



# **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

HIAGO DIAS NEVES NOLETO

PROPOSTA DE VIABILIDADE TÉCNICA NO CONTROLE DE PROCESSO  
EROSIVO EM PEDRO AFONSO-TO

Palmas – TO

2019

Hiago Dias Neves Noieto  
PROPOSTA DE VIABILIDADE TÉCNICA NO CONTROLE DE PROCESSO  
EROSIVO EM PEDRO AFONSO-TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof. Esp. Kenia Parente Lopes e Mendonça

Palmas – TO

2019

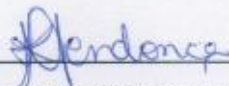
Hiago Dias Neves Noieto  
PROPOSTA DE VIABILIDADE TÉCNICA NO CONTROLE DE PROCESSO  
EROSIVO EM PEDRO AFONSO-TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Kenia Parente Lopes e Mendonça

Aprovado em: 13 / 11 / 2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Kenia Parente Lopes e Mendonça

Orientador

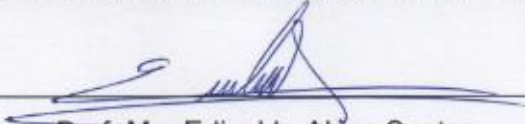
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas

Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Me. Edivaldo Alves Santos.

Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2019

## EPÍGRAFE

“O trabalho e a dedicação são a única estrada que leva ao verdadeiro sucesso.”

(autor desconhecido)

## **AGRADECIMENTO**

Este momento primeiramente a Deus, que me deu a vida, a saúde, as oportunidades para que eu persistisse e superasse os desafios que surgiram ao longo dessa caminhada, a meus amados e queridos pais, Jesus Antonio Dias Noletto e Maria Régina Sousa Neves, pelos inúmeros sacrifícios para me conceder uma educação digna, aos meus irmãos Walison Dias Neves Noletto e Hian Dias Neves Noletto pela ajuda incondicional ao longo de minha formação.

Agradeço a orientadora e Prof.<sup>a</sup> Kenia Parente Lopes e Mendonça que sempre demonstrou preocupação com a caminhada deste trabalho, e sempre muito prestativa e compreensiva, disposta a oferecer o melhor do seu conhecimento e profissionalismo.

Aos meus amigos de minha amada cidade que mesmo a distancia, sempre ajudaram a chegar neste momento. Aos meus colegas de faculdade pela persistente busca pelo conhecimento.

## RESUMO

**NOLETO**, Hiago Dias Neves. **Proposta de viabilidade técnica no controle de processo erosivo em Pedro Afonso-TO**. 2019, 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduando) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, (CEULP ULBRA) Palmas – TO, 2019.

O presente trabalho objetivou a análise de uma voçoroca em Pedro Afonso-TO. Para cessar o processo de erodibilidade, propôs-se uma proposta de viabilidade técnica, identificando as principais condicionantes para chegar ao agente causador e apresentar soluções tecnológicas como o uso de estrutura em Gabião e Geotêxtil para solucionar o problema. Definindo a viabilidade técnica e validação dos métodos, realizou-se o dimensionamento fictício através de software, avaliando o despenho da estrutura sobre o solo existente, que foi satisfatório segundo as condições e dimensões propostas, comprovando a possibilidade de se aplicar as técnicas.

**Palavras chave:** Pedro Afonso-TO. Processo erosivo. Gabião.

## ABSTRACT

**NOLETO**, Hiago Dias Neves. **Technical feasibility proposal in erosion process control in Pedro Afonso-TO**. 2019, 70 f. Final Paper (Graduating) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, (CEULP ULBRA) Palmas - TO, 2019.

The present work aimed the analysis of a gully in Pedro Afonso-TO. To cease the erodibility process, a technical feasibility proposal was proposed, identifying the main constraints to reach the causative agent and to present technological solutions such as the use of Gabion and Geotextile structure to solve the problem. Defining the technical feasibility and validation of the methods, the dummy design was performed by software, evaluating the performance of the existing soil structure, which was satisfactory according to the proposed conditions and dimensions, proving the possibility of applying the techniques.

**Keywords:** Pedro Afonso-TO. Erosive process. Gabion.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Formação de ravinas e voçorocas .....	17
Figura 2: Exemplo de Gabião tipo Caixa .....	22
Figura 3: Gabião tipo Colchão.....	23
Figura 4: Gabião tipo Saco.....	23
Figura 5: Tipos de Ruptura.....	24
Figura 6: Forças atuantes sobre a estrutura.....	25
Figura 7: Verificação Deslizamento.....	25
Figura 8: Verificação Tombamento.....	26
Figura 9: Verificação Carga da Fundação.....	26
Figura 10: Método de Ruptura Global.....	27
Figura 11: Georrede.....	30
Figura 12: Geogrelha.....	32
Figura 13: Geocompostos (Georrede com Geotêxtil não tecido).....	33
Figura 14: Geomanta.....	35
Figura 15: Geogrelha Tridimensional.....	36
Figura 16: Geocélula.....	37
Figura 17: Imagem via Satélitelocalização de ponto erodível em Pedro Afonso-TO.	40
Figura 18: Localização da área de estudo.....	40
Figura 19: vegetação existente.....	42
Figura 20: ponto de lançamento da rede de drenagem urbana.....	43
Figura 21: ponto de lançamento da rede de drenagem urbana.....	43
Figura 22: sistema de drenagem e pavimentação da principal via de acesso da área em estudo.....	44
Figura 23: imagem aérea das vias próximas à área em estudo.....	44
Figura 24: propriedade particular muito próxima da voçoroca.....	46
Figura 25: erosão no leito do rio sono.....	47
Figura 26: Mapa destacando as áreas com construções em áreas de proteção de Pedro Afonso em vermelho e a Lagoa da Cruz em verde.....	48
Figura 27: Pontos de erosão às margens do rio colocam construções irregulares em risco.....	48
Figura 28: Perfil do talude da voçoroca com altura de 2,80m.....	54
Figura 29: Relatório de dimensionamento.....	61



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Propriedade dos Geossintéticos.....	38
Quadro 2: Coeficientes de verificação da estabilidade de muros de contenção. ....	52
Quadro 3: Avaliação dos Parâmetros de Resistência e de deformabilidade em Função do SPT .....	59
Quadro 4: Relações entre índice de resistência a penetração com taxa de admissível para solos arenosos.....	60
Quadro 5: Tipo de recha relacionada seu Peso específico.....	60
Quadro 6: RESULTADOS COMPARADOS A NBR 11882.....	65

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
IGS	Sociedade Internacional de Geossintéticos
NATURATINS	Instituto Natureza do Tocantins
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PERM'S	Materiais Geossintéticos de uso Permanente
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
SEPLAN	Secretaria da Fazenda e Planejamento
TERM'S	Materiais Geossintéticos de uso Temporários
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil
USLE	Equação Universal de Perdas de solo
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
IPT	Instituto de pesquisa Tecnológica
SPT	Standard Penetration Test
PVC	Policloreto de polivinila (ou policloreto de vinil)

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: de serviço da rua vinte e quatro de outubro.....	45
Tabela 2: Análise granulométrica solo 1 Percentuais de massa retidas por peneiras. .....	55
Tabela 3: Análise granulométrica solo 2 Percentuais de massa retidas por peneiras. .....	56
Tabela 4: Análise granulométrica solo 3 Percentuais de massa retidas por peneiras. .....	58

## CONTENÚDO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 Objetivos .....	14
1.1.1 Objetivo Geral .....	14
1.1.2 Objetivos Específicos .....	14
1.2 HIPÓTESE .....	14
1.3 JUSTIFICATIVA .....	15
1.4 PROBLEMA .....	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
2.1 Erosão .....	17
2.1.1 Erosão Superficial .....	17
2.1.2 Erosão Subterrânea (INTERNA OU “PIPING”).....	18
2.1.3 Ravinamento .....	18
2.2 PRÁTICAS para o Controle de Voçorocas .....	19
2.2.1 Dissipadores de Energia .....	20
2.2.2 Gabião .....	21
2.2.3 Pré Dimensionamento.....	24
2.2 Geossintéticos .....	27
2.3 Geossintéticos TEMPORARIOS (TERM’s.).....	29
2.3.1 Georredes .....	29
2.3.1.1 Aplicações das Georredes .....	30
2.3.2 Geogrelhas .....	30
2.3.2.1 Aplicações das Geogrelhas .....	31
2.3.3 Geocompostos (Georrede com Geotêxtil não tecido) .....	32
2.3.3.1 Aplicações de Geocompostos .....	32
2.4 GEOSSINTÉTICOS permanentes (PERMs). .....	33
2.4.1 Geomantas .....	34
2.4.1.1 Aplicações de Geomantas.....	34
2.4.2 Geogrelha Tridimensional .....	35
2.4.2.1 Aplicações das Geogrelhas Tridimensionais .....	35
2.4.3 Geocélulas .....	36
2.4.3.1 Aplicações de Geocélulas .....	36
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>39</b>
3.1 DESENHO DE ESTUDO.....	39

3.2 Caracterização da Área de estudo.....	40
3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS E ANÁLISE.....	41
3.3.1 Identificação de pontos erosivos na cidade de Pedro Afonso-TO.....	41
3.3.2 Identificação das condicionantes do processo erosivo em Pedro Afonso.....	43
3.3.3 Sugestão de métodos de contenção ou controle dos processos erosivos.....	49
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>53</b>
<b>5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>66</b>
5.1 Conclusão.....	66
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	67
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das grandes cidades está relacionado diretamente ao crescimento populacional, fator crescente no Brasil desde a revolução industrial. No entanto, as cidades nem sempre possuem um plano diretor estratégico, com diretrizes de uso e ocupação do solo de forma racional, em que a infraestrutura criada promova menor impacto e degradação ao meio ambiente e melhore a qualidade de vida da população.

O Tocantins, mais novo estado e em maior crescimento proporcional. Tendo em vista a capital Palmas-TO com plano diretor planejado, tem consequências provenientes da impermeabilização do solo, como a ineficiência da rede de microdrenagem que alteram o ciclo hidrológico e tornam-se catalisadores do processo erosivo.

As erosões superficiais é um processo natural oriundo de intempéries e potencializado pela morfologia, intensidade pluviométrica, como também pela expansão desordenada da urbanização. Em Pedro Afonso-TO consequências proveniente ao fenômeno são visíveis à margem esquerda do rio Sono, são pontos onde devido à erodibilidade grande parte dos resíduos (massa de solo) e carregado ate as margens do rio Sono, ocasionando assoreamento.

Este trabalho propõe o estudo da área em processo de erosão em Pedro Afonso-TO e apresentar soluções tecnológicas para controle, com o uso de métodos aplicados relacionando a maneira mais adequada de prevenir uma erosão é utilizar simultaneamente diversas práticas associadas, de forma que estas sejam efetivas.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Apresentar uma proposta alternativa e tecnológica com uso de métodos, para controle de processo erosivo identificado na cidade de Pedro Afonso-TO.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Catalogar na cidade de Pedro Afonso pontos com processos erosivos;
- Identificar as principais condicionantes do processo erosivo em Pedro Afonso-TO;
- Sugerir métodos de contenção ou controle dos processos erosivos com o uso de técnicas associadas.
- Analisar a viabilidade técnica da proposta sugerida para solução do problema.

## **1.2 HIPÓTESE**

- Ineficiência do sistema de drenagem urbana.
- Ocupação desordenada do solo.

### **1.3 JUSTIFICATIVA**

A crescente urbanização, e os problemas sócio-ambientais nas cidades se intensificam, devido ao crescimento desordenado, desconsiderando os limites impostos pelo ambiente. Nesse sentido, os processos erosivos tornam-se mais presentes nos centros urbanos, e à utilização dos Geossintéticos como soluções construtivas para resolver problemas de erosões, como também às estruturas em muro utilizadas como elemento de contenção e drenagem, já está consolidado em muitos mercados brasileiros, porém o uso da nova tecnologia é de grande valia ao enfoque da temática estudada, como também a buscar por aplicar o melhor método em relação à viabilidade técnica.



#### **1.4 PROBLEMA**

A problemática abordada neste trabalho tem como foco principal a cidade de Pedro Afonso – TO, visto que com o avanço da ocupação física do solo, e por localizar-se entre dois rios, Sono e Tocantins, a cidade apresenta solo com características morfológicas que potencializam os processos erodibilidade, causados pela ineficiência do sistema de drenagem urbana, surgindo à necessidade da discussão sobre; Qual a proposta e viabilidade de utilização de métodos para estabilizar ou minimizar esse fenômeno?

