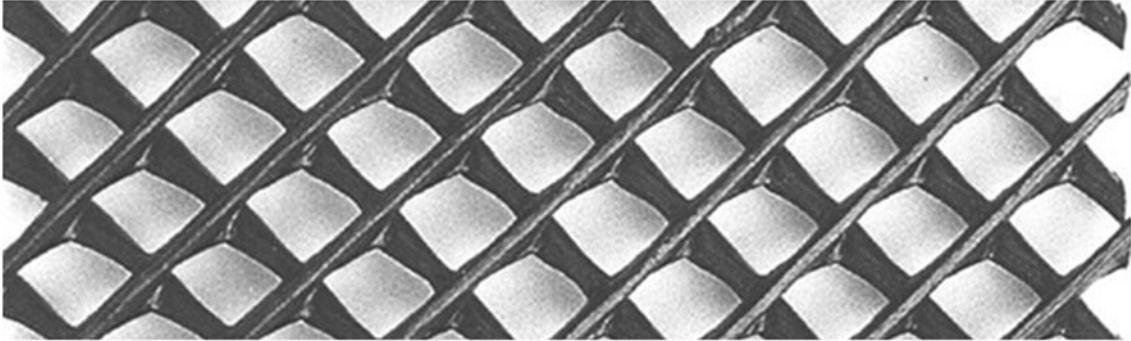
A Georrede deve ser usada como geocomposto com as faces externas em geotêxtil não tecido, formando uma espécie de “sanduiche”, evitando assim o contato direto com o solo ou com resíduos, evitando que seus canais não sejam obstruídos.

2.2.1.1 Aplicações das Georredes

- Coberturas de valas de resíduos: drenagem de líquidos e gases;
- Muros de arrimo ou cortinas de concreto: drenagem vertical;
- Drenagem sob a geomembrana em lagoas de efluentes e valas de resíduos;
- Drenagem sob a impermeabilização de canais de irrigação;
- Drenagem sob gramados;
- Drenagem em base de pavimentos;
- Proteção mecânica da geomembrana em contato com os resíduos;

- Regularização do solo de apoio da geomembrana;
- Distribuição de carga sobre a geomembrana.

Figura 1 – Georrede



Fonte: <http://www.maccaferri.com/br/produtos/georrede-macnet/>

2.2.2 Geogrelhas

Usada para controle de erosão que é simultaneamente de alta resistência e de baixo impacto ambiental, protege o solo contra os efeitos nocivos da erosão facilitando o crescimento da vegetação. É indicado para obras de estabilidade de taludes, canalizações e processos erosivos.

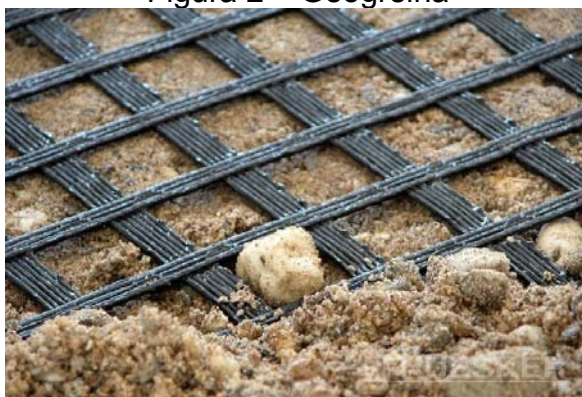
As Geogrelhas são utilizadas como elemento de reforço em obras geotécnicas e de proteção ambiental. A principal característica das Geogrelhas é que a abertura da sua malha é grande o suficiente para permitir o contato das partículas do solo ou do material granular em contato com a mesma, proporcionando uma boa harmonização do conjunto. Para que isto ocorra, tanto os fios, que formam os elementos transversais e longitudinais da Geogrelha, como os nós (cruzamento destes dois elementos), deverão apresentar rigidez e a resistência à tração adequada para haver o mecanismo de interação. Este mecanismo se dá através do intertravamento entre o material de contato, que penetra no interior da malha, tracionando os elementos transversais, os quais transmitem a carga para os elementos longitudinais, através dos nós. (GEOCAM, 2016, p. 1)

A abertura da malha permite também a drenagem vertical da camada de solo integrante do sistema de reforço.

2.2.2.1 Aplicações das Geogrelhas

- Bases de estradas rodoviárias e ferroviárias;
- Recuperação de pavimentos;
- Base de aterros reforçados construídos sobre solo mole;
- Taludes reforçados;
- Taludes de barragens de terra;
- Recomposição de taludes que romperam;
- Substituição de encostas convencionais por taludes de inclinação acentuada;
- Base de aterro de capeamento de estacas de fundação;
- Diques de expansão de aterros sanitários;
- Reforço de fundação, visando melhorar a capacidade de carga sob sapatas;
- Muros de solo reforçado;
- Taludes de aterros sanitários;
- Coberturas de valas de resíduos e de aterros sanitários.

Figura 2 – Geogrelha



Fonte: <http://inovageo.eng.br/produtos/demais-produtos/#Geogrelha>

2.2.3 Geocompostos (Gorrede com Geotêxtil não tecido)

Os Geocompostos são formados por um núcleo drenante em Gorrede normalmente em PEAD, e em uma das suas faces ou até mesmo nas duas ligadas a um geotêxtil não tecido, ou ainda ligado a outro tipo de geossintéticos. Pode ser

definido como um produto que é obtido a partir da combinação geossintéticos com característica drenantes com um filtrante. (GEOFOCO, 2016 p. 1)

O geocomposto drenante é utilizado como sistema drenante em substituição aos materiais granulares (pedra britada, seixo rolado, cascalho, etc.), permitindo uma significativa redução na espessura do sistema drenante. Em obras de engenharia, tem como funções principais a drenagem de líquidos e gases, retenção das partículas de solo e resíduos e a proteção mecânica.

2.2.3.1 Aplicações de Geocompostos

- Drenagem de líquidos e gases em aterros sanitários;
- Drenagem de líquidos e gases em aterros de resíduos industriais;
- Drenagem de água em taludes;
- Drenagem de água profunda e superficial em pavimentos;
- Drenagem em muros de arrimo e encontros de pontes;
- Drenagem de água em sistemas de impermeabilização de túneis;
- Drenagem de jardins suspensos;
- Sistema de detecção de vazamentos em sistemas impermeabilizantes;
- Proteção mecânica da geomembranas em contatos com resíduos.

(GEOFOCO, 2016 p. 1)

Figura 3 – Geocompostos (Georrede com Geotêxtil não tecido)



Fonte: http://www.akronrs.com.br/produto_especificacoes.asp?idProduto=26

Já os materiais permanentes (PERMs), dividem-se em produtos

constituídos por materiais não degradáveis que agem como camada protetora do terreno e reforço da vegetação e em materiais também não degradáveis, relacionados a sistemas semiflexíveis articulados/armados (Geroto, 2015).

