



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA MINAS GERAIS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E  
PÓS-GRADUAÇÃO**

**VIVIANE NUNES DE OLIVEIRA**

**RECUPERAÇÃO DE UMA ÁREA DEGRADADA NO INSTITUTO FEDERAL  
MINAS GERAIS NO CAMPUS DE SÃO JOÃO EVANGELISTA**

**São João Evangelista**

**2021**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**  
**VIVIANE NUNES DE OLIVEIRA**

**RECUPERAÇÃO DE UMA ÁREA DEGRADADA NO INSTITUTO FEDERAL  
MINAS GERAIS NO CAMPUS DE SÃO JOÃO EVANGELISTA**

Monografia apresentada ao Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista como exigência parcial para obtenção do título de especialista em Meio Ambiente.

Orientador: Dr. Claudionor Camilo da Costa

**São João Evangelista**

**2021**

**VIVIANE NUNES DE OLIVEIRA**

**RECUPERAÇÃO DE UMA ÁREA DEGRADADA NO INSTITUTO FEDERAL  
MINAS GERAIS NO CAMPUS DE SÃO JOÃO EVANGELISTA**

Monografia apresentada ao Instituto  
Federal de Minas Gerais – Campus São  
João Evangelista como exigência parcial  
para obtenção do título de especialista em  
Meio Ambiente.

Orientador: Dr. Claudionor Camilo da  
Costa

Aprovada em: 01/ 06 / 2021

**BANCA EXAMINADORA**

tura: 

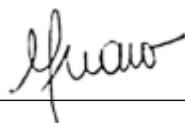
---

Prof. Dr. Claudionor Camilo da Costa  
Orientador: Instituto Federal de Minas Gerais  
Campus São João Evangelista



---

Profª.Dra. Grazielle Wolff de Almeida Carvalho  
Instituto Federal de Minas Gerais  
Campus São João Evangelista



---

Profª. M.ª. Ana Carolina Ferraro



**REDE DE BIBLIOTECAS**

**FICHA CATALOGRÁFICA PARA TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

---

O48r Oliveira, Viviane Nunes de.  
Recuperação de uma área degradada no Instituto Federal Minas Gerais no Campus de São João Evangelista / Viviane Nunes de Oliveira.– 2021.  
43f.: il.

Orientador: Dr. Claudionor Camilo da Costa.  
Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* São João Evangelista, 2021.

1. Solo. 2. Degradação. 3. Recuperação. I. Oliveira, Viviane Nunes de. II. Instituto Federal de Minas Gerais *Campus* São João Evangelista. III. Título.

CDD 333.7316

---

Catálogo: Rejane Valéria Santos - CRB-6/2907

## RESUMO

Pode-se dizer que o conceito de degradação tem associação a efeitos ambientais negativos e relacionados a atividades antrópicas. Neste contexto, fica claro que a degradação do solo é um dos maiores problemas ambientais na atualidade. O presente trabalho teve como objetivo geral apresentar propostas para a recuperação da área degradada próxima ao Aviário novo no IFMG campus São João Evangelista, auxiliando na recomposição da área erodida. A seleção metodológica da pesquisa reside no método hipotético-dedutivo e a combinação entre documentação direta e indireta nas técnicas de pesquisa. Concluiu-se que a integração das particularidades da bioengenharia na fase de projeto exige a integração da evolução da planta e dos processos de deterioração no esquema de projeto da bioengenharia.

**Palavras-chave:** solo; degradação; recuperação

## **ABSTRACT**

It can be said that the concept of degradation is associated with negative environmental effects and related to human activities. In this context, it is clear that soil degradation is one of the biggest environmental problems today. The present work had as general objective to present proposals for the recovery of the degraded area near the new Aviary in the IFMG campus São João Evangelista, helping in the restoration of the eroded area. The methodological selection of the research resides in the hypothetical-deductive method and the combination of direct and indirect documentation in research techniques. It was concluded that the integration of bioengineering particularities in the design phase requires the integration of plant evolution and deterioration processes in the bioengineering design scheme.