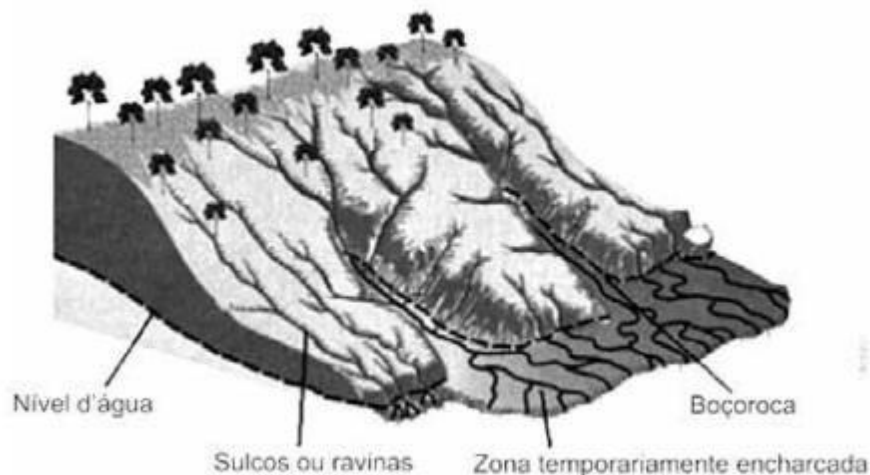
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 EROSÃO

A erosão define-se como um conjunto de processos pelos quais os materiais de crosta terrestre são desagregados, dissolvidos ou desgastados e deslocados 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 e uso do solo (VILAR, 1995).

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

Figura 1: Formação de ravinas e voçorocas



Fonte: LIMA, 2003 apud SANTOS 2015.

#### 2.1.1 Erosão Superficial

Farias (2005), afirma que a erosão superficial é o resultado da desagregação e carregamento 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), Diz que, este fenômeno ocorre quando, o gradiente hidráulico promove constante fluxo sobre a superfície do 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.

Cumprе 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:

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

**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.

## 2.2 PRÁTICAS PARA O CONTROLE DE VOÇOROCAS

As Voçorocas são pendas profundas feitas no solo pelas águas. É o produto da águas, que ao percorrer a face do solo. Ravinas são incisões mais profundas de forma alongada e raramente ramificadas. Já as voçorocas podem ser apresentadas em perfil transversal sob a forma de U ou de V, dependendo da geologia estrutural do fundo. As voçorocas são a evolução das ravinas, aumentando em profundidade podendo atingir o nível do lençol freático.

Galerani (1995) afirma que a estabilização de voçorocas destina em estabelecer o perfil de equilíbrio da mesma, para que impeça a evolução lateral através dos fatores que potencializem.

De forma essencial deve-se, preveni se o escoamento superficial, que pode ocorrer por conta de pontos de concentração, e ao saturar, carregam as partículas de solos. Uma das tomadas de decisão mais importante é impedir que as águas do lençol freático e as águas de chuva permaneçam levando o solo para jusante. (Santos, 2008)

Existem diversas formas de controle de voçorocas, a EMBRAPA, elencou algumas propostas, a partir dos autores DAEE/IPT (1989), Bertolini e Lombardi Neto (1994), e Almeida e Ridente Jr. (2001), sendo elas:

- Fazer a drenagem d' água subterrânea que aflora no fundo e nas laterais da voçoroca. A melhor forma de controlar esse tipo de erosão é coletar e conduzir esse volume até o curso de água mais próximo, o que pode ser executado com pedra, materiais provenientes da natureza, como o bambu ou de material geotextil;
- O controle da erosão é proveniente da captação do volume. Para evitar o escoamento superficial, se concentra em um ou mais locais, e para potencializar a formação de voçorocas, utiliza-se, como controle, as formas mecânicas e vegetativas;
- Abrandar os taludes da erosão, considerando que as encostas das voçorocas são,
  - comumente, muito elevadas, possuindo a necessidade de suavizar a declividade, fator este que favorece, via de regra, a estabilização dos taludes, reduzindo a atuação da força gravitacional, além de promove um plantio da vegetação, com intuito de o proteger;
- Estabelecer pequenas barragens, com a utilização de estruturas, tais como: madeira, pedra, galhos ou troncos de árvores, entulho ou terra, que for definido em projeto, com a finalidade de evitar o escoamento em velocidade no interior da erosão;

### **2.2.1 Dissipadores de Energia**

Normatizada pelo DNIT, nº 022/2004, tem como função reduzir a velocidade do escoamento superficial e garantir um fluxo menos turbulento em uma voçoroca.

Para controlar esse fluxo da água aplicam-se a estruturas que reduzem a velocidade, ou seja, uma estrutura que possa proteger o talude ou até mesmo evitar que ocorra o assoreamento de um manancial. A aplicação de dissipadores de energia consiste em degraus, que faz com que a energia diminua gradativamente.

Para dimensionar essa estrutura é necessário determinar as condições de energia de escoamento iniciais e finais, assim como as suas cargas cinéticas, associando às velocidades médias.

Esse modelo de estrutura pode ser construída em concreto, segundo a norma DNIT nº 022/2004. A utilização deste material deverá ser dosada de forma coerente e experimentalmente para uma resistência característica à compressão mínima, aos 28 dias, de 15 Mpa. Já os dissipadores em concreto ciclópico, utiliza-se a pedra de mão, com diâmetro por volta de 10 a 15 cm, preenchendo os vazios com concreto de cimento, e finalizando com o concreto armado, que devido a grande declividade utiliza-se esse tipo de material.

Esta mesma norma pontua alguns tipos de dissipadores, que a sua escolha é em função das descargas a serem dissipadas, além das condições de deságue, quais são:

- Dissipadores de concreto com berço contínuo de pedra argamassada;
- Dissipadores de concreto com caixa de pedra argamassada;
- Dissipadores de concreto monolítico com dentes de concreto;
- Dissipadores de concreto monolítico em degraus.

## **2.2.2 Gabião**

A BEKAERT 2013 fixa gabião como armações constituídas de ferro e arame, onde tem desígnio a fixação das pedras. Com dimensões comuns de 1m x 1m x 1m, mas podendo variar de acordo com o volume da água acumulada, altura, largura e talude da parede. Primeiramente armar a gaiola, posteriormente posiciona-se os pedregulhos de forma que estes permaneçam bem encaixados e ocupando o máximo de espaço.

Existem diversos tipos de barragens com gabião aplicadas no controle de voçorocas, segue abaixo as principais:

### **2.2.2.1 Gabião tipo Caixa**

Com forma de paralelepípedo, e construídas em telas com formato hexagonal de dupla torção que formam a base, as paredes verticais e a tampa. As paredes

verticais são presas à tela de base e as demais paredes por processo mecânico de torção ou por um fio espiral contínua, o que garante perfeita união e articulação entre as telas como apresenta a figura 2. Normalmente a estrutura é dividida em células ao longo da sua extensão por diafragmas colocados a cada metro e presos à peça principal pelo fio em espiral contínua. (BEKAERT, 2013)

Figura 2: Exemplo de Gabião tipo Caixa



Fonte: Maccaferri, 2019.

#### 2.2.2.2 Gabião tipo Colchão.

As peças com formato de paralelepípedo de pequena altura e são constituídas de telas em malha hexagonal de dupla torção, formando a base, as paredes verticais e as extremidades. O colchão é dividido em células, ao longo do comprimento, por diafragmas colocados a cada metro e presos à peça principal por um fio, em espiral contínua. (BEKAERT, 2013)

Figura 3: Gabião tipo Colchão.



Fonte: Maccaferri, 2019.

### 2.2.2.3 Gabião tipo Saco

É formado de um único pano de tela em malha hexagonal de dupla torção retangular que, no momento da montagem, é enrolado de modo a unir os lados maiores do retângulo, assumindo a forma cilíndrica. Nas bordas livres das extremidades, passa alternadamente pela malha um fio de diâmetro maior que aquele usado na malha da tela, com finalidade de reforçar as extremidades, possibilitando que elas sejam apertadas e a peça formada. (BEKAERT, 2013)

Figura 4: Gabião tipo Saco



Fonte: Maccaferri, 2019.



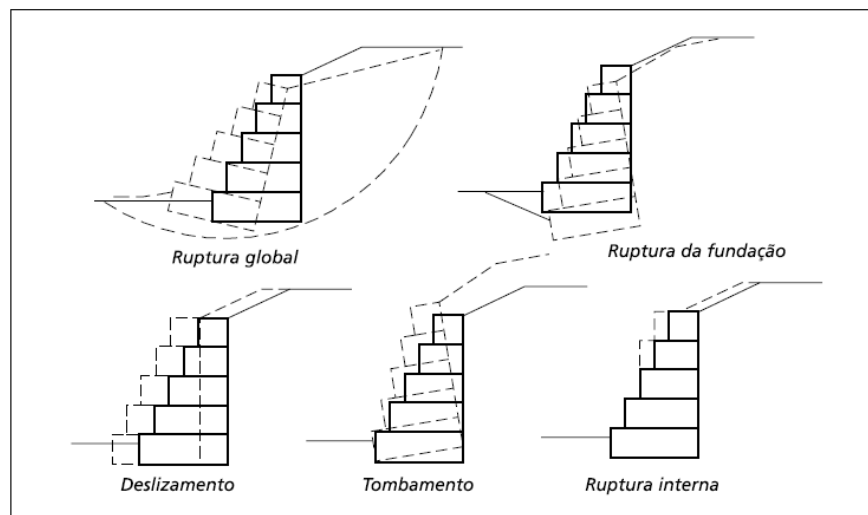
### 2.2.3 Pré Dimensionamento

Diante das tipologias de gabião existentes, ao projetar deve-se determinar os seguintes parâmetros:

#### 2.2.3.1 Determinação das Estabilidades

Segundo a MACCAFERRI (2009), deve se verificar a estabilidade do muro, ou seja, as condições de deslizamento da base, tombamento, capacidade de carga de fundação, ruptura global e a ruptura interna, de acordo com a figura abaixo:

Figura 5: Tipos de Ruptura.

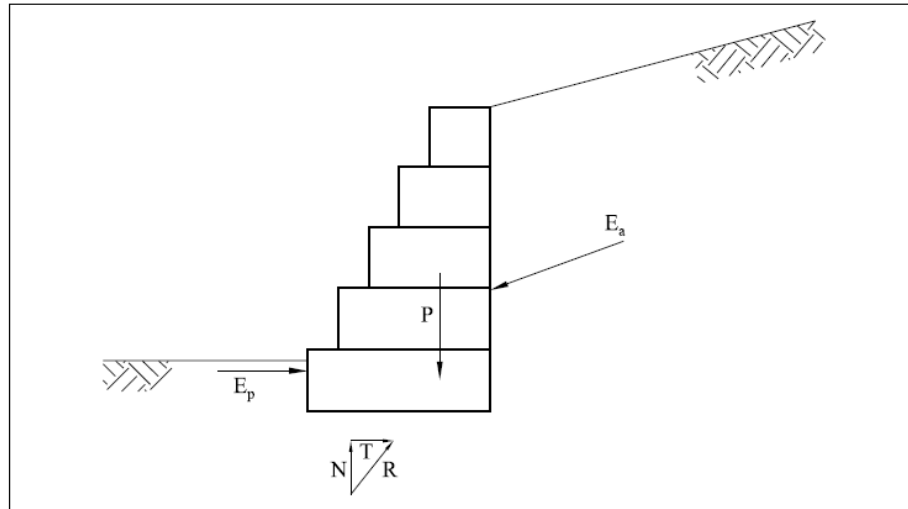


Fonte: Tipos de ruptura de muros de gabiões (MACCAFERRI, 2009)

#### 2.2.3.2 Determinação dos empuxos

O mais importante para tomada de decisão a respeito da estrutura de gabião é pontuar a ação que o solo tem sobre as estruturas projetadas, Ea impuxo ativo, Ep empuxo passivo conforme figura abaixo:

Figura 6: Forças atuantes sobre a estrutura.

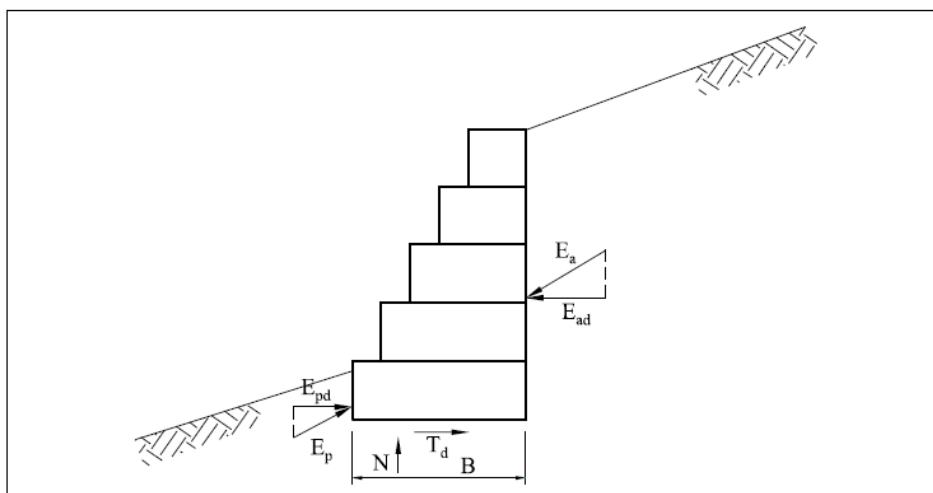


Fonte: Forças que atuam sobre a estrutura de arrimo (MACCAFERRI, 2009)

### 2.2.3.3 Verificação da estabilidade contra o deslizamento da base

Consiste em determinar o fator de segurança a partir do somatório das forças que resistem, juntamente, com as forças solicitantes, isso deve ser igual ou superior a 1,5, conforme figura abaixo.