Os geossintéticos relacionados ao reforço da vegetação são as geomantas, os geotêxteis e geogrelhas tridimensionais para reforço da vegetação, as geocélulas instaladas sobre a superfície e preenchidas com solo e os geocompostos constituídos de geomantas preenchidas com solo para controle de erosão e revegetação. Tais produtos possuem características flexíveis e altamente porosas, podendo assim promover uma maior estabilidade na superfície de instalação, como também maior capacidade de retenção do solo superficial mesmo em condições adversas (Escoamento de água superficial). Eles se diferenciam basicamente pela espessura, sendo a geomantas a mais espessas, permitindo o maior preenchimento e retenção de solo no seu corpo. Enquanto as geogrelhas tridimensionais e geotêxteis demonstram maior resistência à tração. Compreendem os geossintéticos relacionados a materiais inertes (sistemas semiflexíveis articulados/armados), as geocélulas preenchidas com brita, argamassa ou concreto, os sistemas construídos por blocos de concreto aderidos a geotêxteis de alta resistência, ou ainda os geotêxteis tecidos em forma de colchões/bolsas preenchidos com argamassa ou solo (Geroto, 2015).

A maioria dos geossintéticos empregados neste grupo apresenta elevada resistência mecânica, já que devem ser capazes de resistir a solicitações importantes ocasionadas pelas condições mais severas de fluxo e/ou impacto. Já os geossintéticos aplicados em funções complementares devem atender às suas finalidades específicas, como, por exemplo, os geotêxteis não tecidos empregados como elementos de filtro na interface solo-estrutura, no caso de soluções com gabiões, geocélulas preenchidas com brita, blocos de concreto etc. (GEROTO, 2015, p. 427)

2.2.4 Geomantas

De acordo com Maccaferri (2016, p. 1), as Geomantas são geralmente fabricadas a partir de filamentos grossos de polipropileno fundidos nos pontos de contato. Possui como principal característica a sua flexibilidade e praticidade, pois seu funcionamento é imediato após a instalação, a geomantas é disposta visando

revestir e proteger o solo da ação da chuva e do vento, principais causadores dos processos erosivos. Sua função, além daquelas já mencionadas acima, é também potencializar o crescimento da vegetação, pois consegue reter insumos de utilizados tais como: corretivos, fertilizantes, sementes e condicionadores de solo, pois em declividades superiores a 10 graus o carreamento destes materiais ocorre devido ao escoamento superficial.

2.2.4.1 Aplicações de Geomantas

- É indicada para situações de taludes suscetíveis a processos erosivos, com pequenas alturas e inclinação suave.

Figura 4 – Geomanta



Fonte: <http://www.maccaferri.com/br/produtos/geomantas-macmat/>

2.2.5 Geogrelha Tridimensional

De acordo com Huesker (2016, p. 1), a Geogrelha Tridimensional é uma manta de reforço flexível, que pode ser feita a partir de poliéster de alta resistência e baixa fluência, cessando a erosão do solo. Em virtude da sua estrutura espacial, esse geossintético apresenta propriedades de interação excepcionais com os solos, bem como uma excelente retenção de partículas mesmo submetido a fortes chuvas.

O revestimento especial polimérico da geogrelha protege-a contra a radiação e os danos mecânicos. Com isso esse geossintéticos consegue prolongar a vida útil de projeto. Possui grande variabilidade, permitindo a seleção para cada tipo de aplicação.

2.2.5.1 Aplicações das Geogrelhas Tridimensionais

- Estabilização e reforço de taludes em superfície com inclinações acentuadas;
- Reforço da camada vegetal.

Figura 5 – Geogrelha Tridimensional



Fonte: <http://www.huesker.com.br/produtos/geossinteticos/geogrelhas/fortrac-3d.html>

2.2.6 Geocélulas

A Inovageo (2016, p. 1) define geocélula como um geossintético aplicado em sistemas de canalização, proteção e estabilização de taludes ou em base de pavimentos, a geocélula garante alto desempenho e otimização. Quando aplicado forma uma cobertura superficial flexível, de elevada resistência, conformando-se ao terreno e evitando trincas, além de impedir o espalhamento do material de preenchimento, mesmo quando submetido a ações de vento e água.

As geocélulas podem ser produzidas com tiras de polímero extrudado soldadas em juntas que, ao serem expandidas, formam um colchão tridimensional que assemelha-se a estrutura de uma colmeia. Instalado, o sistema de confinamento celular absorve e transfere de forma eficiente as tensões verticais para a fundação, fornecendo maior capacidade de carga do que qualquer outro produto geossintético, sendo assim muito utilizado no reforço de fundações e base de pavimentos.

As propriedades de confinamento e drenagem da geocélula, quando incorporadas ao material de preenchimento (material granular, concreto, vegetação, RCD ou próprio solo local), minimizam os efeitos da erosão, oferecendo estabilização e proteção de longo prazo para a face de taludes e margens de canais e reservatórios.

2.2.6.1 Aplicações de Geocélulas

- **SISTEMAS DE CANALIZAÇÃO** – Nas margens de canais e reservatórios, canalização de córregos e proteção de taludes, esse sistema propicia enorme facilidade de instalação e economia comparado a sistemas convencionais.
- **PROTEÇÃO DE TALUDES** - A geocélula é a solução mais eficiente para revestimento do talude, quando o solo local não apresenta fertilidade ou quando a inclinação do talude é muito acentuada.
- **BASE DE PAVIMENTOS** - O efeito de confinamento de materiais granulares oferecido por este geossintético gera uma grande redistribuição de tensões, o que pode resultar em reduções de espessura dos pavimentos de até 50% e propiciar excelente recurso para reforço de fundações.

Figura 6 – Geocélula



Fonte: <http://inovageo.eng.br/produtos/geocelula/>

2.2.7 Geotêxteis tecidos em forma de colchões preenchidos com argamassa

Esse tipo de geossintéticos é essencialmente uma forma têxtil plana, em formato de colchão, fabricada a partir de duas camadas de geotêxteis unidas internamente por dispositivos especiais de ligação: variando-se o tipo ou geometria destes dispositivos, pode-se controlar a espessura e formato do colchão geotêxtil. O espaço interno, então criado, é preenchido por bombeamento de micro concreto ou argamassa. A combinação de um colchão têxtil com preenchimento de micro concreto ou argamassa, constitui o sistema Incomat que exerce, com sucesso, as funções de proteção contra erosão e barreira impermeabilizante, há quase 50 anos. Huesker (2016, p. 3)

Este tipo de material normalmente é encontrado no mercado em 4 (quatro) tipos: com seção transversal uniforme e contínua, para obras de proteção e vedação; para proteção contra a erosão, com junções intermediárias “articuladas” e dotadas de pontos filtrantes nos vértices que conferem relativa flexibilidade e drenagem ao sistema; para proteções antierosivas, com múltiplos pontos de drenagem, para aplicações com baixas pressões hidrostáticas; com perfil em grelha, com aberturas centrais em geotêxtil, não preenchidas com concreto, para a proteção técnica / ambiental de taludes acima do nível d’água, onde se deseja vegetar.