**Keywords:** soil; degradation; recovery

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Geologia do Município de São João Evangelista .....	31
<b>Figura 2</b> Área de estudo .....	32
<b>Figura 3:</b> Retirada de Amostra de solo .....	33
<b>Figura 4:</b> Tipo de nível utilizado.....	34
<b>Figura 5</b> Tipos de superfície de falha assumidos na análise de estabilidade de taludes.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 O SOLO .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 EROSÃO DO SOLO .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.1 Erosão pelo vento .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.2 Erosão pela água.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.3 Erosão por gravidade .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS .....</b>	<b>15</b>
<b>2.4 TIPOS DE RECUPERAÇÃO .....</b>	<b>17</b>
2.4.1 Etapas de Restauração.....	18
<b>3 BIOENGENHARIA DE ÁREAS DEGRADADAS.....</b>	<b>20</b>
3.1 CONSEQUÊNCIAS DOS PROCESSOS EROSIVOS .....	20
3.2 BIOENGENHARIA NO CONTROLE DE EROSÃO.....	22
3.3 DEFININDO TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO .....	26
<b>4 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>31</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>39</b>
<b>6 REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>40</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda da sociedade pela manutenção e melhoria das condições ambientais tem exigido das autoridades, das empresas públicas e privadas atividades capazes de compatibilizar o desenvolvimento às limitações da exploração dos recursos naturais. Dentre os recursos, os hídricos, que até a geração passada eram considerados fartos, tornaram-se limitantes e comprometidos, em virtude da alta poluição em algumas regiões, necessitando, portanto, de rápida recuperação (CARVALHO, 2001).

De acordo com Dias (2006), o ser humano não tem cuidado bem do planeta, nem dos seres que nele vivem. Segundo o autor, há uns cinco milhões de anos, os primeiros seres humanos que habitaram o Planeta enfrentaram muitas dificuldades e desafios, pois "a natureza era mais poderosa que os homens", e os afetava mais do que era afetada por eles. Todos precisavam saber quais frutos serviam para comer, onde encontrar água durante a seca, como evitar animais selvagens, que plantas serviam para fazer um bom remédio, ou se poderiam ser utilizadas como materiais de construção.

O tema recuperação de áreas degradadas está intrinsecamente ligado à restauração ecológica. O processo de recuperação de áreas degradadas auxilia no restabelecimento de um ambiente que foi degradado ou tenha sofrido perturbação que levou a sua degradação. A recuperação de áreas degradadas se faz necessário tendo em vista que os processos erosivos são consequências do aumento da exploração dos recursos naturais da terra (CORRÊA, 2014).

Como bem assegura Sanchez (2001), pode-se dizer que recuperação de áreas é entendido como o restabelecimento de uma determinada área, que com os processos erosivos tornou-se improdutivo. Ou seja, a recuperação de áreas degradadas tem o papel de tornar uma área imprópria, apta para o uso produtivo.

É preciso ir mais além, dominar conhecimentos sobre o processo de recuperação de áreas degradadas. É exatamente o caso de planejar e conhecer o processo erosivo. Por todas essas razões, buscando maneiras e técnicas de mitigação do processo erosivo, é notório que isso necessita de conhecimento

técnico para avaliar o processo. Essa, porém, é uma tarefa difícil, pois requer tempo e investimento.

Os sistemas de bioengenharia de solo usam plantas e partes de plantas como materiais de construção vivos, além de introduzir e desenvolver comunidades funcionais que são capazes (por si só ou complementadas por uma ampla variedade de materiais e estruturas) de garantir efetivamente a proteção e consolidação do solo e das encostas desejadas metas. Seu objetivo, conforme referido, é principalmente funcional em termos de proteção e integração na infraestrutura, bem como proteção e restauração da paisagem. Sua característica particular é o fato de que o resultado de sua aplicação não é uma estrutura inerte, mas uma comunidade dinâmica e resiliente, capaz de se restaurar após distúrbios e, se mantida adequadamente, para garantir uma intervenção eficaz a longo prazo, sem deterioração

Assim, o presente trabalho, tem como objetivo geral apresentar propostas para a recuperação da área degradada próxima ao Aviário no IFMG (Instituto Federal Minas Gerais campus São João Evangelista), auxiliando na recomposição da área erodida. Serão sugeridas soluções estratégicas de manejo e métodos de mitigar ou corrigir processos erosivos que foram formados na área de estudo. Como objetivos específicos, buscar-se-á explicar os principais impactos ambientais e recuperação de áreas degradadas bem como apontar os problemas de erosão do solo da área de estudo.