Figura 7: Verificação Deslizamento.

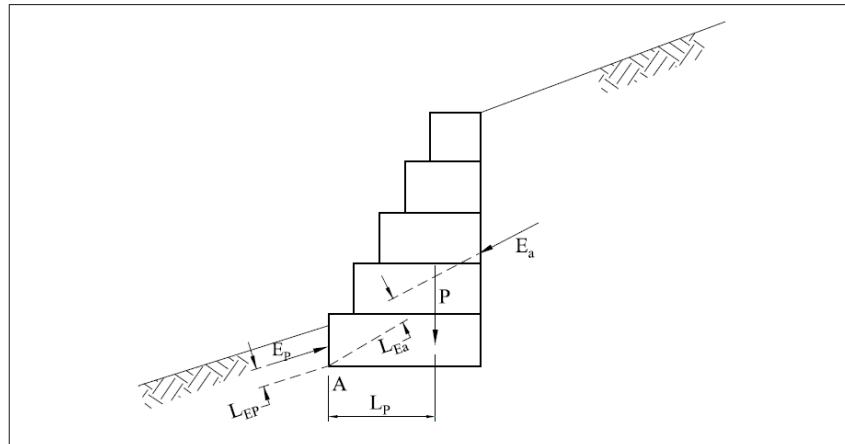


Fonte: Verificação quanto ao deslizamento (MACCAFERRI, 2009)

### 2.2.3.4 Verificação da estabilidade contra o tombamento

Deve fazer uma análise dos momentos atuantes na estrutura, em relação à aresta da base, e o mesmo deve ser superior igual a 1,5, conforme figura abaixo:

Figura 8: Verificação Tombamento.

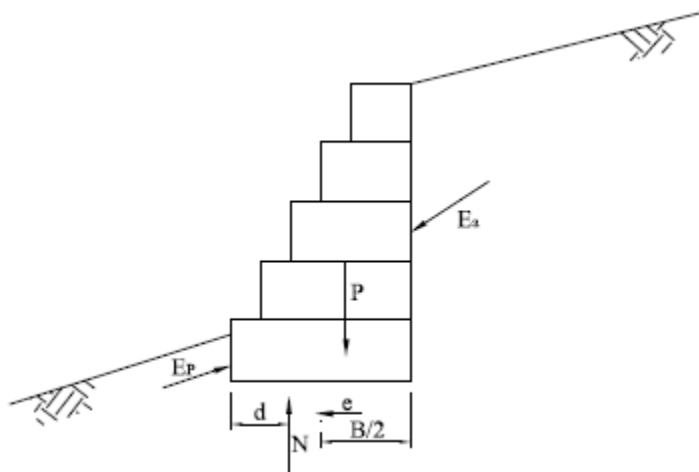


Fonte: Verificação quanto ao tombamento (MACCAFERRI, 2009)

### 2.2.3.5 Verificação da capacidade de carga da fundação

De acordo Marango (2009) a classificação de pressões verticais na base do muro proporciona uma forma trapezoidal. Esta classificação não é uniforme devido à ação combinada do peso  $P$  e do empuxo  $E$  sobre o muro. Assim, obtém-se:

Figura 9: Verificação Carga da Fundação.



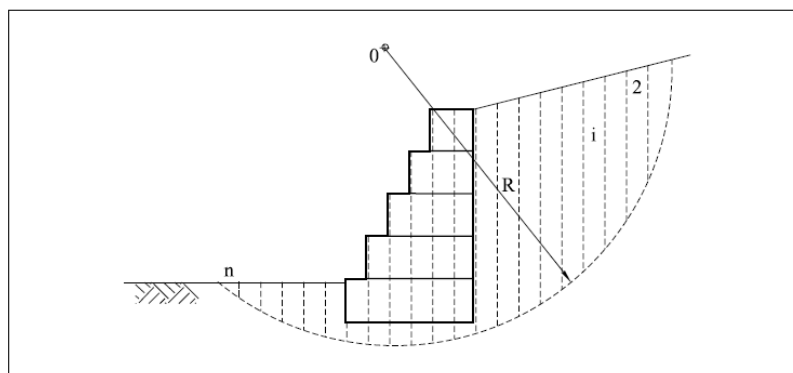
Fonte: Verificação quanto à capacidade de carga da fundação (MACCAFERRI, 2009)

### 2.2.3.6 Verificação da estabilidade contra a ruptura global

Marango (2009) Afirma que a probabilidade de instabilidade global do talude, abrange o conjunto de estrutura e o solo, que devem ser seriamente apuradas por meio dos métodos de análise de taludes por equilíbrio limite. Para a análise da

estabilidade global, os principais parâmetros a serem utilizados são os pesos específicos dos materiais e os parâmetros de resistência do solo. A mais utilizada é por Fellenius, onde a estabilidade tem que ser  $\geq 1,5$ .

Figura 10: Método de Ruptura Global.



Fonte: Método de Bishop (superfície de ruptura cilíndrica) (MACCAFERRI, 2009)

### 2.2.3.7 Verificação da estabilidade contra a ruptura interna

O gabião pode sofrer esforços internos provocados pelo carregamento externo do empuxo e sobrecargas aplicadas diretamente sobre ela (MARANGO, 2009). Portanto, deve-se verificar a possibilidade de ruptura interna da estrutura de arrimo.

## 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)

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 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).

De acordo com a Sociedade Internacional de Geossintéticos (IGS), geossintético é um material polimérico, natural ou sintético, usado em contato com materiais naturais, como solo ou rocha, ou qualquer outro material geotécnico utilizado em aplicações de engenharia civil.

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), diserta 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).

## **2.3 GEOSSINTÉTICOS TEMPORARIOS (TERM'S.)**

### **2.3.1 Georredes**

A geocam (2016, p. 1) afirma 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).

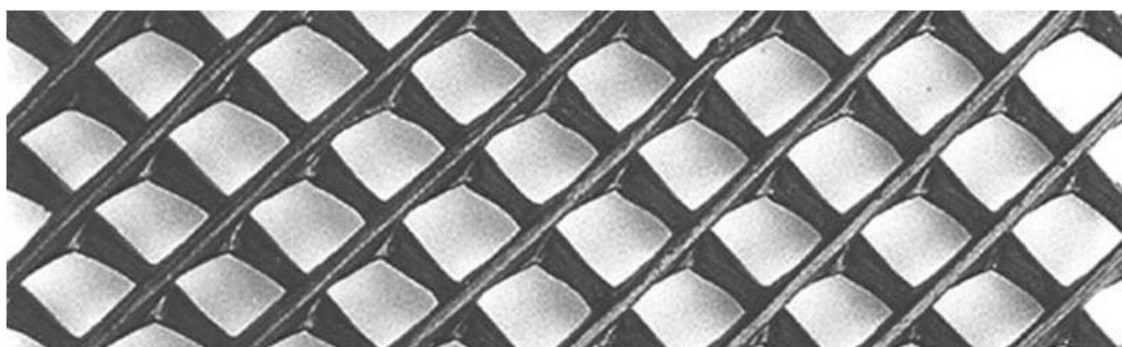
Uma Georrede de 5 mm de espessura é equivalente a uma camada drenante (material granular) de 30 cm, conforme indicado por alguns fabricantes (Macaferri).

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.

### 2.3.1.1 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 11: Georrede.



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

### 2.3.2 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 Inter travamento 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.

### **2.3.2.1 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 12: Geogrelha.



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

### 2.3.3 Geocompostos (Georrede com Geotêxtil não tecido)

Os Geocompostos são formados por um núcleo drenante em Georrede 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)

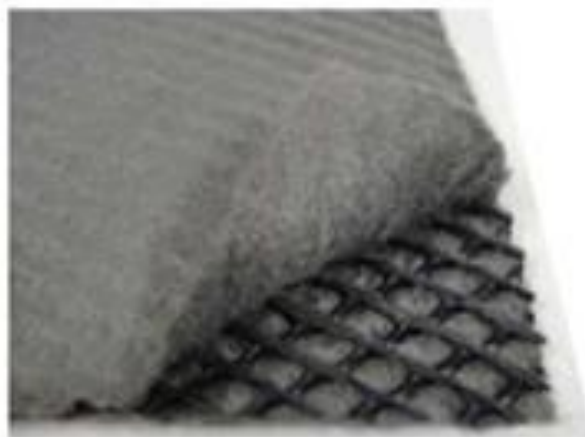
geocomposto drenante é utilizado como sistema drenante em substituição aos materiais granulares (pedra britada, seixo rolado, cascalho, etc.), permitindo uma significativa redução na espessura do sistema drenante. Em obras de engenharia, tem como funções principais a drenagem de líquidos e gases, retenção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

#### 2.3.3.1 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 13: Geocompostos (Georrede com Geotêxtil não tecido).



Fonte: [http://www.akronrs.com.br/produto\\_especificacoes.asp?idProduto=26](http://www.akronrs.com.br/produto_especificacoes.asp?idProduto=26)

## 2.4 GEOSSINTÉTICOS PERMANENTES (PERMS).

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)

#### **2.4.1 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.

##### **2.4.1.1 Aplicações de Geomantas**

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

Figura 14: Geomanta.



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

## 2.4.2 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.

### 2.4.2.1 Aplicações das Geogrelhas Tridimensionais

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

Figura 15: Geogrelha Tridimensional.



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

### 2.4.3 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.

#### 2.4.3.1 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 16: Geocélula.



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

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.

A Classificação dos Geossintéticos é feita de acordo com o seu processo de fabricação e características. Os principais tipos de geossintéticos são: geotêxtil, geogrelha, georredes, geomembranas, geocompostos, geocélulas e os geodrenos.

Quadro 1: Propriedade 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.

Referente o exposto, ressaltam-se a área em erosão as margens dos rios como importantes espaços de uso coletivo, onde as pessoas fazem uso do rios para diversas atividades dentre elas o lazer, além de propriedades e edificações nas proximidades.

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 e patrimonial das pessoas com possíveis acidentes e danos ambientais.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 DESENHO DE ESTUDO

A presente pesquisa trata-se, quanto à natureza, de uma pesquisa aplicada e quali-quantitativa. Quanto aos objetivos metodológico, é uma pesquisa exploratória, buscando tornar claro os problemas levantados, mesmo que não se atinja a verdade absoluta da hipótese.

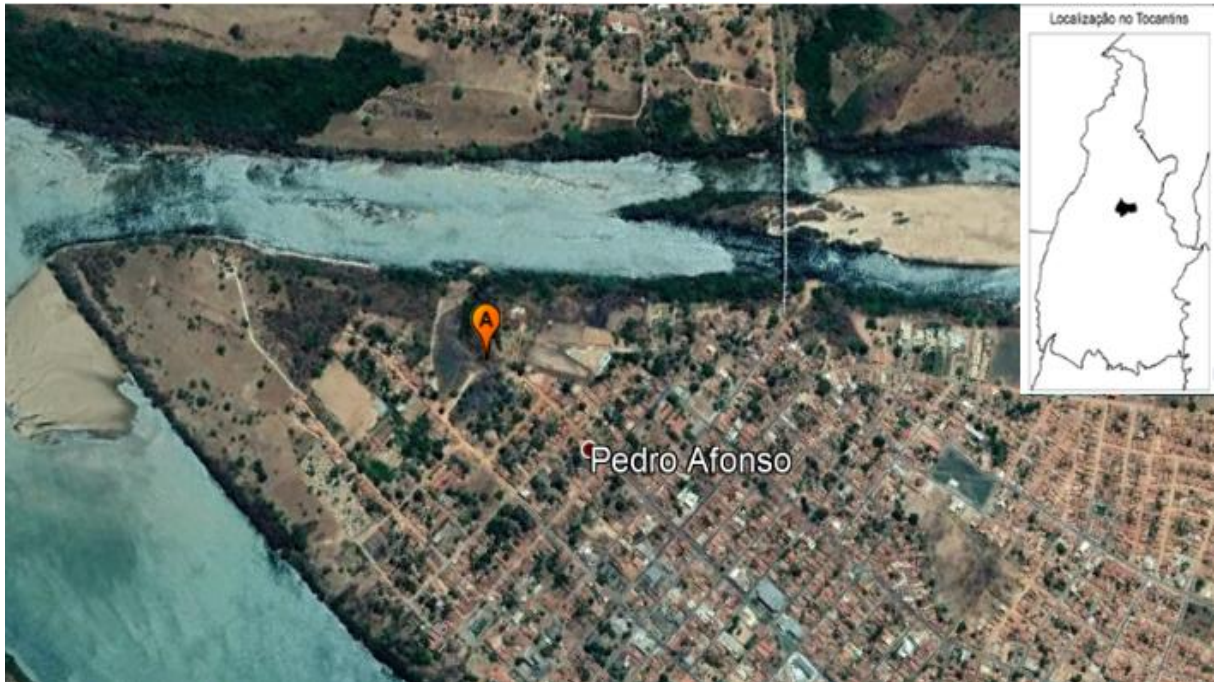
Inicialmente realizou-se, a partir de um referencial bibliográfico, de acordo com a proposta, obtendo conhecimento a cumprimento desta pesquisa. Fazendo uma análise com os dados coletados, propõe - se apresentar métodos para, a possível viabilidade técnica no controle de processos erosivos em Pedro Afonso - TO, abaixo apresenta as etapas que foram seguidas para chegar ao objetivo proposto seja:

- Caracterização da área de estudo
- Instrumento de coleta e análise
- Identificação de pontos erosivos em Pedro Afonso -TO.
  - Registro fotográfico através e visita ao local
- Identificação das condicionantes do processo erosivo.
  - Análise do traçado viário
  - Observação das condições do sistema de drenagem de águas pluviais
  - Observação das edificações nas proximidades da área estudada
  - Caracterização do solo Ensaio de granulometria
  - Levantamento ou estudos Planialtimétricos já feitos
- Sugestão de método de contenção ou controle dos processos erosivos
  - Apresentação dos métodos
  - Critérios de dimensionamento



### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Figura 17: Imagem via Satélite - localização de ponto erodível em Pedro Afonso-TO.