2.2.7.1 Aplicações de Geotêxteis tecidos em forma de colchões preenchidos com argamassa

- Proteção do leito e dos taludes de canais;
- Proteção de leitos de ancoradouros e portos;
- Contenção de águas torrenciais em bacias de amortecimento;
- Vertedores de bacias de amortecimento;
- Reservatórios de retenção (piscinões);
- Envoltórios protetivos e lastros para tubulações;
- Extravasores de Barragens;
- Diques;

- Impermeabilização de Canais;
- Canais de Descarga;
- Canaletas de drenagem;
- Lagoas / reservatórios;
- Vertedores.

Figura 7 – Geotêxteis tecidos em forma de colchões preenchidos com argamassa



Fonte: <http://www.huesker.com.br/fileadmin/Media/Brochures/PT/PB-Incomat-br.pdf>

Além disso, convém pontuar que, quando se trata do controle de erosão superficial os geossintéticos têm como finalidade favorecer a resistência do terreno, potencializando a prevenção do processo de erodibilidade. Isto posto, a escolha do produto a ser utilizado deve levar em consideração as condicionantes que o meio está suscetível. Geroto et al. (2015) elenca quatro premissas para escolha do sistema a ser utilizado visando cessar o processo de desagregação das partículas de solo, são elas:

- **Desempenho ao fluxo:** Trata-se da velocidade limite em função da duração do fluxo para diversos sistemas, assim como superfícies vegetadas ou não.
- **Desenvolvimento da vegetação:** Se há possibilidade da execução de um TERM, ou seja, sistema composto de material biodegradável para potencializar o desenvolvimento da vegetação superficial.
- **Características do terreno:** Caracterização planialtimétrica do terreno, para uma adequada escolha do geossintéticos, de forma que o mesmo fique disposto de maneira a atender os esforços solicitados.
- **Aspectos econômicos:** O estudo de qual técnica utilizar está

diretamente ligada ao custo de operação, visto que a disponibilidade técnica, carência de mão de obra especializada, e características do local de implantação, podem variar significativamente.

Face o exposto, ressaltam-se os parques como importantes espaços de uso coletivo, onde as pessoas fazem suas caminhadas, lazer, encontram vizinhos e amigos, constroem novas relações, manifestam solidariedade uns para com os outros, enfim, são os parques promotores da sociabilidade.

Diante dessa importância social, esses espaços precisam garantir segurança aos seus frequentadores. Segurança essa que perpassa pela estabilidade do solo, ou seja, não haja erosão, ao ponto de modificar a estrutura física do ambiente e, menos ainda, que possa comprometer a integridade física das pessoas com possíveis acidentes.

3 METODOLOGIA

O parque Cesamar, localizado na 506 Sul, Av. NS-04 LO 11, Palmas – TO, destaca-se como uma das principais áreas verdes da capital tocantinense, o qual dispõe de uma pista para corrida e caminhada com 2.840 metros para passeios e um lago, usado para práticas esportivas, que deságua no Córrego Brejo Comprido.

Figura 8 – Imagem via Satélite – Localização do Parque Cesamar



Fonte: Google Earth

O referido parque apresenta áreas com grandes potenciais erosivos, o que motivou este estudo, visando buscar a correção deste fenômeno.

Neste estudo adotou-se a pesquisa bibliográfica, combinada com a pesquisa de campo, alicerçadas em livros, revistas especializadas e demais contribuições disponíveis na literatura pertinente.

Assim, o método utilizado foi o dialético por permitir a problematização e consideração de uma visão de movimento constante e suas contribuições. A pesquisa se caracterizou por uma abordagem de análise teórico-empírica, onde teve-se como base de investigação as informações adquiridas no campo de pesquisa, e nas demais fontes bibliográficas.

De acordo com os objetivos apresentados, esta pesquisa foi descritiva e explicativa, pois segundo Gil (2008), a primeira visa “descrever as características de certa população ou fenômeno, ou estabelecer relações entre variáveis; envolvem

técnicas de coleta de dados padronizadas”, enquanto a segunda busca “identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. É o tipo que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas.”

O levantamento dos dados foi realizado por meio de visitas ao local, para identificação dos pontos que apresentam características erosivas. Para isso, foram utilizados vários instrumentos para subsidiar a tomada de decisão que promovessem a estabilização do processo erosivo através do uso de geossintéticos. Foram eles:

- Registros fotográficos, buscando caracterizar as manifestações erosivas;
- Análise e produção de croquis do ponto estudado;
- Ensaio de caracterização do solo – NBR 7181:2016;
- Consultas Bibliográficas sobre produtos e funções de geossintéticos;

De posse das informações acima, serão elaborados um conjunto de croquis, estes podendo ser denominados “pré-projetos” com uso de ferramentas computacionais, com proposta para minimizar/cessar a desagregação das partículas de solo com uso de geossintéticos. Estes “pré-projetos” serão fundamentados nas bibliografias pertinentes como também nas normas que tangenciam a sua elaboração e execução.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Diagnóstico Geral

O parque, devido a inúmeras ações antrópicas que visam melhorar o acesso e conseqüentemente o lazer de seus frequentadores, ocasionou no surgimento de inúmeros pontos com potencial erosivo.

Figura 9 – Mapa de pontos que apresentam potencial erosivo ou até mesmo já ocorrem erosão



Fonte: Adaptado, Google Earth

- **Ponto 1:** Em visita ao no dia 13 de novembro de 2016, foi identificado este ponto em estágio avançado de erodibilidade, surgimento de voçorocas. Trata-se de um ponto onde ocorre a descarga de uma galeria de drenagem urbana.

Figura 10 – Ponto 01 – Jusante galeria de drenagem urbana



Fonte: Autor, 2016.

- **Ponto 02:** Em visita ao parque no dia 04 de Novembro de 2016, foi identificado este local onde já apresenta estágio inicial de erosão, só que em menor escala, trata-se de um talude acentuado onde em períodos chuvosos ocorre o carreamento das partículas de solo.

Figura 11 – Ponto 02 – Ponto de estágio inicial de erosão



Fonte: Autor, 2016.

- **Ponto 03:** Em visita ao parque no dia 04 de Novembro de 2016, foi identificado um ponto com potencial erosivo na cabeceira da ponte, o mesmo possui até uma contenção com gabiões, mas apresenta pontos instáveis.

Figura 12 – Cabeceira de ponte em concreto armado



Fonte: Autor, 2016.

- **Ponto de Assoreamento:** Em visita ao parque no dia 04 de Novembro de 2016, foi verificada uma concentração de massa de solo em um ponto do lago, surge a hipótese que seja proveniente das erosões identificadas no ponto 01, a nordeste do parque.

Figura 13 – Ponto de Assoreamento



Fonte: Autor, 2017.