A recuperação das áreas degradadas na fazenda escola do Instituto Federal de Minas Gerais, Campus São João Evangelista, provavelmente proporcionará a médio e longo prazo, aumento da quantidade e frequência da serapilheira sobre a superfície do solo e melhora no plantio vegetativo de espécies nativas.

A metodologia utilizada neste trabalho compreende um levantamento bibliográfico acerca das principais técnicas usuais de bioengenharia na estabilização de taludes e encostas, e conseqüentemente seus efeitos no comportamento mecânico de solos. Posteriormente apresentou-se uma pesquisa exploratória, afim de apresentar um estudo de caso de recuperação de

uma área degradada no campus do IFMG em São João Evangelista, no sentido de se fazer uma complementação ao levantamento crítico e técnico da eficácia do uso da bioengenharia na estabilização de taludes e encostas naturais. Realizou-se um procedimento de medição de solo e apresentação de resultados obtidos e delineamento de possíveis técnicas de recuperação baseando-se na pesquisa bibliográfica.

## 2. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

### 2.1 O SOLO

O solo saudável é a base da agricultura e um recurso essencial para garantir as necessidades humanas no século XXI, como alimentos, rações, fibras, água potável e ar limpo. É uma parte vital dos ecossistemas e das funções do sistema terrestre que apoia a prestação de serviços primários de ecossistemas (ROBINSON et al. 2017).

O último documento de referência das Nações Unidas (ONU, 2012) sobre o status dos recursos globais do solo enfatiza que “a maioria dos recursos mundiais do solo está apenas em condições precárias ou muito precárias”. Os impactos nocivos dos processos acelerados de erosão do solo causados pelo desmatamento, pastagem excessiva, preparo do solo e práticas agrícolas inadequadas são bem conhecidos e documentados, assim como sua mecânica. Os impactos podem ser graves, não apenas através da degradação da terra e da perda de fertilidade, mas também através de um número claramente visível de efeitos externos (por exemplo, sedimentação, assoreamento e eutrofização de vias aquáticas ou inundações aprimoradas). O impacto no clima por meio de mudanças induzidas pela erosão na ciclagem de carbono do solo também permanece pouco quantificado, pois a erosão pode aumentar ou diminuir as emissões de CO<sub>2</sub> por meio de mineralização aprimorada e enterro de sedimentos (PIMENTEL e BURGESS, 2013).

O aumento de 13% nas taxas de produção das culturas mais comuns entre 2001 e 2012, devido a melhorias tecnológicas, gestão mais rigorosa da terra e aumento do uso de fertilizantes, pode ter mascarado a degradação contínua dos solos e sua capacidade de prestação de serviços ecossistêmicos. Alimentar a crescente população da Terra com preferências alimentares cada vez maiores em relação aos produtos animais aumenta, sem dúvida, a pressão sobre solos férteis exacerbando o problema da erosão. A governança sustentável do solo tornou-se, portanto, um tópico de importância fundamental (MUELLER et al. 2013).

A erosão do solo é um processo complexo que depende das propriedades do solo, da inclinação do solo, da vegetação e da quantidade e intensidade das chuvas. As mudanças no uso da terra são amplamente reconhecidas como capazes de acelerar bastante a erosão do solo, e há muito se reconhece que a erosão que excede a produção do solo acabaria por resultar em menor potencial agrícola (LIU, 2016).

## 2.2 EROSÃO DO SOLO

Em áreas com população em expansão, a produção agrícola, a construção e a urbanização, bem como as atividades humanas, a erosão do solo é um grande problema. Entre os fatores que causam a erosão do solo está o mau gerenciamento da terra, que causa danos ao solo e resulta em escoamento de água na paisagem em vez de uma infiltração adequada (LIU, 2016).

A erosão do solo é geralmente caracterizada por três ações, envolvendo afrouxamento, transporte e deposição do solo. Esses processos geralmente resultam na realocação do solo superior, rico em orgânicos, nutrientes e vida do solo em outros locais no local onde se acumula ao longo do tempo ou é transportado para fora do local onde se acumula nos canais de drenagem. Geralmente é grave em áreas desleixadas e desprotegidas (SHI et al., 2012).

A erosão do solo geralmente ocorre em locais suscetíveis, onde a topografia é inclinada e quando chuvas de longa duração coincidem com a falta de cobertura vegetal (ZHAO et al., 2014). O monitoramento da erosão do solo é uma chave muito importante para o reconhecimento de áreas vulneráveis e para medir o rendimento de depósitos no campo. A produção de sedimentos e a erosão do solo constituem fatores-chave que podem ser utilizados nas atividades de controle da qualidade da água.