Fonte: adaptada Google Earth 2019

Figura 18: Localização da área de estudo.



Fonte: Autor (2019).

Pedro Afonso-TO, possui uma população estimada em 2019 de 13.578 habitantes, segundo IBGE. Localizada entre os Rios Sono e Tocantins e a 206km da capital Palmas-TO. O município tem como base de sua economia o agronegócio, sendo considerada a capital da soja e que abriga atualmente a maior e mais expressiva usina Sucroalcooleira da região norte do país, sendo uma das cidades líder em exportação do Tocantins.

A área de estudo desse trabalho encontra-se no perímetro urbano do município, mais precisamente no fim da rua vinte e quatro de outubro, nas coordenadas latitude 8°58'6.59"S e longitude 48°10'23.48"O. As Figuras 17 e 18 representam o mapa de localização da área de estudo, respectivamente.

### **3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS E ANÁLISE**

#### **3.3.1 Identificação de pontos erosivos na cidade de Pedro Afonso-TO.**

Continuamente, foram realizadas visitas ao local da erosão, onde foi feito um relatório fotográfico com o intuito de caracterizar, de forma visual, a real situação física do local, para se identificar a possível causa do problema, como: tipo de processo erosivo, o estágio que se encontra, a existência de cobertura vegetal, a característica do solo (Perfil), declividade, extensão da erosão e os métodos já empregados. O Google Earth Pro, foi utilizado para delimitar a área da erosão além de cotas e declividade visto que não se encontrou nenhum estudo anterior, sobre o local.

Para finalizar esta etapa, foi realizada uma identificação, para pontuar as características do solo existente na área, através do ensaio de granulométrica. Após esta identificação foram utilizadas bibliografias para elencar as características do solo, haja em vista a prefeitura municipal de Pedro Afonso-TO, não forneceu os dados pois não possuía nenhum estudo de solo sobre o local.

Foi realizado um levantamento dos dados por meio de visitas ao local, área **A** identificada na figura 8 e 9, para identificar os pontos que apresentam características erosivas. Para isso, realizou-se um registro para subsidiar a tomada de decisão que promova viabilidade técnica de estabilização do processo erosivo. Foram eles:



### 3.3.1.1 Registros fotográficos através de vista no local:

Uma vez que os órgãos ambientais locais, não possuía nenhum tipo de estudo sobre o fenômeno, fez-se necessário buscar caracterização e identificação das manifestações erosivas e vegetação existente, visitando o local. A primeira visita realizada no dia 03 de março de 2019, onde as condições de vegetação de gramíneas e lixo acumulado no local, não permitia que se tivesse uma visão ampla sobre do fenômeno estudado como identificado na figura 19. Porém já era visível uma grande área com processo erosivo bastante avançado, se estendendo em direção ao rio sono.

Figura 19: vegetação existente.



Fonte: Autor (2019).

A segunda visita foi realizada no dia 28 de julho de 2019, com o período de estiagem a área foi vítima de um incêndio acidental, com ajuda de um Drone, foi identificada toda a área submetida ao processo de erosão além de duas tubulações de 1000 mm de diâmetro equidistantes, como apresenta a figura 20 e 21 ambas direcionadas para a área estudada, que possivelmente seja do sistema de drenagem urbana, sendo assim um fator de contribuição para o processo erosivo.

Figura 20: ponto de lançamento da rede de drenagem urbana.



Fonte: Autor (2019).

Figura 21: ponto de lançamento da rede de drenagem urbana.



Fonte: Autor (2019).

### 3.3.2 Identificação das condicionantes do processo erosivo em Pedro Afonso

Os fatores fundamentais que podem influenciar nas condicionantes do processo erosivos podem ser vistas como, fatores climáticos, precipitação, tipo de solo e relevo, ocupação desordenada, alteração da cobertura vegetal. Diante disso os fatores que influenciam foram observados visitando o local, através de algumas inferências.



### 3.3.2.1 Análise do traçado viário:

Através de visita ao local e com utilização de imagens feita por Drone, observou se que todas as avenidas, referente ao setor central próximo a área em estudo, se encontram pavimentadas com meio fio e sarjeta, além de sistema de drenagem urbana, como mostra a figura a figura 22 e 23.

Figura 22: sistema de drenagem e pavimentação da principal via de acesso da área em estudo.



Fonte: Autor (2019).

Figura 23: imagem aérea das vias próximas à área em estudo.



Fonte: Autor (2019).

### 3.3.2.2 Observação das condições do sistema de drenagem de águas pluviais:

Na primeira visita ao local observou-se uma tubulação que possivelmente faria parte do sistema de drenagem, isso foi confirmado através de uma nota de serviço fornecida pelo engenheiro civil Vinnicius Santos Tavares, responsável pela secretaria de infraestrutura de Pedro Afonso-TO, onde foi feita uma manutenção na rede de captação de água pluvial, na rua vinte e quatro de outubro com vazão média de 4,69m<sup>3</sup>/seg, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: de serviço da rua vinte e quatro de outubro.

PV's Estaca	Distância	Cota		MANILHA DIAMETRO	Inclinação %	CORTE	OBSERVAÇÃO
		Terreno	Projeto				
0+5,050	0,000	250,000	248,300	1,000	0,00477	1,700	PV - 0001 3X3
1	20,000	250,090	248,204	1,000	0,00477	1,886	
2	40,000	250,173	248,109	1,000	0,00477	2,064	
3	60,000	250,207	248,014	1,000	0,00477	2,193	
4	80,000	250,181	247,918	1,000	0,00477	2,263	
4+13,726	93,726	250,139	247,851	1,000	0,00477	2,288	PV - 0002 2x2
5	100,000	250,117	247,823	1,000	0,00477	2,294	
6	120,000	250,241	247,727	1,000	0,00477	2,514	
7	140,000	250,279	247,632	1,000	0,00477	2,647	
8	160,000	250,268	247,536	1,000	0,00477	2,732	
9	180,000	250,301	247,441	1,000	0,00477	2,860	
10	200,000	250,309	247,346	1,000	0,00477	2,963	
10+16,18	216,180	250,285	247,268	1,000	0,00477	3,017	PV - 0003 2X2
11	220,000	250,240	247,250	1,000	0,00477	2,990	
12	240,000	250,162	247,155	1,000	0,00477	3,007	
13	260,000	250,179	247,060	1,000	0,00477	3,119	
14	280,000	249,995	246,964	1,000	0,00477	3,031	
15	300,000	249,848	246,869	1,000	0,00477	2,979	
15+4,961	304,960	249,826	246,846	1,000	0,00477	2,980	PV - 0004 2x2
16	320,000	249,580	246,774	1,000	0,00477	2,806	
17	340,000	249,424	246,678	1,000	0,00477	2,746	
18	360,000	249,295	246,583	1,000	0,00477	2,712	
19	380,000	249,138	246,487	1,000	0,00477	2,651	
20	400,000	249,070	246,392	1,000	0,00477	2,678	PV - 0005 2x2
21	420,000	249,013	246,297	1,000	0,00477	2,716	
22	440,000	248,925	246,201	1,000	0,00477	2,724	
23	460,000	248,781	246,106	1,000	0,00477	2,675	
23+12,26	472,260	248,607	246,048	1,000	0,00477	2,559	
24+0,50	480,500	248,208	245,558	1,000	0,00477	2,650	PV - 0006 3X3 PV EXISTENTE

Fonte:(VINNICIUS TAVARES 2019).

### 3.3.2.3 Observação das edificações nas proximidades da área estudada:



Com as imagens aéreas obtidas através de um Drone, observou se que há imóveis bem próximos a áreas de erosão, sendo sujeito a possíveis deslizamentos das encostas formadas pela erosão, como mostra a figura 24.

Figura 24: propriedade particular muito próxima da voçoroca.



Fonte: Autor (2019).

Segundo afirmação de moradores que residem nas proximidades e presenciaram o surgimento da erosão desde a década de 80, com a construção da rede de drenagem urbana de Pedro Afonso-TO, onde o ponto de lançamento foi numa área onde se retirava material para a fabricação de tijolos, também ressaltando que á baixo dessa camada de material argiloso se encontra uma areia, muito utilizada por moradores para construção civil nessa época.

Moradores afirma que nos últimos anos a tentativa de solucionar ou amenizar a erosão, tem sido em vão, pois todo material de aterro depositado pela prefeitura, e carregado para o leito do rio sono causando assoreamento, além do desmonte da tubulação de drenagem. e contribuindo para o avanço da voçoroca em direção das áreas construída como apresenta a figura 15.

Figura 25: erosão no leito do rio sono.



Fonte: Autor (2019).

Para se compreender melhor a dinâmica de ocupação de Pedro Afonso, vale apresentar alguns fatos importantes em relação à legislação ambiental no Brasil levando-se em consideração que a ocupação da cidade se deu inicialmente em 1847. Entretanto, em 1988 foi instituída a lei, art. 182 da Constituição Federal, que obriga cidades com acima de 20 mil habitantes a ter um plano diretor, porém, atualmente em 2019, Pedro Afonso com população estuada em 13.578 habitantes, não possui plano diretor definido, isso implica a dizer, que mesmo com a criação do primeiro Código Florestal Brasileiro instituído pelo Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934, revogado posteriormente pela Lei 4.771/65, que estabeleceu o Código Florestal vigente, não houve preocupação das autoridades locais com crescimento populacional e a ocupação desordenada das áreas de preservação permanentes (APP), como apresentado na figura 26, a figura 27 apresenta pontos de erosão apontados e identificados na cidade de Pedro Afonso, dentre esses ponto esta o ponto “A” estudado neste trabalho se localizando ao norte as margens do rio sono.

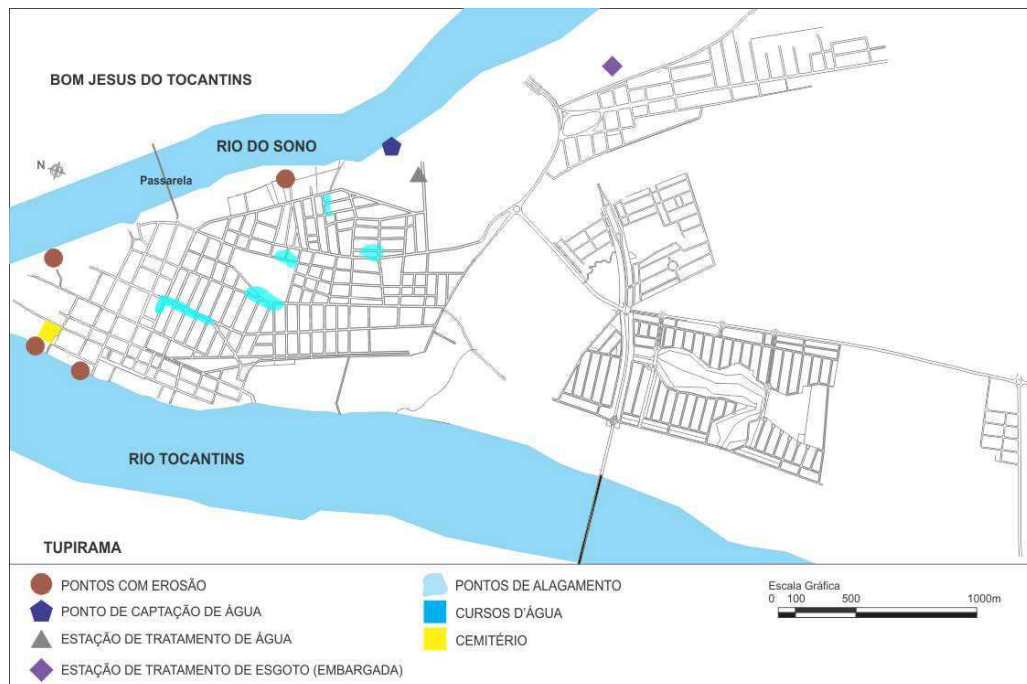


Figura 26: Mapa destacando as áreas com construções em áreas de proteção de Pedro Afonso em vermelho e a Lagoa da Cruz em verde.