4.2 Definição de ponto de erodibilidade crítica

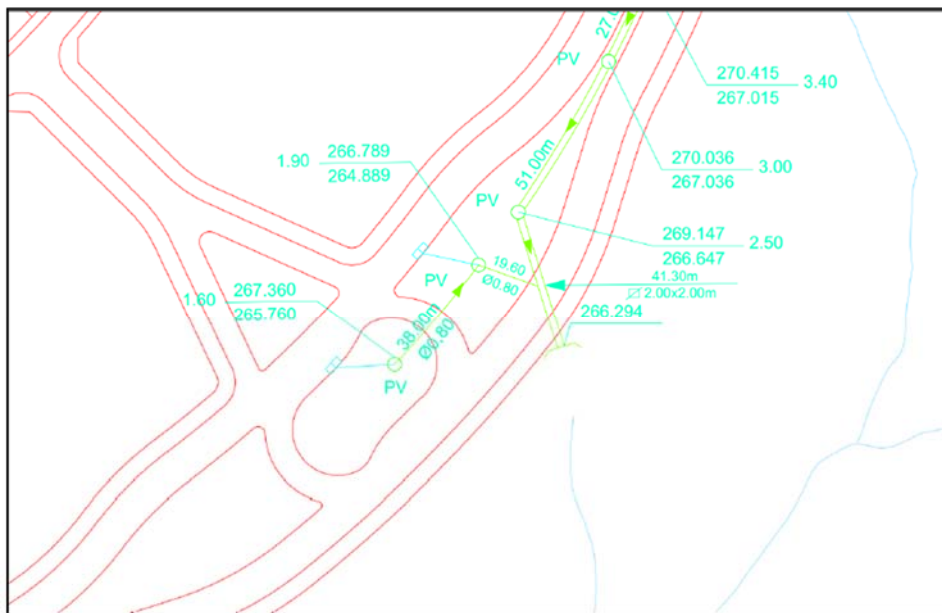
A partir destes pontos erodíveis, identificou-se que a zona crítica se encontra no ponto 01. De acordo com a SEISP (Secretaria de Infraestrutura e Serviços Públicos), o local encontra-se na coordenada UTM, Fuso 22, 794259 m E / 8870925 m N (Datum Sirgas 2000). O fenômeno da erodibilidade no local já está em estágio avançado e os impactos ambientais já são notórios. A perda da vegetação nativa devido ao alto fluxo hidráulico que carrega partículas e massas de solo das encostas e taludes, vem devastando a zona nordeste da mata.

Figura 14 – Imagem via Satélite – Ponto de Erosão



Fonte: SEISP, 2015.

Figura 15 – Bacia de contribuição da Galeria



Fonte: SEISP, 2016.

O principal agente erosivo presente no local é uma galeria de água pluvial que faz a captação dos sistemas de micro drenagem das avenidas LO-05 e LO-07 e tem como jusante a área verde do parque. O caso já foi noticiado nos jornais do município no começo de 2016 como também em outubro do mesmo ano. A SEISP, realizou obras no local com o intuito de controlar o processo, mas não obtiveram

sucesso.

Figura 16 - Galeria de Água Pluvial



Fonte: Autor, 2016.

Figura 17 – Galeria de Água Pluvial



Fonte: SEISP, 2015.

Figura 18 – Desmoronamento de dissipador escalonado de energia (13/11/2016)



Fonte: Autor, 2016.

Fazendo uma rápida comparação entre a figura 16 e 17, fica evidenciado o quanto o fluxo hidráulico promovido pela galeria de água pluvial, agravou o gradiente erodível do ponto em questão.

Com o intuito de definir qual sistema utilizar para o controle erosivo é imprescindível o conhecimento morfológico da área estudada. Desta forma é definido qual geossintéticos utilizar, de acordo com as premissas elencadas por Geroto (2015), sendo elas a possibilidade de desenvolvimento da vegetação ou não, como também as características do terreno, se o solo oferece resistência mecânica ou não.

Os solos podem ser classificados quanto ao tamanho das partículas e quanto à sua composição mineralógica. Determinar esta última, não se faz necessária para a análise que este trabalho se propõe. Já a determinação da granulometria (tamanho das partículas), é indispensável para a determinação da resistência mecânica do geossintético adotado para determinada situação. Segundo à ABNT NBR 6502/1995 – “Rochas e solos”, a classificação granulométrica dos solos é realizada a partir das dimensões dos grãos/partículas e de suas respectivas percentagens de ocorrência.

Considerando que o presente trabalho objetiva solucionar os problemas provocados pela erosão no Ponto 01 (Jusante da galeria de drenagem urbana), fez-se necessária, a coleta de amostra de solo neste ponto, para a execução de ensaio

técnico, cujo objetivo era a determinação do tipo de solo.

Para a obtenção da classificação do solo do Ponto 01, coletou-se uma amostra de solo do local, de acordo com o preconizado na norma técnica ABNT NBR 6457:2016 – “Preparação de amostras de solo para ensaio normal de compactação e ensaios de caracterização”.

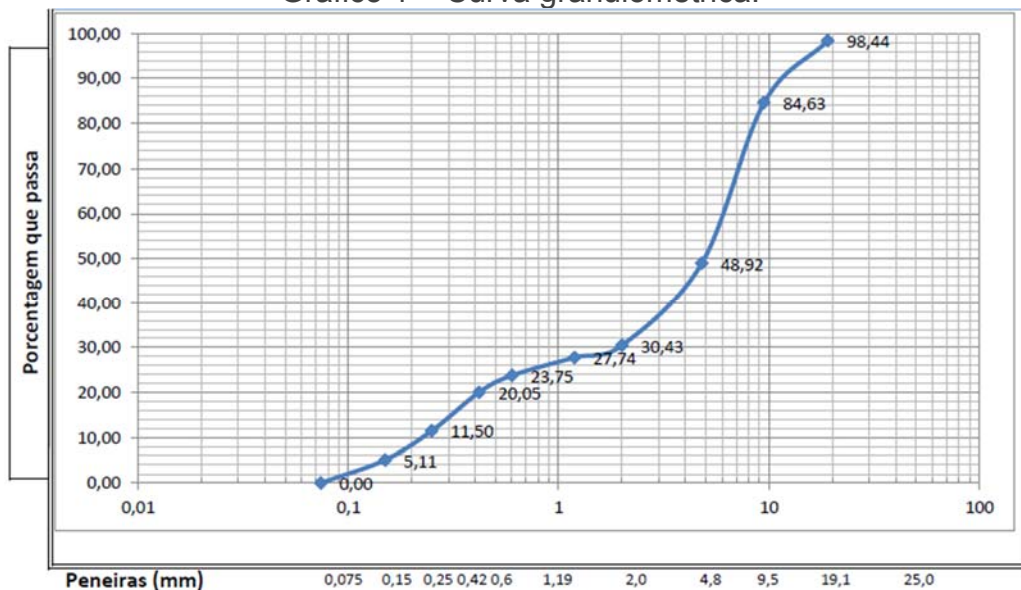
A partir da amostra coletada foi realizado o ensaio de Análise Granulométrica, da forma estabelecida na norma técnica ABNT NBR 7181:2016 “Solo – análise granulométrica”.

Quadro 1 – Análise granulométrica – Percentuais de massa retidas por peneiras.