O processo de erosão do solo causa deterioração e é medido usando a quantidade média de solo removido de uma área dentro de um período definido. O nível de solo destacado e transportado para corpos de água de superfície em uma escala de tempo em uma área específica é conhecido como

rendimento de sedimentos e serve como um procedimento importante em erosões de captação (GUO, HAO e LIU, 2015).

A erosão do solo prejudica o crescimento das plantas, a produtividade agrícola, a qualidade da água e a recreação. É uma das principais causas de degradação dos solos, pois ocorre naturalmente em todas as terras (DING et al., 2015). As causas da erosão do solo são basicamente água e vento, com cada uma delas contribuindo para um nível significativo de perda anual do solo.

Às vezes, o fenômeno da erosão é lento, onde geralmente ocorre imediatamente despercebido, mas também pode ocorrer rapidamente, resultando em uma grande perda da parte superior do solo. A erosão do solo em áreas de cultivo se manifesta na redução do potencial de produção, redução da qualidade da água superficial e redes de drenagem prejudicadas. Entre as maiores preocupações ambientais adversas em todo o mundo está a erosão do solo. Isso ocorre porque causa não apenas a privação de nutrientes do solo e a degradação da terra, mas também leva a muitos problemas ambientais externos notáveis, como inundações, assoreamento da água e poluição (AL-WADAEY e ZIADAT, 2014). O processo de erosão está se tornando um grande revés para o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais e do meio ambiente, o que acaba exigindo monitoramento e avaliação adequados.

Existem três tipos principais de erosão do solo.

### **2.2.1 Erosão pelo vento**

A erosão eólica é a remoção de partículas do solo pela força e energia cinética do vento. Essas partículas do solo são transportadas e depositadas quando a energia eólica cai. Esse tipo de erosão consiste no desapego e transporte de partículas do solo pelo vento quando a corrente de ar passar sobre uma superfície, gera sustentação suficiente e arraste para superar as forças da gravidade, atrito e coesão. Perda do solo superior pelo vento reduz relativamente a fertilidade do solo e a colheita produção (BERTUZZI, 2013).

### **2.2.2 Erosão pela água**

A erosão hídrica é causada pela energia cinética da chuva que cai na superfície do solo e pela força mecânica do escoamento. Erosão hídrica geralmente afeta a qualidade da água e degrada a terra e seus nutrientes essenciais (ALMEIDA, 2009). De acordo com a intensidade e duração de uma tempestade, maior é a chance do potencial de erosão. O impacto das gotas de chuva na superfície do solo pode quebrar a superfície.

### **2.2.3 Erosão por gravidade**

O movimento maciço do solo ocorre em encostas íngremes sob a ação da gravidade. O processo envolve a transferência de declives materiais dos terrenos mais altos aos mais baixos devido a peso próprio. A fluência superficial é a descida lenta, movimentando o solo e detritos rochosos. Isso ocorre em encostas íngremes ao longo de fraturas distintas (LIU, 2016).

## **2.3 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

Segundo Da Silva (2004), planos de recuperação são importantes instrumentos da gestão ambiental para vários tipos de atividades, sobretudo aquelas que envolvem desmatamentos, terraplenagem e erosão do solo.

Almeida (2016), deixa claro que é preciso ir mais além e dominar conhecimentos sobre o processo de recuperação de áreas degradadas. É exatamente o caso de planejar e conhecer sobre o processo erosivo. Por todas essas razões, buscando maneiras e técnicas de mitigação do processo erosivo, é notório que isso resulta de conhecimento técnico para avaliar o processo.

Conforme Decreto Federal 97.632/1989 (BRASIL, 1989) trata-se que o termo Recuperação de Áreas Degradadas é o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente. Assim, reveste-se em particular a importância da recuperação e conservação do solo para obter-se condições satisfatórias para recomposição da área afetada.

O mais preocupante, contudo, é constatar que a degradação pode ocorrer quando for perdida ou se tem carência da cobertura do solo e o mesmo teve ausência da camada fértil. Não é exagero afirmar que a degradação ambiental ocorre quando se perde características, químicas, físicas e biológicas de determinada área, é importante que seja feito manejo e utilização de técnicas de bioengenharia para promover a recuperação da área afetada. Assim, preocupa o fato de que para regenerar uma área degradada demanda-se tempo e investimento. Conforme mencionado pelos autores Albuquerque; Neto (2000), pode-se dizer que a degradação pode ter diversas causas que levam a esse a processos erosivos.