Fonte: Equipe UFT, 2013.

Figura 27: Pontos de erosão às margens do rio colocam construções irregulares em risco.



Fonte: Equipe UFT, 2013.

### 3.3.3 Sugestão de métodos de contenção ou controle dos processos erosivos.

Fazendo uma comparação entre a figura 24 e 25, fica evidenciado o quanto o fluxo hidráulico promovido pelas tubulações que conduzem a água pluvial do sistema de drenagem urbana, agravou o gradiente erodível, formando ravinas até o surgimento da voçoroca no ponto em questão, pois o volume de sedimento carregado, formou uma praia as margens do rio sono.

A escolha dos métodos utilizados na prevenção de erosão, e como são colocados em práticas, são feitos baseados nas características ambientais, sociais e econômicas de cada meio urbano. Práticas isoladas podem prevenir parte do problema, mas não ele como um todo e, por isso, a maneira mais adequada de prevenir uma erosão é utilizar simultaneamente diversas práticas associadas, de forma que estas sejam efetivas.

A principal causa da erosão no ponto em questão se trata de um problema de drenagem urbana com isso, métodos sugerido pela EMBRAPA a partir dos autores DAEE/IPT (1989), Bertolini e Lombardi Neto (1994), e Almeida e Ridente Jr. (2001), sendo praticas como:

- Fazer a drenagem d' água subterrânea que aflora no fundo e nas laterais da voçoroca. A melhor forma de controlar esse tipo de erosão é coletar e conduzir esse volume até o curso de água mais próximo, o que pode ser executado com pedra, materiais provenientes da natureza, como o bambu ou de material geotextil;
- O controle da erosão é proveniente da captação do volume. Para evitar o escoamento superficial, se concentra em um ou mais locais, e para potencializar a formação de voçorocas, utiliza-se, como controle, as formas mecânicas e vegetativas.

Tendo em vista vários métodos como a utilização de envelopamento de solo com geossintético, cortina atirantada e muro a gravidade em concreto, que podem ser associados para controle de voçoroca, o método adotado neste trabalho foi utilização de estrutura em Gabiões associado ao Geotéxtil. Isso drena e conduz o volume captado pelo sistema de drenagem urbana, até o curso de água mais próximo, ale de proteger a superfície do talude, minimizando assim o processo de

erosão, essa técnica se faz mais eficiente ao tipo de solo existente no local e ao modo de execução do serviço pois o gabião é um excelente elemento drenante e condutor de fluxo.

A sugestão será aplicação de uma estrutura de contenção com a utilização de muro de arrimo em caixas de gabião e colchão Reno, consorciada com Geotêxtil como material de separação e filtração, para a recuperação da área degradada por voçoroca em Pedro Afonso Tocantins.

- Materiais

As redes são fabricadas com fios de aço trefilado a frio, recozido e zincado e posteriormente pode ser ou não plastificado. Os rolos são fornecidos em forma cilíndrica contendo largura e comprimento específicos, sendo enrolados e amarrados para facilitar o manuseio e transporte. O revestimento do fio à base de PVC deve ter uma espessura mínima de 0,40 mm, que tem como função proteger os fios contra as intempéries e agentes agressivos quando solicitados deve ser executado em todos os fios (NBR 10514/1988).

Em casos de aplicação de malhas de aço galvanizadas em estruturas de contenção, deve se analisar quanto às especificações de fabricação e as medidas de controle de qualidade objetivando a garantia da resistência e integridade física ao longo do tempo, principalmente em relação à corrosão (NBR 11682/2006).

No enchimento do gabião é utilizado qualquer material pétreo, sendo normalmente utilizados pedras britadas e seixos rolados. Devido ao comportamento da estrutura de gravidade depender diretamente do seu peso próprio, deve sempre preferir a utilização de um material de maior peso específico. O peso do muro depende também do índice de vazios do material de enchimento. Para obter um enchimento adequado as dimensões das pedras devem variar de 1,5 a 2 vezes a dimensão da malha de rede "D", ou seja, distância entre as torções (MACCAFERRI, 2014).

O preenchimento do gabião pode ser manualmente ou com o auxílio de equipamentos mecânicos, as pedras devem ser colocadas de modo que reduza ao máximo o índice de vazios. Devido um melhor arranjo das pedras a fim de se reduzir o índice de vazio, isso resulta em consumo de no mínimo 15% a mais de pedra (BELGO, 2015).

Devido às estruturas de contenção em gabiões caixa serem consideradas altamente permeáveis é dispensável a execução de sistemas específicos de drenagem, porém o aterro compactado ao tardo denominando terrapleno é considerado um outro elemento estrutural que necessita de determinados dispositivos necessários a sua correta estabilização. O principal dispositivo aplicado com esta função são os filtros, que ao mesmo tempo drenam o solo permitindo o livre fluxo da água e impede a passagem de partículas do solo drenado. (MACCAFERRI, 2014).

Estes filtros, em sua maioria, são compostos de geotêxteis, para a utilização deste material é necessário o conhecimento de suas propriedades. A propriedade hidráulica está diretamente condicionada à função de filtração, e a capacidade mecânica deve ser conhecida devido aos possíveis esforços solicitantes ao material durante as fases de instalação e utilização.

Em estruturas de contenção em gabiões caixa os filtros são aplicados ao tardo das estruturas na interface entre o terrapleno e o muro, desempenhando a função também de defesa hidráulica da estrutura, visto que as propriedades destes muros eliminam a ação do empuxo hidráulico. Em locais onde o solo de fundação apresente baixa capacidade de suporte ou esteja sujeito a saturação, os filtros são empregados na interface entre a fundação e a base da estrutura (MACCAFERRI, 2014).

### 3.3.3.1 Método de dimensionamento:

A análise dos esforços a que são submetidos às estruturas de contenção deve ser verificados de acordo com a sua interdependência, a consideração de esforços passivos a estrutura só pode ocorrer caso seja garantida a sua permanência de atuação (NBR 11682/2006).

O peso da estrutura é o fator predominante que determina a resistência dos muros de contenção de gravidade, pois o seu peso atuará diretamente e inversamente contra os esforços solicitantes (MACCAFERRI, 2014).

Segundo NBR 11682 (2006) as estruturas de contenção deverão ser dimensionadas para suportar os esforços provenientes do solo, além de uma sobrecarga acidental mínima de 20 KPa (20 KN/m<sup>2</sup>), uniformemente distribuída sobre a superfície do terreno arrimado.

A coesão e o ângulo de atrito interno do solo são parâmetros da resistência ao cisalhamento. O solo arrimado geralmente é o reaterro, preferencialmente executado com material não coesivo e assim é normal considerar a coesão nula, ou seja, utilizar a coesão do solo igual à zero (MACCAFERRI, 2014).

- Verificações de Estabilidade

Segundo Maccaferri (2014) as estruturas de contenção devem ser verificadas quanto as suas condições de estabilidade. As verificações básicas a serem feitas no dimensionamento de estruturas de contenção são:

- Estabilidade contra o tombamento;
- Estabilidade contra o deslizamento;
- Estabilidade contra a ruptura global;
- Estabilidade contra a ruptura interna;
- Estabilidade contra a ruptura da fundação.

A NBR 11682 (2006) estabelece os coeficientes mínimos para a verificação da estabilidade de muros de contenção, conforme é apresentado na Quadro 2.

Quadro 2: Coeficientes de verificação da estabilidade de muros de contenção.

<b>Verificação de segurança</b>	<b>Fator de segurança mínimo</b>
Tombamento	2,0
Deslizamento na base	1,5
Capacidade de carga da fundação	3,0

Fonte: NBR 11682, 2006.

A NBR 6122 (2010) estabelece como coeficiente de segurança alternativo para a verificação da capacidade de carga de fundação o valor de 2,15 para a determinação da resistência do solo utilizando métodos empíricos.

- Software Gawacwin 2.0

O software Gawacwin 2.0 desenvolvido pela empresa fabricante de gabiões Maccaferri analisa a estabilidade de estruturas de contenção em gabiões pelo

método de Equilíbrio Limite, através das teorias de Rankine, Coulomb, Meyerhof, Hansen e Bishop.

O programa analisa a estrutura proposta com a hipótese de uma configuração plana, usando como base de dados as dimensões no plano da seção. É importante ressaltar que a análise plana é mais pessimista, levando a resultados a favor da segurança. O programa analisa a estrutura levando em consideração restritamente as características mecânicas do gabião produzido pela Maccaferri.

O programa encontra-se disponível no site do fabricante Maccaferri ([www.maccaferri.com.br](http://www.maccaferri.com.br)), gratuitamente mediante o cadastramento.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Devido à necessidade de obtenção de dados não contidos nos dados levantados anteriormente, foram obtidos através de correlações empíricas e medições os seguintes dados:

- Ângulo de atrito interno do solo local;
- Tensão admissível;
- Coesão;
- Peso específico.

Obtidos através de correlações empíricas entre as propriedades do solo apresentadas nos ensaios de granulometria;

O método mais eficiente para se obter dados de características do solo e resistência além a capacidade de suporte do solo, seria a sondagem do tipo SPT (Standard Penetration Test). Porém o alto custo para se executar o ensaio, inviabilizou a sua realização.

A segunda alternativa foi o ensaio de granulométrica, a partir da amostra coletada de três camadas do perfil de solo de 2,80m de altura, com o intuito de classificar as camadas separadamente conforme mostra a figura 28, foi realizado o ensaio de Análise Granulométrica, da forma estabelecida na norma técnica ABNT NBR 7181:2016 “Solo – análise granulométrica”.

Figura 28: Perfil do talude da voçoroca com altura de 2,80m.



Fonte: Autor (2019).

Sobre a ABNT NBR 6502/1995, esta apresenta algumas definições importantes que servirão de parâmetro para a classificação do solo com base nos intervalos de diâmetro, 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)

Execução do ensaio solo 1 primeira camada: a tabela apresenta os percentuais de material distribuídos de acordo o diâmetro de peneiramento.

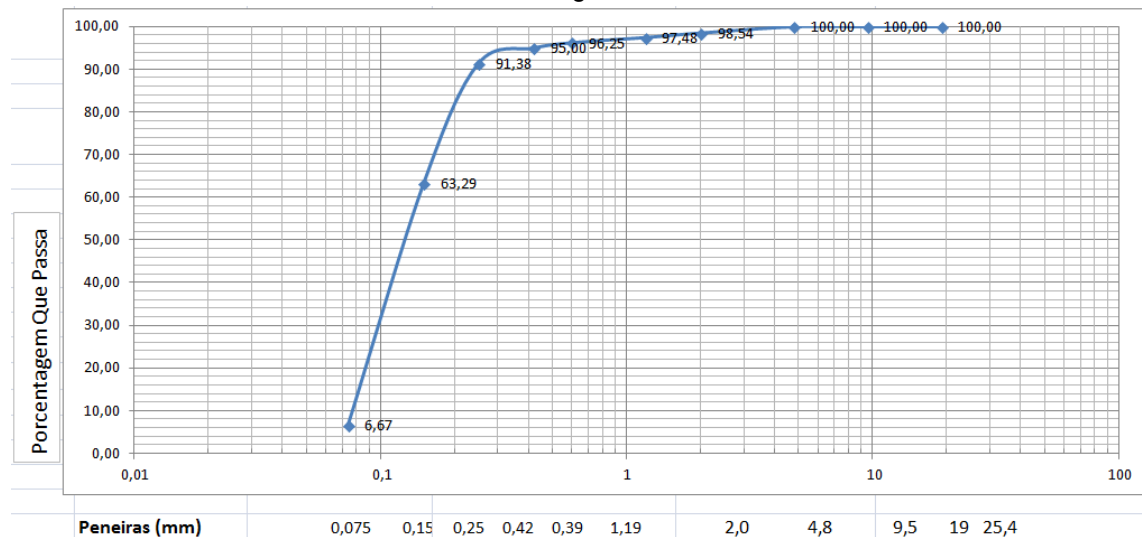
Tabela 2: Análise granulométrica solo 1– Percentuais de massa retidas por peneiras.

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA - NBR - 7181				
Ø peneira (mm)	massa retirada (g)	% retida em cada peneira	% retida acumulada	% que passa em cada peneira
19,1	0	0,00	0,00	100,00
9,5	0	0,00	0,00	100,00
4,8	0	0,00	0,00	100,00
2	6,9	1,46	1,46	98,54
1,19	5	1,06	2,52	97,48
0,6	5,8	1,23	3,75	96,25
0,42	5,9	1,25	5,00	95,00
0,25	17,1	3,62	8,62	91,38
0,15	132,6	28,09	36,71	63,29
0,074	267,3	56,62	93,33	6,67
Σ	472,1	100,00		

Fonte: Autor (2019).



Gráfico 1: curva granulométrica solo 1.