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA - NBR - 7181					
Φ peneira(mm)	massa retirada (g)	% retida peneira	% retida acumulada	% que passa cada peneira	
19,1	11,2	1,56	1,56	98,44	
9,5	98,9	13,81	15,37	84,63	
4,8	255,8	35,71	51,08	48,92	
2	132,4	18,48	69,57	30,43	
1,19	19,3	2,69	72,26	27,74	
0,6	28,6	3,99	76,25	23,75	
0,42	26,5	3,70	79,95	20,05	
0,25	61,2	8,54	88,50	11,50	
0,15	45,8	6,39	94,89	5,11	
0,074	36,6	5,11	100,00	0,00	
< 0,074	0	0,00	100,00	0,00	
Σ	716,3	100,00			

Fonte: Autor, 2017.

Gráfico 1 – Curva granulométrica.



Fonte: Autor, 2017.

A ABNT NBR 6502/1995 define a curva granulométrica como:

Representação gráfica da distribuição granulométrica de um solo, onde a abscissa é o tamanho das partículas, crescente para a direita, em escala logarítmica, e a ordenada é a percentagem acumulada do solo seco em relação à massa total seca, com diâmetro menor que o tamanho correspondente. (ABNT NBR 6502/1995, p. 11)

Ainda sobre a ABNT NBR 6502/1995, esta apresenta algumas definições importantes, são elas:

Areia: Solo não coesivo e não plástico formado por minerais ou partículas de rochas com diâmetros compreendidos entre 0,06 mm e 2,0 mm.

Areia fina: Areia com grãos de diâmetros compreendidos entre 0,06 mm e 0,2 mm.

Areia média: Areia com grãos de diâmetros compreendidos entre 0,20 mm e 0,60 mm.

Areia grossa: Areia com grãos de diâmetros compreendidos entre 0,60 mm e 2,0 mm. (ABNT NBR 6502/1995, p. 08)

Argila: Solo de granulação fina constituído por partículas com dimensões menores que 0,002 mm, apresentando coesão e plasticidade. (ABNT NBR 6502/1995, p. 09)

Finos: Partículas de solo que passam pela peneira padrão nº 200, isto é, partículas de dimensões inferiores a 0,075 mm. (ABNT NBR 6502/1995, p. 13)

Pedregulho: Solos formados por minerais ou partículas de rocha, com diâmetro compreendido entre 2,0 mm e 60 mm. Quando arredondados ou semi-arredondados, são denominados cascalho ou seixo.

Pedregulho fino: Pedregulho com grãos compreendidos entre 2,0 mm e 6,0 mm.

Pedregulho médio: Pedregulho com grãos compreendidos entre 6,0 mm e 20,0 mm.

Pedregulho grosso: Pedregulho com grãos compreendidos entre 20,0 mm e 60,0 mm. (ABNT NBR 6502/1995, p. 15)

Silte: Solo que apresenta baixa ou nenhuma plasticidade, e que exibe baixa resistência quando seco o ar. Suas propriedades dominantes são devidas à parte constituída pela fração silte. É formado por partículas com diâmetros compreendidos entre 0,002 mm e 0,06 mm. (ABNT NBR 6502/1995, p. 17)

Após o entendimento de tais definições e a análise dos resultados obtidos a partir da curva granulométrica, pode-se notar que os percentuais mais expressivos são: 35,71% da amostra ficou retida na peneira 4,8mm, 18,48% ficou retida na peneira de 2mm e 13,81% do material ficou retido na peneira de 9,5mm.

Considerando que 69,57% do material coletado possui diâmetro superior a 2,0mm, pode-se classificar o solo como pedregulho. O restante do material foi classificado como areia. Isto posto, classificou-se o solo da amostra coletada como pedregulho arenoso.

Apesar dos ensaios apontarem que trata-se de um solo com características drenantes favoráveis, por meio de visitas periódicas verificou-se que o nível da lâmina d'água decaía de forma relativamente lenta. Desta forma, hipóteses foram elencadas, sobre a possibilidade de um horizonte abaixo possuir um solo pouco permeável, como também em relação ao nível do lençol freático, tais suspeitas só poderiam ser confirmadas com um estudo mais detalhado, como por exemplo uma sondagem do tipo SPT (*Standard Penetration Test*). Como o sistema que pretende-se utilizar possui características impermeabilizantes, a sondagem foi descartada.

Figura 19 – Acúmulo de água após precipitação na região (13/11/2016)



Fonte: Autor ,2016.

Figura 20 – Ravinamentos abaixo do dissipador de energia (13/11/2016)



Fonte: Autor 2016.

Figura 21 – Voçorocas cerca de 50m do dissipador de energia (13/11/2016)



Fonte: Autor, 2016.

Figura 22 – Trecho que o fluxo percorre até o lago do parque (13/11/2016)



Fonte: Autor, 2016.

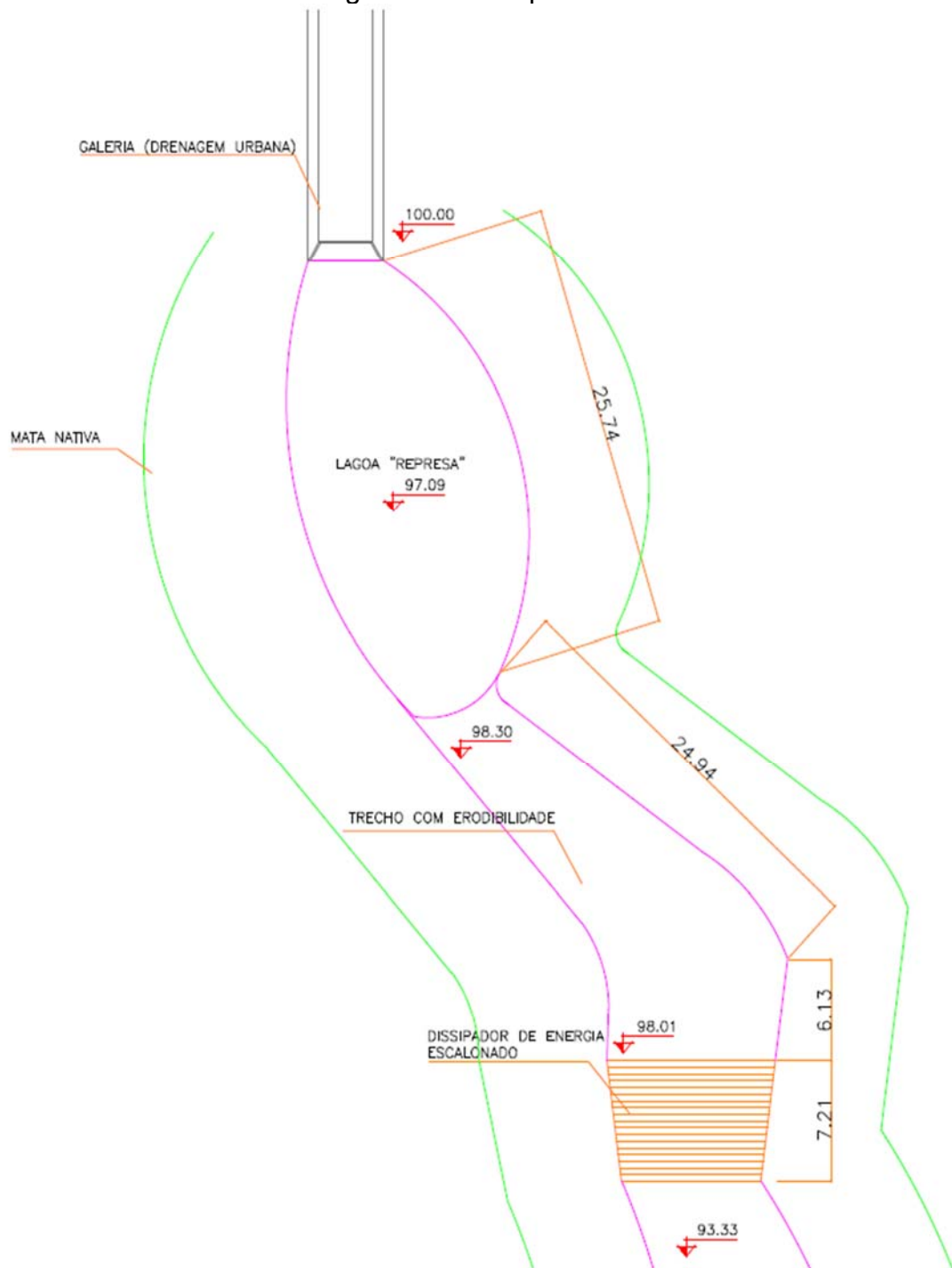
Em virtude disso, percebe-se que não se trata de um problema geotécnico, e sim hidráulico. O solo é ideal para arranjar qualquer tipo de geossintético, a resistência mecânica que o mesmo pode oferecer é ideal para acomodar inúmeras soluções. A bacia de macrodrenagem que possui como jusante àquele ponto tem vazão $30,2 \text{ m}^3/\text{s}$, conforme dados fornecidos pela SEISP, o que promove um intenso fluxo hidráulico sobre a massa de solo, acarretando o processo erosivo e o desprendimento das partículas que acabam sendo transportadas e depositadas até o lago do parque.