Fonte: Autor (2019).

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:

Solo1: 3,62% da amostra ficou retida na peneira 0,25mm, 28,09% ficou retida na peneira de 0,15mm e 56,62% do material ficou retido na peneira de 0,075mm.

Considerando que 93,33% do material coletado possui diâmetro superior a 0,075mm. Cerca de 52,90% de material passou pela peneira 0,075, no procedimento de lavagem do material. Isso mostra que o teor de argila e silte é bastante significativo na amostra, e pode-se classificar o solo como areia fina argilo siltosa de acordo a NBR 6502/1995 com os intervalos de diâmetros e distribuição granulométrica de materiais mais expressivos na amostra de solo.

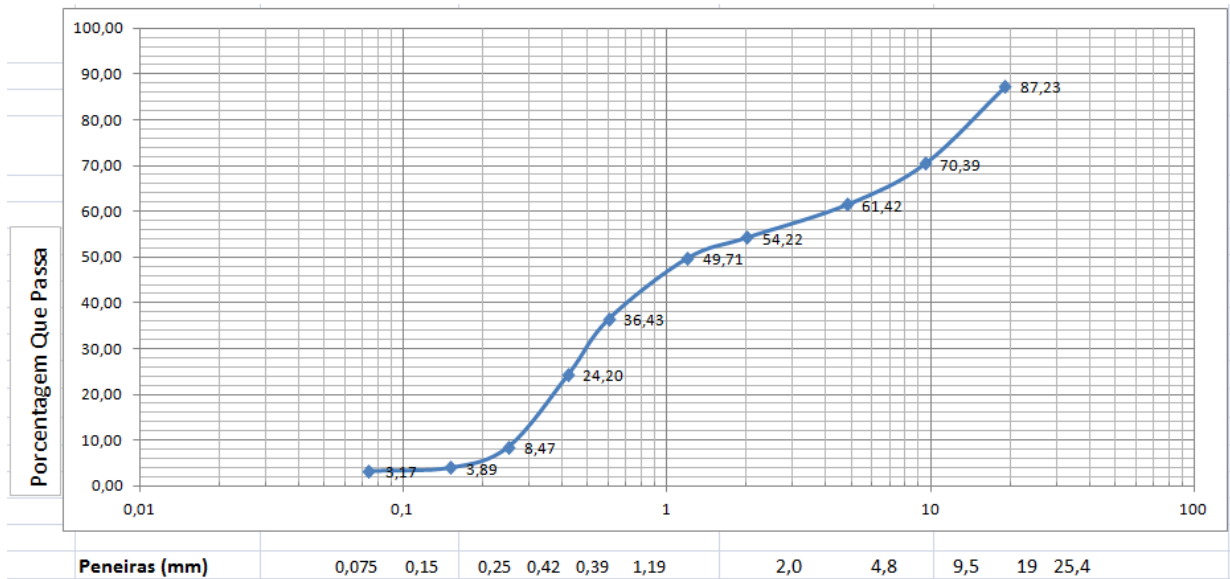
Execução do ensaio solo 2, segunda camada: a tabela apresenta os percentuais de material distribuídos de acordo o diâmetro de peneiramento.

Tabela 3: Análise granulométrica solo 2 – Percentuais de massa retidas por peneiras.

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA - NBR - 7181				
Φ peneira (mm)	massa retirada (g)	% retida em cada peneira	% retida acumulada	% que passa em cada peneira
19,1	126,8	12,77	12,77	87,23
9,5	167,3	16,84	29,61	70,39
4,8	89,1	8,97	38,58	61,42
2	71,49	7,20	45,78	54,22
1,19	44,8	4,51	50,29	49,71
0,6	131,9	13,28	63,57	36,43
0,42	121,5	12,23	75,80	24,20
0,25	156,3	15,74	91,53	8,47
0,15	45,5	4,58	96,11	3,89
0,074	7,1	0,71	96,83	3,17
Σ	993,29	100,00		

Fonte: Autor (2019).

Gráfico 2: curva granulométrica solo 2.



Fonte: Autor (2019).

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:

Solo2: 16,84% da amostra ficou retida na peneira 9,5mm, 13,28% ficou retida na peneira de 0,6mm e 15,74% do material ficou retido na peneira de 0,25mm.

Considerando que 45,78% do material coletado possui diâmetro superior a 2,0mm, e o restante com diâmetro acima de 0,075mm, pode-se classificar o solo como solo pedregulho arenoso de acordo a NBR 6502/1995 com os intervalos de diâmetros e distribuição granulométrica de materiais mais expressivos na amostra de solo.

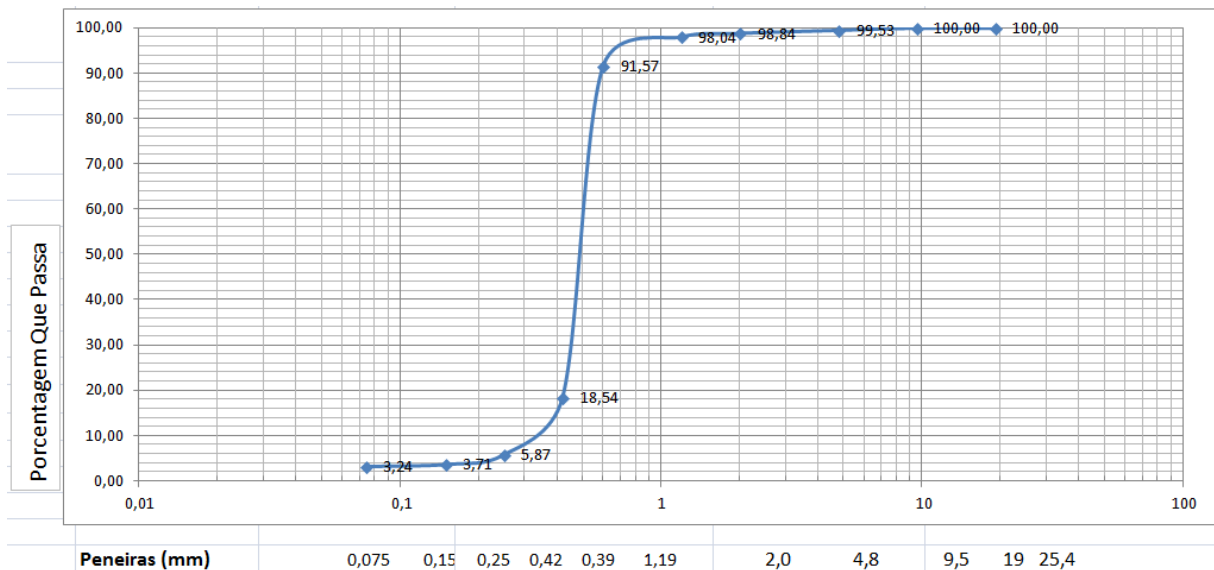
Execução do ensaio solo 3, terceira camada:

Tabela 4: Análise granulométrica solo 3 – Percentuais de massa retidas por peneiras.

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA - NBR - 7181				
Ø peneira (mm)	massa retirada (g)	% retida em cada peneira	% retida acumulada	% que passa em cada peneira
19,1	0	0,00	0,00	100,00
9,5	0	0,00	0,00	100,00
4,8	4,6	0,47	0,47	99,53
2	6,7	0,69	1,16	98,84
1,19	7,8	0,80	1,96	98,04
0,6	62,9	6,47	8,43	91,57
0,42	710,5	73,03	81,46	18,54
0,25	123,3	12,67	94,13	5,87
0,15	21	2,16	96,29	3,71
0,074	4,6	0,47	96,76	3,24
Σ	972,9	100,00		

Fonte: Autor (2019).

Gráfico 3: curva granulométrica solo 3.



Fonte: Autor (2019).

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:

Solo3: 6,47% da amostra ficou retida na peneira 0,6 mm, 73,03% ficou retida na peneira de 0,42mm e 12,67% do material ficou retido na peneira de 0,25mm.

Considerando que 81,46% do material coletado possui diâmetro superior a 0,42mm, pode-se classificar o solo como arenoso médio de acordo a NBR 6502/1995 com os intervalos de diâmetros e distribuição granulométrica de materiais mais expressivos na amostra de solo.

- Correlações empíricas

Utilizando o solo do ultimo perfil da camada como situação mais critica, pois se tratar de um solo arenoso e sem coesão, tomado como partido para o dimensionamento da estrutura utilizando como material de fundação e terrapleno, as correlações a seguir obtense o ângulo de atrito interno do solo, peso especifico e tensão admissível.

Segundo o Quadro a baixo pode se identificar os parâmetros necessários para o dimensionamento, adotando a compacidade da areia pouco compacta sendo a característica em pior situação, tendo como resultado:

$$\gamma = 18 \text{KN/m}^3$$

$$\phi = 30^\circ$$

$$C = 0 \text{ t/m}^2$$

$$E = 500 \text{ t/m}^2$$

Quadro 3: Avaliação dos Parâmetros de Resistência e de deformabilidade em Função do SPT

<b>Areias e Solos Arenosos</b>					
<b>Compacidade</b>	$\gamma$ ( t/m <sup>3</sup> )	C ( t/m <sup>2</sup> )	$\phi$ °	E ( t/m <sup>2</sup> )	<b>v</b>
Fofa	1,6	0	25 - 30	100 - 500	0,3 a 0,4
Pouco Compacta	1,8	0	30 - 35	500 - 1400	
Medianamente Compacta	1,9	0	35 - 40	1400 - 4000	
Compacta	2,0	0	40 - 45	4000 - 7000	
Muito Compacta	> 2,0	0	> 45	> 7000	
<b>Argilas e Solos Argilosos</b>					
<b>Consistência</b>	$\gamma$ ( t/m <sup>3</sup> )	C ( t/m <sup>2</sup> )	$\phi$ °	E' ( t/m <sup>2</sup> )	<b>v</b>
Muito Mole	1,3	0 - 1,2	0	30 - 120	0,4 a 0,5
Mole	1,5	1,2 - 2,5	0	120 - 280	
Média	1,7	2,5 - 5,0	0	280 - 500	
Rija	1,9	5,0 - 15,0	0	500 - 1500	
Dura	> 2,0	> 15,0	0	> 1500	

Valores UFMG fls. 47

Fonte: Parâmetros dos Solos para Cálculo de Fundações, notas de aula Prof. M. Marangon.

Sendo:

$\gamma$  = Peso Específico Natural do Solo

$\phi$  = Ângulo de Atrito Interno

C = Coesão

E = Módulo de Elasticidade (Não Drenado)

E' = Módulo de Elasticidade (Drenado)

$\nu$  = Módulo de Poisson

A tensão admissível do solo seguindo o parâmetro de correlação empírica citado por Maria José porto, conhecendo se o material como areia pouco compacta, pode se estar a tensão baseada no numero de golpes, adotando sempre a pior situação para dimensionamento, o resultado obtido foi de:

$$\tau_{Adm} = 150 \text{ KN/m}^2$$

Quadro 4: Relações entre índice de resistência a penetração com taxa de admissível para solos arenosos.

- Relações entre índice de resistência à penetração (SPT) com as taxas admissíveis para solos *arenosos* (Maria José Porto)

Areia	Nº de golpes SPT	Tensão Admissível (Kg/cm <sup>2</sup> )
Fofa	≤ 4	< 1,0
Pouco Compacta	5 - 10	1,0 - 2,0
Medianamente Compacta	11 - 30	2,0 - 4,0
Compacta	31 - 50	4,0 - 6,0
Muito Compacta	> 50	> 6,0

Fonte: Previsão do Comportamento de Fundações, notas de aula Prof. M. Marangon.

Com os dados obtidos iniciou se o dimensionamento inserindo os dados no programa Software Gawacwin 2.0, alguns parâmetros como peso específico de 2,5tf/m<sup>3</sup> do material foram adotados segundo a tabela a baixo.

Quadro 5: Tipo de recha relacionada seu Peso específico.

Tipo de rocha	Peso específico [tf/m <sup>3</sup> ]
Basalto	2,5 - 3,3
Diorito	2,5 - 3,3
Gabro	2,7 - 3,1
Gnaisse	2,5 - 3,0
Granito	2,6 - 3,3
Calcário	1,7 - 3,1
Mármore	2,5 - 3,3
Quartzito	2,65
Arenito	1,2 - 3,0
Argilito	2,0 - 2,5

Fonte: Guia para elaboração de Projetos Gawacwin (maccaferre 2015)

- Calculo do dimensionamento programa Gawacwin 2.0.

Alguns parâmetros foram adotados segundo o guia de elaboração de projetos fornecido pela Maccaferri, como a utilização de Geotêxtil no terrapleno e na base do gabião, além da redução de atrito entre as camadas e a adição de uma carga

acidental sobre o terrapleno os cálculos realizado pelo programa gerou o seguinte relatório:

Figura 29: Relatório de dimensionamento.