Figura 23 – Situação atual abaixo do dissipador (22/04/2017)



Fonte: Autor, 2016.

Figura 24 – Croqui do local



Fonte: Autor, 2017.

- Cotas de referência
- Medidas em metros

4.2 Definição dos métodos

Após as análises feitas, iniciou-se o processo de definição de possíveis métodos no controle do processo de erodibilidade. Segundo Vertematti (2015), as

propriedades dos geossintéticos podem ser agrupadas conforme o quadro 2.

Quadro 2 – Propriedades dos Geossintéticos.

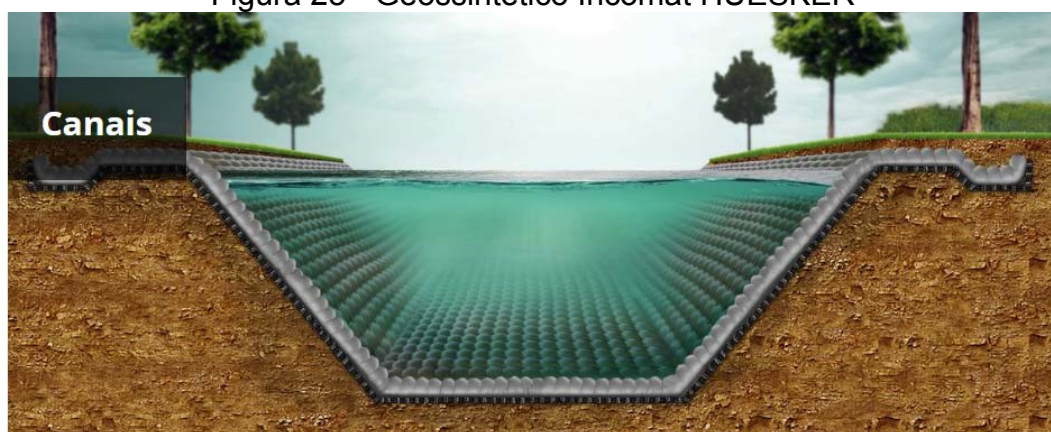
Funções de vários geossintéticos nos projetos de engenharia							
Geossintético	Propriedades						
	Separação	Proteção	Filtração	Drenagem	Erosão	Reforço	Impermeabilização
Geotêxtil	X	X	X	X	X	X	X
Geogrelha	X	-	-	-	X	-	-
Geomembranas	X	-	-	-	-	-	X
Georrede	-	X	-	X	-	-	-
Geocompostos argilosos	-	-	-	-	-	-	X
Geocélula	-	X	-	-	X	-	-
Geotubo	-	-	-	X	-	-	-
Geofibras	-	-	-	-	X	-	-

Fonte: Manual brasileiro de Geossintéticos, 2015.

4.2.1 Geotêxtil preenchido com argamassa cimentícia

Reiterando que o solo não possui características drenantes e a probabilidade de desenvolvimento da vegetação nas encostas ser mínima, a primeira medida a ser tomada é o direcionamento do fluxo hidráulico através de um “canal” a jusante da galeria. Para isso o geossintético a ser utilizado é um geotêxtil composto por duas camadas de tecidos onde em seu interior pode ser preenchido com argamassa com traço (1:20).

Figura 25 - Geossintético Incomat HUESKER



Fonte: <http://www.huesker.com.br/aplicacoes/engenhariahidraulica/canais.html>

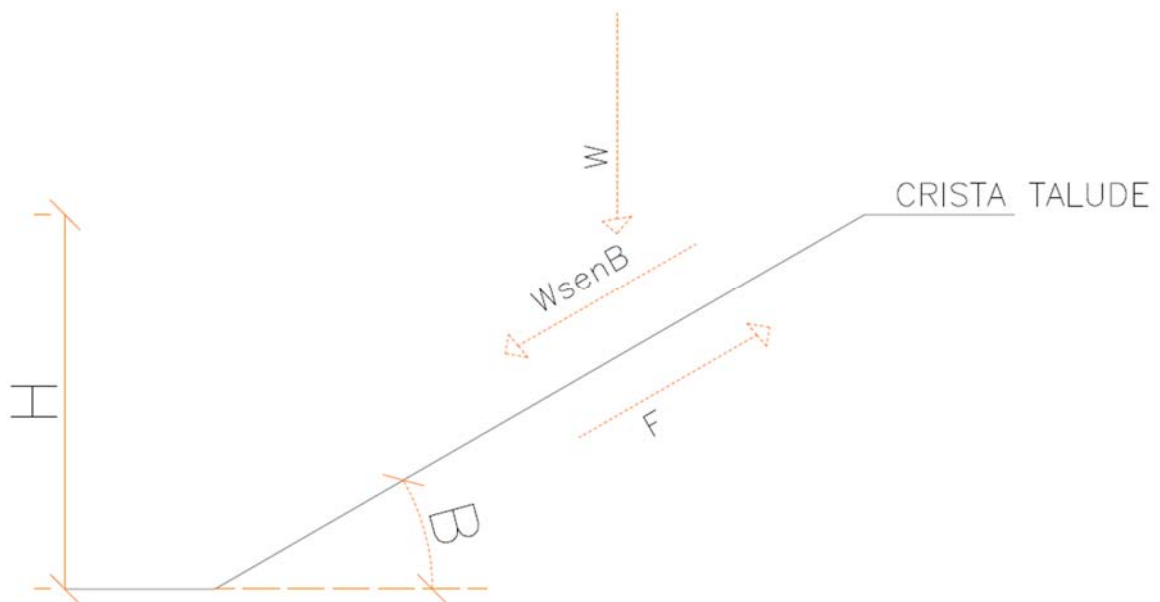
Segundo Geroto (2015), em sistemas de proteção superficial os geossintéticos devem ser dimensionados e verificados levando em consideração uma série de fatores relacionados ao desempenho de fluxo, mecânico e outras que variam conforme a aplicação em processos erosivos.

Para o trecho onde será feito o direcionamento de fluxo, será empregado o geotêxtil composto por duas camadas de tecidos onde haverá o preenchimento de argamassa em seu interior. Para esse método faz-se algumas verificações de uso devido a sua aplicabilidade, para determinação de aspectos triviais para o bom funcionamento do sistema.

Desempenho Mecânico

Verifica-se o comportamento dos materiais submetidos aos esforços de tração, para isso é necessário analisar o equilíbrio de forças, conforme figura 26.

Figura 26 – Esquema equilíbrio de forças



Fonte: Adaptado de Manual Brasileiro de Geossintéticos, 2015.

Onde:

H – altura do talude - (m);

W – peso da camada de cobertura (geossintético e camada de recobrimento) - (Kn);

F – forças resistentes ($W \times \cos \beta \times \tan \phi$) - (Kn);

β – ângulo de inclinação do talude;

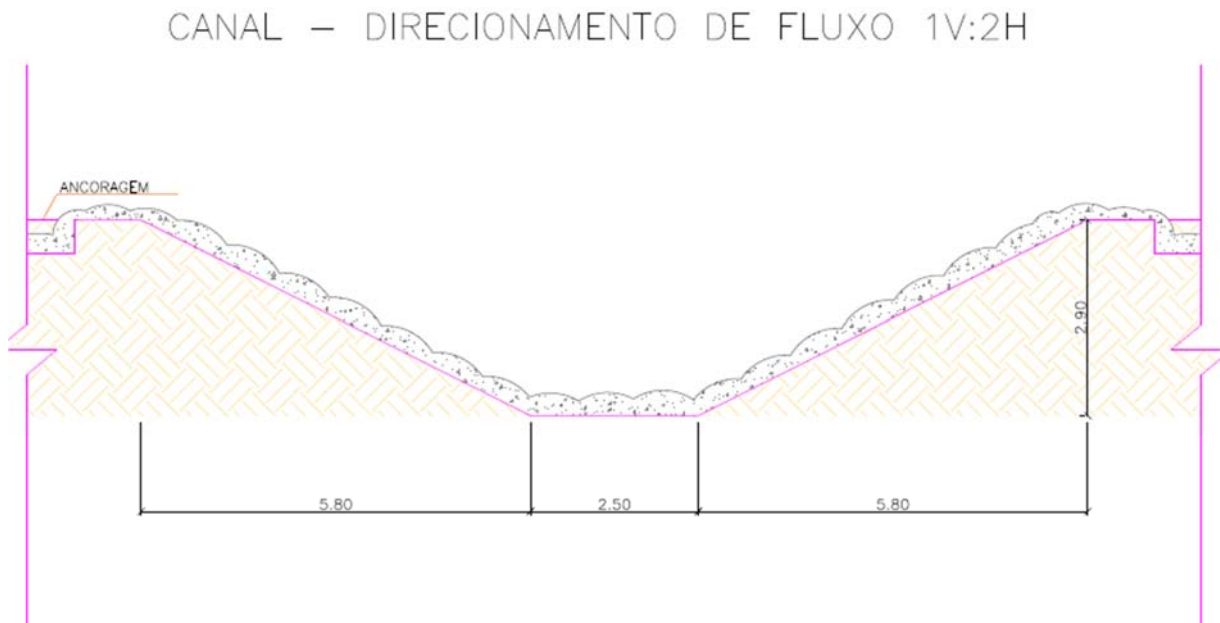
ϕ - ângulo de atrito interno na interface geossintético e terreno.

A partir destes, podemos encontrar a força de tração requerida, dada pela seguinte equação:

$$T_{req} = (W \times \text{sen } \beta) - F$$

O trecho entre a jusante da galeria até o dissipador tem distância de aproximadamente 57 metros, o mesmo possuirá sessão transversal conforme figura 27.

Figura 27 – Esboço seção de direcionamento de fluxo.



Fonte: Autor, 2017.

Para a determinação do peso da camada de cobertura, desconsiderou-se o peso próprio do geotêxtil, apenas considerou-se o peso da argamassa de preenchimento.

Argamassa – 21KN/m³

A verificação foi feita para o trecho de 1,00 m² com 0,30 m de espessura.

$$W = 21,00 \text{ KN/m}^3 \times 1,00 \text{ m}^2 \times 0,30 \text{ m}$$

$$W = 6,30 \text{ KN}$$

A inclinação do talude dada por β , foi definida pela tangente inversa da distância vertical, sobre a distância horizontal.

$$\beta = \text{Cotg} \times (2,90 \text{ m}/5,80\text{m})$$

$$\beta = 26,60^\circ$$

Fez-se necessário a verificação do ângulo de atrito na interface do solo com o geossintéticos. Em virtude disso analisou-se as figuras 21 e 22 que fazem referência aos ângulos de atrito de acordo com a tipologia de solo.

Figura 28 – Valores de ângulo de atrito de acordo com o solo

Tab. 2.V | Valores típicos de ângulos de atrito interno de areias.

Característica da areia	Compacidade	
	de fofa	a compacta
Areias bem graduadas		
de grãos angulares	de 37°	a 47°
de grãos arredondados	de 30°	a 40°
Areias mal graduadas		
de grãos angulares	de 35°	a 43°
de grãos arredondados	de 28°	a 35°

Fonte: (PINTO et al., 1998)

Figura 29 – Valores de ângulo de atrito de acordo com o solo

Natureza do terreno	Seco/úmido		Com lençol freático	
	Φ	γ	Φ	γ
	graus	t/m ³	graus	t/m ³
Pedra fragmentada	40°	2	35°	1,1
Cascalho/areia	35°	1,9	30°	1,1
Cascalho/areia lodos/argila	30°	2	25°	1,1
Lodos/argila	25°	1,9	15°	1
Argila/solos orgânicos	15°	1,8	Sem características médias	

Φ : ângulo de atrito interno (em graus),

γ : Massa volumétrica (em t/m³).