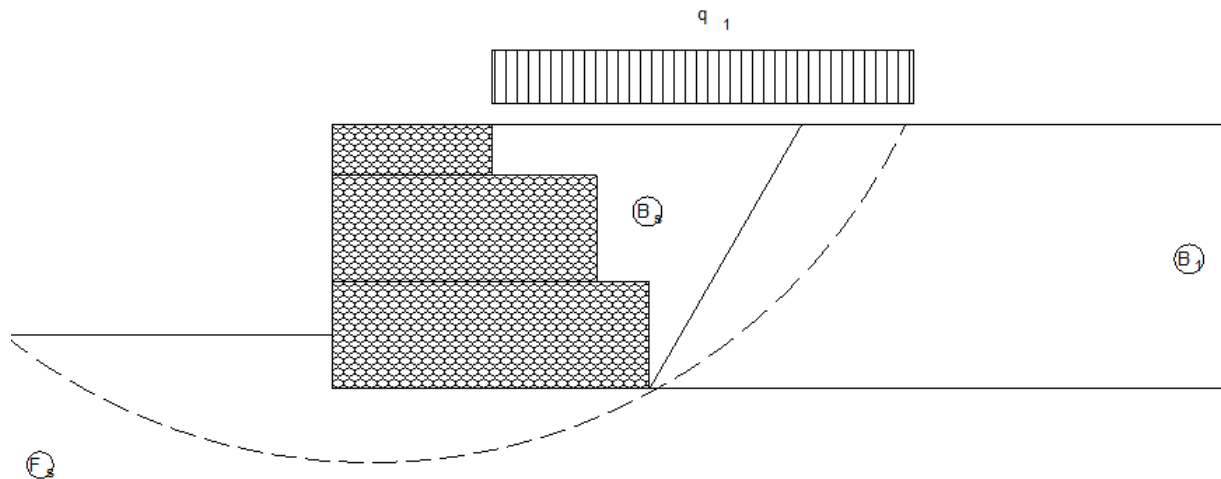
GawacWin 2003		Página 1	
Programa licenciado para: MACCAFERRI WEB BRASIL			
Projeto: PROJETO GABIÃO RECUPERAÇÃO DE VOÇOROCA EM PEDRO AFONSO-TO			
Arquivo: projeto gabião pedro afonso-TO			Data: 03/11/2019

#### DADOS DE ENTRADA

##### Dados sobre o muro

Inclinação do muro	: 0,00 graus
Peso específico da pedra	: 25,00 kN/m <sup>3</sup>
Porosidade dos gabiões	: 30,00 %
Geotêxtil no terrapleno	: Sim
Redução do atrito	: 5,00 %
Geotêxtil sob a base	: Sim
Redução do atrito	: 5,00 %
Malha e diâm. do arame:	8x10, ø 2.7 mm CD

Camada	Compr. m	Altura m	Início m
1	3,00	1,00	-
2	2,50	1,00	0,00
3	1,50	0,50	0,00



##### Dados sobre o terrapleno

Inclinação do 1º trecho	: 0,00 graus
Comprimento do 1º trecho	: 4,00 m
Inclinação do 2º trecho	: 0,00 graus
Peso específico do solo	: 18,00 kN/m <sup>3</sup>
Ângulo de atrito do solo	: 30,00 graus
Coesão do solo	: 0,00 kN/m <sup>2</sup>

##### Camadas Adicionais no Terrapleno

Camada	Altura inicial m	Inclinação graus	Peso específico kN/m <sup>3</sup>	Coesão kN/m <sup>2</sup>	Ângulo de atrito graus
1	0,00	60,00	20,00	0,00	30,00

---

 Programa licenciado para: MACCAFERRI WEB BRASIL
 

---

Projeto: PROJETO GABIÃO RECUPERAÇÃO DE VOÇOROCA EM PEDRO AFONSO-TO

Arquivo: projeto gabião pedro afonso-TO

 Data: 03/11/2019
 

---

**Dados sobre a fundação**

Altura da sup. superior	:	0,50 m
Comprimento inicial	:	2,00 m
Inclinação	:	0,00 graus
Peso específico do solo	:	18,00 kN/m <sup>3</sup>
Ângulo de atrito do solo	:	30,00 graus
Coesão do solo	:	0,00 kN/m <sup>2</sup>
Pressão adm. na fundação	:	150,00 kN/m <sup>2</sup>
Altura do nível d'água	:	m

---

 Programa licenciado para: MACCAFERRI WEB BRASIL
 

---

Projeto: PROJETO GABIÃO RECUPERAÇÃO DE VOÇOROCA EM PEDRO AFONSO-TO

Arquivo: projeto gabião pedro afonso-TO

 Data: 03/11/2019
 

---

**RESULTADOS DAS ANÁLISES****Empuxos Ativo e Passivo**

Empuxo Ativo	:	75,20 kN/m
Ponto de apl. ref. ao eixo X	:	2,38 m
Ponto de apl. ref. ao eixo Y	:	1,04 m
Direção do empuxo ref. ao eixo X	:	59,46 graus
Empuxo Passivo	:	6,75 kN/m
Ponto de apl. ref. ao eixo X	:	0,00 m
Ponto de apl. ref. ao eixo Y	:	0,17 m
Direção do empuxo ref. ao eixo X	:	0,00 graus

**Deslizamento**

Força normal sob a base	:	163,21 kN/m
Ponto de apl. ref. ao eixo X	:	1,41 m
Ponto de apl. ref. ao eixo Y	:	0,00 m
Força tangente sob a base	:	31,46 kN/m
Força resistente na base	:	96,27 kN/m
<b>Coef. de Segurança Contra o Deslizamento</b>	:	<b>2,52</b>

**Tombamento**

Momento Atuante	:	39,71 kN/m x m
Momento Resistente	:	269,89 kN/m x m
<b>Coef. de Segurança Contra o Tombamento</b>	:	<b>6,80</b>

**Tensões Atuantes na Fundação**

Excentricidade	:	0,09 m
Tensão normal na borda externa	:	64,15 kN/m <sup>2</sup>
Tensão normal na borda interna	:	44,65 kN/m <sup>2</sup>
Tensão máx. admissível na fundação	:	150,00 kN/m <sup>2</sup>

**GawacWin 2003****Página 4**

Programa licenciado para: MACCAFERRI WEB BRASIL

Projeto: PROJETO GABIÃO RECUPERAÇÃO DE VOÇOROCA EM PEDRO AFONSO-TO

Arquivo: projeto gabião pedro afonso-TO

Data: 03/11/2019

**Estabilidade Global**

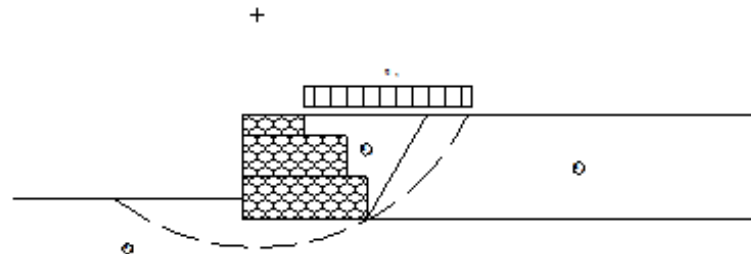
Distância inicial à esquerda	:	m
Distância inicial à direita	:	m
Distância inicial abaixo da base	:	m
Máxima profundidade permitida no cálculo	:	m
Centro do arco ref. ao eixo X	:	0,37 m
Centro do arco ref. ao eixo Y	:	4,89 m
Raio do arco	:	5,61 m
Número de superfícies pesquisadas	:	56

**Coef. de Segurança Contra a Rup. Global** : **2,00****Estabilidade Interna**

Camada	H m	N kN/m	T kN/m	M kN/m x m	$\tau_{Max}$ kN/m <sup>2</sup>	$\tau_{Adm.}$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_{Max}$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_{Adm.}$ kN/m <sup>2</sup>
1	1,50	86,61	17,99	112,68	7,20	43,72	33,28	580,79
2	0,50	14,89	3,25	11,73	2,17	36,66	9,45	

**Pressões**Extremidade esquerda = 64,15kN/m<sup>2</sup>Extremidade direita = 44,65kN/m<sup>2</sup>Max. pressão admissível = 150,00kN/m<sup>2</sup>





## DADOS SOBRE O SOLO

Solo	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	c kN/m <sup>2</sup>	$\phi$ graus	Solo	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	c kN/m <sup>2</sup>	$\phi$ graus
B <sub>8</sub>	18,00	0,00	30,00	F <sub>8</sub>	18,00	0,00	30,00
B <sub>1</sub>	20,00	0,00	30,00				

## CARGAS

Carga	Valor kN/m <sup>2</sup>	Carga	Valor kN/m
q <sub>1</sub>	20,00		

## VERIFICAÇÕES DE ESTABILIDADE

Coef. de Seg. Deslizamento	2,52	Tensão na base (esquerda)	64,15kN/m <sup>2</sup>
Coef. de Seg. Tombamento	6,80	Tensão na base (direita)	44,65kN/m <sup>2</sup>
Coef. de Seg. Rup. Global	2,00	Máxima tensão admissível	150,00kN/m <sup>2</sup>

Fonte: relatório de cálculo Gawacwin (maccaferre 2019).

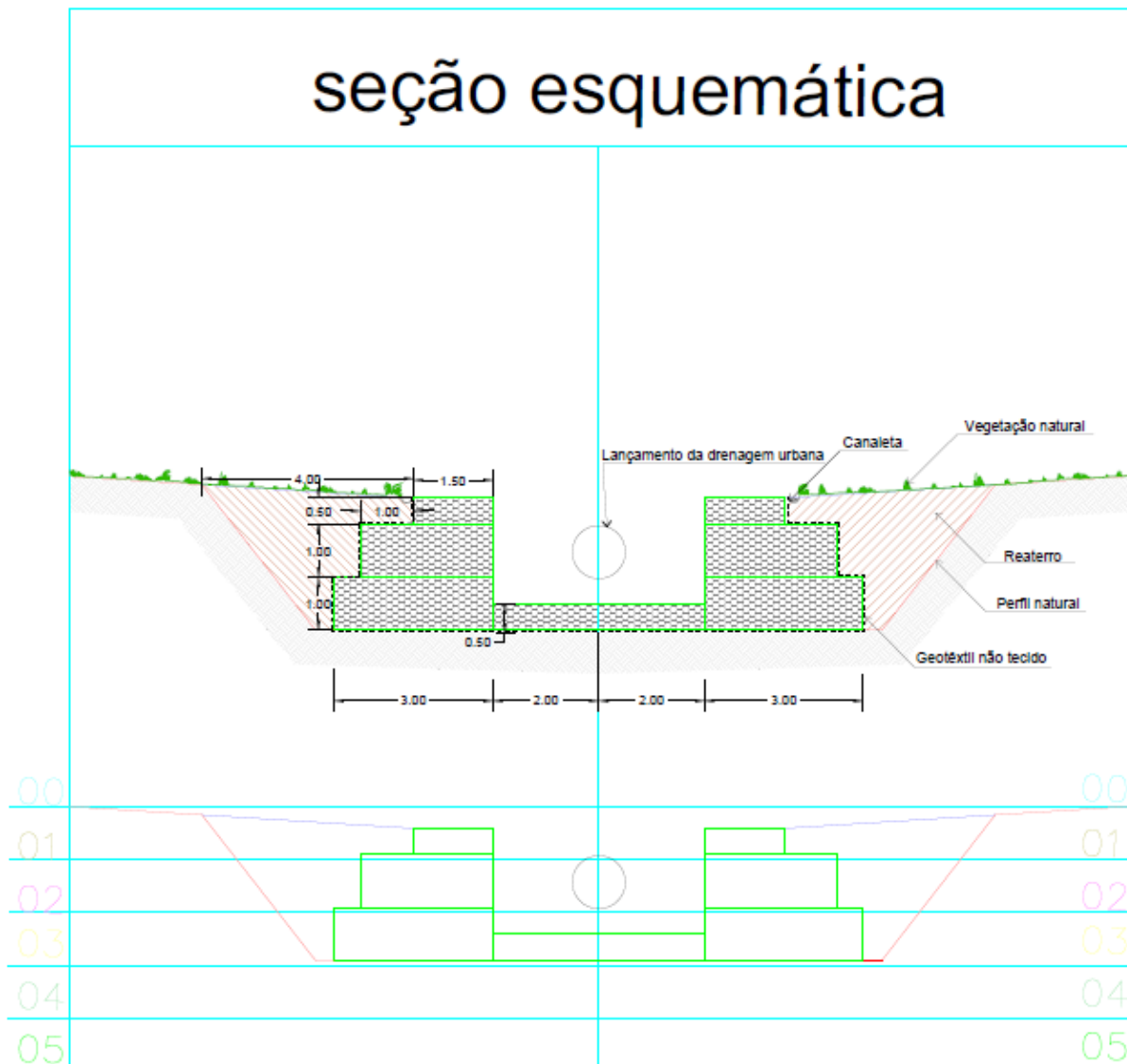
O dimensionamento da estrutura proposta para contenção da voçoroca em Pedro Afonso-TO, apresentou resultados satisfatórios quanto comparados ao quadro 2, referentes às verificações de tombamento, deslizamento e ruptura global. A verificação quanto à capacidade de suporte do solo apresentou resultado satisfatório para a estrutura proposta, entretanto o esforço Máximo à esquerda, aplicado ao solo de fundação na estrutura projetada representa 42,77% da capacidade de carga do solo, o quadro a seguinte apresenta os resultados comparado a norma.