Fonte: <http://www.saint-gobain-canalizacao.com.br/manual/solo.asp>

Após a análise desses indicativos, decidiu-se adotar o ângulo de atrito

com valor de 35,00° para critério de cálculo experimental. Em seguida, pode-se calcular a resultante das forças resistentes.

$$F = W \times \cos \beta \times \operatorname{tg} \phi$$

$$F = 6,30 \times \cos 26,60^\circ \times \operatorname{tg} 35,00^\circ$$

$$F = 3,94 \text{ KN}$$

A resolução do equilíbrio de forças permite determinar os esforços atuantes nos geossintéticos, como por exemplo a força de tração requerida pela seguinte equação:

$$T_{req} = (W \times \operatorname{sen} \beta) - F$$

$$T_{req} = (6,30 \times \operatorname{sen} 26,60^\circ) - 3,94$$

$$T_{req} = - 1,12 \text{ KN OK!}$$

Desta forma, fica evidenciado que as forças resistentes garantiriam a estabilidade e bom desempenho do geossintéticos no ponto estudado.

Desempenho ao fluxo hidráulico

Segundo Geroto (2015), para verificação dos aspectos hidráulicos, o primeiro passo é o dimensionamento da seção para a determinação de parâmetros, como vazão, velocidade de escoamento, forças de cisalhamento superficiais e tensões tangenciais de arraste.

Em virtude do trabalho em questão, não fazer referência às grandezas hidráulicas e sim geotécnicas, não entrou-se no mérito de tais verificações. A partir de um estudo detalhado de atendimento ao desempenho de fluxo, será possível a determinação de tal.

Figura 30 – Projeção do canal de direcionamento de fluxo



Fonte: Adaptado, Google Earth

O canal de direcionamento de fluxo, sugerido por este trabalho, teria início no ponto de descarga da galeria de água pluvial, e percorreria cerca de 800,00m até seu ponto de jusante, o lago do Parque Cesamar. Para a construção de tal proposta, deve-se levar em consideração o rearranjo do solo para acomodação do geotêxtil de camadas duplas preenchido com argamassa cimentícia, como também para atender a seção de dimensionamento hidráulico.

5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 Conclusão

O Parque Cesamar, é um dos principais pontos turísticos da capital Tocantinense, como também umas das principais áreas verdes. Sua preservação é algo que não pode ser colocado em questão, a necessidade de uma intervenção quanto a estabilização do processo erosivo precisa ser feita.

O trabalho em questão, faz sugestão a um método de controle de erosões superficiais pouco utilizado não só no estado mais em todo país, os geossintéticos. A sua eficácia e benefícios aqui descritos comprovam que a solução aqui indicada pode ser analisada mais a fundo através de um estudo para definição de parâmetros hidráulicos, para realmente confirmar que essa é uma solução exequível. É notório que o agente que deverá ser controlado é hidráulico, a vazão de pouco mais de 30 m³/s, promove um intenso fluxo hidráulico no ponto a jusante da galeria de água pluvial, o que acarreta no deslocamento de grande volume de massa de solo, que é transportada e depositada a nordeste do lago.

No estudo ficou evidenciado que o geotêxtil com camada dupla preenchido com argamassa cimentícia atende as necessidades geotécnicas, pois o solo oferece uma resistência mecânica capaz de acomodar o geossintético proposto, devendo prosseguir os estudos com relação às grandezas hidráulicas, para confirmação de que é o método proposto conseguirá cessar o processo de erodibilidade no parque. Com relação a viabilidade técnica, trata-se de uma solução exequível, o que deve ser analisado, é que estamos lidando com uma execução cautelosa e que exige mão de obra qualificada, materiais e equipamentos para garantir o bom funcionamento do sistema, o que pode vir a onerar o projeto.

5.2 Sugestão para trabalhos futuros

O prosseguimento desse estudo é de importante valia para a preservação da área de preservação ambiental que é o Parque Cesamar. Sugere-se que seja feito um estudo referente a todas as condicionantes hidráulicas, principalmente de precipitação, vazão da galeria de água pluvial e dispositivos de dissipação de energia, para realizar a canalização do fluxo hidráulico sem o carreamento de partículas sólidas evitando assim o assoreamento do lago do parque.

6 REFERÊNCIAS

BUENO, Celso L. Lotti Benedito S. et al. **Manual brasileiro de geossintéticos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 570 p.

FARIAS, Rideci de Jesus da Costa. **Utilização de geossintéticos em sistemas de controle de erosões**. 2005. 188 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências, Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2005. Cap. 2.

GEOCAM. Geossintéticos. Disponível em: <http://www.geocam.com.br/visualizacao-de-outros-produtos/ler/32/georrede>. Acesso em 05 de Outubro de 2016.

GEOCAM. Geossintéticos. Disponível em: <http://www.geocam.com.br/visualizacao-de-outros-produtos/ler/25/geogrelha>. Acesso em 05 de Outubro de 2016.

GEOFOCO. Geossintéticos. Disponível em: <http://geofoco.com.br/o-que-e-geocomposto-drenante/>. Acesso em 02 de Outubro de 2016.

GEOSOLUÇÕES. Geossintéticos. Disponível em: <http://www.geosolucoes.com/geocelula-strataweb>. Acesso em 02 de Outubro de 2016.

GEROTO, Afonso C. M. Marques Regis E.. **Manual brasileiro de geossintéticos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 570 p.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.

GEOSSYNTHETICA. Geossintéticos. Disponível em: <http://geosynthetica.net.br/estabilizacao-e-controle-de-erosao-superficial/>. Acesso em 09 de Outubro de 2016.

HUESKER. Geossintéticos. Disponível em: <http://www.huesker.com.br/fileadmin/Media/Brochures/PT/PB-Incomat-br.pdf>. Acesso em 02 de Outubro de 2016.

HUESKER. Geossintéticos. Disponível em: <http://www.huesker.com.br/produtos/geossinteticos/geogrelhas/fortrac-3d.html>. Acesso em 05 de Outubro de 2016.

VERTEMATTI, José Carlos et al. **Manual brasileiro de geossintéticos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 570 p.

VILAR, O. M.; PRANDI, E.C. Erosão dos solos. In: Cintra, J. C. A.; Albiero, J. H. (eds.). **Solos do interior de São Paulo**. São Carlos: ABMS/USP. 1995 p. 177-205.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D **Predicting rainfall erosion losses**. A guide to conservation planning. Washington, DC: USDA-SEA, 1978.

PINTO, Carlos de Sousa et al. **FUNDAÇÕES TEORIA E PRÁTICA**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. 751 p.

SAINT GOBAIN. CANALIZAÇÃO. Disponível em: <http://www.saint-gobain-canalizacao.com.br/manual/solo.asp>. Acesso em 02 de Maio de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORAMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**: ROCHAS E SOLOS. Rio de Janeiro: Normatecnica, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: SOLO - ANÁLISE GRABULOMÉTRICA. Rio de Janeiro: Normatecnica, 1984.