Quadro 6: RESULTADOS COMPARADOS A NBR 11882.

RESULTADOS		
VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE	Fs min. NBR 11682	PROJETO
TOMBAMENTO	2,00	6,80
DESLIZAMENTO	1,50	2,58
RUP. GLOBAL	1,50	2,00
CAPACIDADE DE SUPORTE DO SOLO	2,15	2,33

Fonte: Autor (2019).

Diante da análise do comportamento estrutural da obra realizada pelo Software Gawacwin 2.0, a estrutura apresenta as condições de estabilidade necessárias ao cumprimento das suas funções estruturais, garantia da sua segurança e durabilidade. Pode-se chegar a esta conclusão devido aos resultados que foram apresentados no dimensionamento segundo as características de projeto apresentada a baixo:



## 5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

### 5.1 CONCLUSÃO

No trabalho em questão, foi possível identificar os principais fatores causadores de erosão em Pedro Afonso-TO, que são direcionamento do fluxo hídrico do sistema de drenagem urbano para lugares inapropriados, o aumento do escoamento superficial, residências em local indevido, acúmulo de lixo, entulhos e solo com características arenosas. Desse modo, foram propostas algumas técnicas de solução para mitigar o problema de voçoramento.

A melhor solução encontrada foi à aplicação da técnica de gabião utilizado como elemento drenante e estrutural contendo os taludes formados pelo voçorocamento, além do Geotêxtil utilizado como material de separação e filtração, pois a funcionalidade diminui a velocidade de escoamento, deixando de transportar sedimentos para o leito do rio sono.

Diante da concepção da estrutura, pode-se concluir que os levantamentos preliminares realizados no local, não foram utilizados da maneira mais adequada, visto que algumas de suas informações principais poderiam ter sido coletadas com técnicas mais precisas, como por exemplo; o levantamento planialtimétrico, sendo um fator significativo para elaboração de um projeto definitivo, além da sondagem tipo SPT (Standard Penetration Test) conhecendo assim de forma mais concisa as características quanto a resistência do solo e topografia, porém o alto custo de realização se tornou inviável, se tratando o estudo como uma proposta de técnicas para solução de voçoroca.

Perante a sua eficiência, pode-se concluir que o método proposto desempenhou a função para a que foi concebida e apresentando a eficiência estrutural esperada segundo o dimensionamento. Com relação à viabilidade técnica, trata-se de uma solução exequível, o que deve ser analisado, quanto a 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.

Diante do exposto pode-se concluir de maneira geral que a proposta aqui apresentada obteve êxito em seus objetivos propostos, atingindo todos os resultados esperados definidos no início da pesquisa.

## **5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

É de importante valia para o prosseguimento desse estudo a preservação de matas ciliares e áreas de preservação permanente as margens do rio sono em Pedro Afonso-TO, Sugere-se que seja feito um estudo referente a todas as condicionantes hidráulicas, principalmente de precipitação, vazão do sistema de drenagem lançado no local da voçoroca e dispositivos de dissipação de energia, para realizar a canalização do fluxo hidráulico sem o carreamento de partículas sólidas evitando assim o assoreamento do rio sono.

## REFERÊNCIAS

- 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.
- 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.
- GEROTO, Afonso C. M. Marques Regis E.. **Manual brasileiro de geossintéticos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 570 p.
- GALERANI, C. A. **Descrição das ações de controle da erosão urbana no Noroeste Do Estado do Paraná**, In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5,1995, Bauru. Anais... São Paulo: ABGE, 1995, p. 69-71.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. SANTOS, H. G. [et al.], Embrapa Solos, Brasília, DF, 2018. 5. ed., 590p.
- DAEE/IPT (1989). Departamento de Água e Energia Elétrica. Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo. **Controle de erosão. Bases conceituas e técnicas**. Diretrizes para o planejamento urbano e regional. Orientação para o controle de voçorocas, urbana. IPT, São Paulo, SP, 92p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 10. ed. São Paulo:Ícone Editora, 2017. 360 p.
- DNIT (2004). **Drenagem - Dissipadores de energia - Especificação de serviço**. Publicação IPR. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. EMBRAPA, **Construção de terraços**.
- BALDOTTO, M. A. **Controle Da Erosão**. 2017. Disponível em: <<http://pordentrodoagro.strider.ag/control-da-erosao/>>. Acesso em: 18 out. 2019.
- BEKAERT. **Gabiões Belgo**. Informe Técnico. 2013
- MACCAFERRI DO BRASIL LTDA. **Obras de contenção: manual técnico**. Publicação Técnica. 2009.
- MARANGO, M. **Geotécnica de Contenção**. Minas Gerais, 2009.
- BUENO, Celso L. Lotti Benedito S. et al. **Manual brasileiro de geossintéticos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 570 p.
- VERTEMATTI, José Carlos et al. **Manual brasileiro de geossintéticos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 570 p.
- GEOCAM. **Geossintéticos**. Disponível em: <http://www.geocam.com.br/visualizacao-de-outros-produtos/ler/32/georrede>. Acesso em 08 de Março de 2019.

GEOCAM. **Geossintéticos**. Disponível em: <http://www.geocam.com.br/visualizacao-de-outros-produtos/ler/25/geogrelha>. Acesso em 08 de Março de 2019.

GEOFOCO. **Geossintéticos**. Disponível em: <http://geofoco.com.br/o-que-e-geocomposto-drenante/>. Acesso em 10 de Março de 2019.

HUESKER. **Geossintéticos**. Disponível em: <http://www.huesker.com.br/produtos/geossinteticos/geogrelhas/fortrac-3d.html>. Acesso em 10 de Março de 2019.

GEOSOLUÇÕES. **Geossintéticos**. Disponível em: <http://www.geosolucoes.com/geocelula-strataweb>. Acesso em 12 de Março de 2019.

MARAGON. **Previsão do Comportamento de Fundações**. Disponível em: <https://docplayer.com.br/12868931-2-a-parte-previsao-do-comportamento-de-fundacoes.html>. Acesso em 18 de Setembro de 2019.

MARAGON. **Parâmetros dos Solos para Cálculo de Fundações**. Disponível em: <https://docplayer.com.br/12868931-2-a-parte-previsao-do-comportamento-de-fundacoes.html>. Acesso em 18 de Setembro de 2019.

HUESKER. **Geossintéticos**. Disponível em: <http://www.huesker.com.br/fileadmin/Media/Brochures/PT/PB-Incomat-br.pdf>. Acesso em 12 de março de 2019.

PORTAL ÂMBITO JURÍDICO. Plano diretor Disponível em: <https://ambitojuridico.com.br/cadernos/direito-administrativo/plano-diretor/>. Acessado em 24 de outubro de 2019.

LOPES, Maria de Lurdes; LOPES, Margarida Pinho. **A Durabilidade dos Geossintéticos**. Disponível em: <<https://www.wook.pt/livro/a-durabilidade-dos-geossinteticos-maria-de-lurdes-lobes/9587308>>. Acesso em: 22 abril. 2019.

NBR-11.682/2006. **Estabilidade de taludes**. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-11.682-Estabilidade-de-Taludes.pdf>. Acesso em: 30 out. 2019.

NBR 6122/2010. **Projeto e execução de fundação**. Disponível em: [https://engenhariacivilunip.weebly.com/uploads/1/3/9/9/13991958/nbr\\_6122-2010.pdf](https://engenhariacivilunip.weebly.com/uploads/1/3/9/9/13991958/nbr_6122-2010.pdf). Acesso em: 31 out. 2019.

PEREIRA, Olívia de Campos Maia; OLIVEIRA, Lucimara Albieri; SANTOS, André Luiz; MONTANDON, Marcela Gomes. **Configuração urbana: implantação e transformações na estrutura de ocupação de municípios no interior do Tocantins** Disponível em: <http://anpur.org.br/app-urbana-2014/anais/ARQUIVOS/GT3-275-114-20140530215956.pdf>. Acessado em 25 de outubro de 2019.

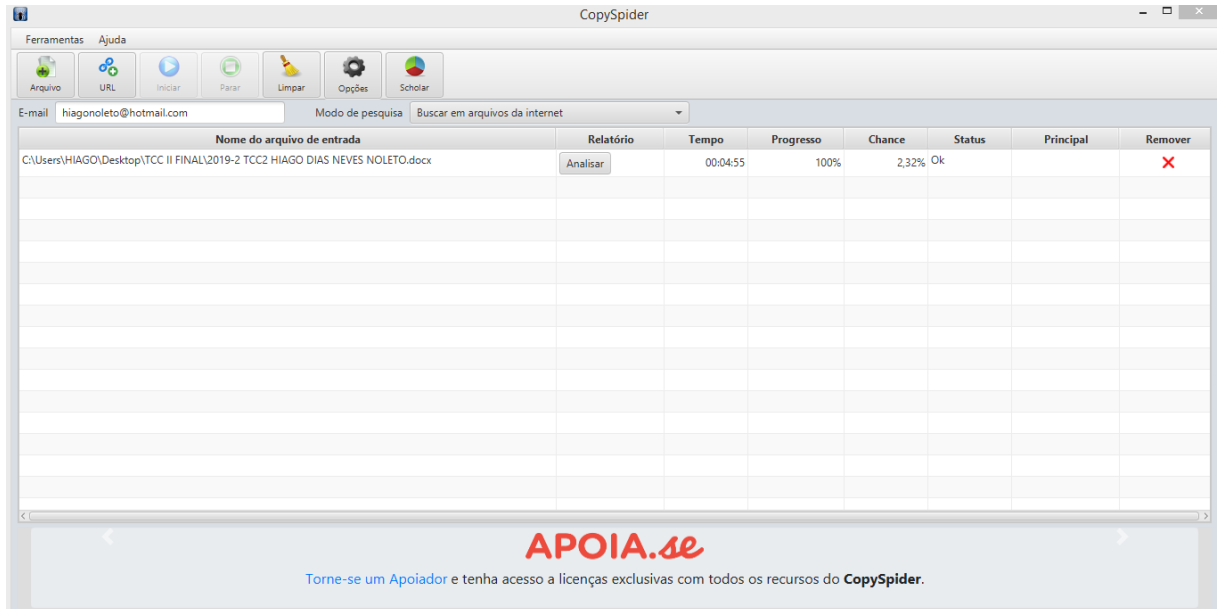
SANTOS, Luana Maria dos. **Erosão em taludes de corte - métodos de proteção e estabilização**. 2015. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2015.

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

Maccaferri (2015). **TM – BR – MANUAL OBRAS DE CONTENÇÃO – PT – FEB21** Disponível em: <https://www.maccaferri.com/br/download/tm-br-manual-obras-de-contencao-pt-feb21/>. Acesso em: 19 out. 2019.

Belgo (2014). **Gabiões Belgo Informe Técnico**. Disponível em: <http://www.geotecgeo.com.br/img/representadas/belgo-informe-tecnico.pdf> . Acesso em: 30 out. 2019.

Centro de Desenvolvimento Tecnológico – **ARTERISBRASIL GABIÕESREVESTIMENTOS E DRENAGEM**. Disponível em: <http://www.arteris.com.br/wp-content/uploads/2018/07/ARTERIS-ES-018.-Gabi%C3%B5es-Revestimento-e-Drenagem.pdf>. Acesso em: 30 out. 2019.



## CopySpider Scholar

[Exportar relatório](#)
[Referências ABNT](#)
[Visualizar](#)

2019-2 TCC2 HIAGO DIAS NEVES NOLETO.docx (09/12/2019):

### Documentos candidatos

[docplayer.com.br/470...](#) [2,32%]  
[docplayer.com.br/569...](#) [0,7%]  
[huesker.com.br/produ...](#) [0,56%]  
[sistemas.eel.usp.br/...](#) [0,3%]  
[suportesolos.com.br/...](#) [0,29%]  
[2engenheiros.com/201...](#) [0,28%]  
[huesker.com.br/produ...](#) [0,17%]  
[pedroafonso.to.gov.b...](#) [0,05%]

Arquivo de entrada: 2019-2 TCC2 HIAGO DIAS NEVES NOLETO.docx (9341 termos)

Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)
<a href="#">docplayer.com.br/470...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	13302	514	2,32
<a href="#">docplayer.com.br/569...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	19717	202	0,7
<a href="#">huesker.com.br/produ...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	1672	62	0,56
<a href="#">sistemas.eel.usp.br/...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	1262	32	0,3
<a href="#">suportesolos.com.br/...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	2115	34	0,29
<a href="#">2engenheiros.com/201...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	2037	32	0,28
<a href="#">huesker.com.br/produ...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	1674	19	0,17
<a href="#">pedroafonso.to.gov.b...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	263	5	0,05
<a href="#">pt.scribd.com/docume...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	277	2	0,02
<a href="#">inovageo.eng.br/prod...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	72	1	0,01