É permitido que o conceito de degradação tem associação a efeitos ambientais negativos e relacionados a atividades antrópicas. Neste contexto, para (COSTA, QUEIROZ, *et al.*, 2011) fica claro que a degradação do solo é um dos maiores problemas ambientais na atualidade. Conforme explicado acima o mais preocupante sobre processos erosivos é que afeta tanto terras cultivadas para agricultura quanto a vegetação natural do solo e, contudo, pode-se constatar que a má utilização do solo, por exemplo, acelera o processo erosivo. Devido a esses fatores é pertinente utilizar técnicas de recuperação do solo.

Em todo mundo, tem-se a presença de áreas degradadas por diversas causas, desde o mau uso do solo na agricultura, extração de minérios, até o uso de fogo descontrolado, entre outros. Em vários países, a recuperação de área degradada já era uma técnica praticada há bastante tempo, estas experiências, muitas datadas de antes de Cristo, são importantes referências, para países "jovens " como o Brasil (ALMEIDA, 2016, p.19).

Almeida deixa claro na citação acima que o foco da recuperação de áreas degradadas é uma problemática em todo o mundo. Esse é o motivo pelo qual é importante frisar esse ponto, uma vez que, o mau uso do solo pode comprometer a integridade de determinada área. Segundo que a única forma conhecida de resolver esse problema é o manejo adequado do solo e uma vez que o mesmo foi descaracterizado realizar técnicas de bioengenharia para a recuperação.

O estudo revela o quão amplo é o conceito de área degradada. Fica evidente, diante desse quadro, que são áreas que perdem sua capacidade de recuperar de forma natural. Espera-se, dessa forma, que uma área que sofreu algum processo erosivo, tanto natural, quanto antrópico, seja recuperada.

Mesmo assim, não parece haver razão para que a área que sofreu um processo erosivo, fique como está. Por todas essas razões, juga-se necessário elaborar um projeto de recuperação. É preciso ressaltar que os processos erosivos não são irreversíveis.

## 2.4 TIPOS DE RECUPERAÇÃO

Muitos projetos de restauração visam estabelecer ecossistemas compostos por espécies nativas; outros projetos tentam restaurar, melhorar ou criar funções específicas do ecossistema, como controle de polinização ou erosão. Alguns exemplos de diferentes tipos de restauração incluem o seguinte (FALK et al, 2006):

A revegetação: estabelecimento de vegetação em locais onde ela foi perdida anteriormente, geralmente com o controle da erosão como objetivo principal. Por exemplo, tampões com vegetação são faixas de vegetação que protegem a qualidade da água nos ecossistemas ribeirinhos do escoamento urbano ou agrícola.

O aprimoramento de habitat: processo de aumentar a adequação de um local como habitat para algumas espécies desejadas.

A remediação pode melhorar um ecossistema existente ou criar um novo com o objetivo de substituir outro que se deteriorou ou foi destruído.

A mitigação é a mediação legalmente exigida para a perda de espécies ou ecossistemas protegidos.

Assim, é necessário definir alguns conceitos subjacentes à restauração, como:

- Perturbação

Eventos de perturbação podem ocorrer em várias escalas e diferentes níveis de gravidade, e alguns são partes naturais de todos os ecossistemas. Eventos de perturbação podem alterar a composição de espécies, ciclagem de nutrientes e propriedades do solo. Os distúrbios naturais

incluem danos climáticos graves, incêndio, inundação, queda de árvores e até erupções vulcânicas. Os distúrbios antropogênicos (causados pelo homem) podem alterar ou destruir o habitat natural (como limpar a terra para a agricultura) e / ou funções ecológicas (como represar rios para o controle de enchentes). Os seres humanos também podem alterar eventos e ciclos de distúrbios naturais (como supressão de incêndios florestais e prevenção de inundações periódicas). O objetivo de um projeto de restauração pode ser iniciar ou acelerar a recuperação de um ecossistema após perturbações. As atividades de restauração também podem ser projetadas para restabelecer os regimes de distúrbios naturais (YOUNG et al. 2005).

#### **2.4.1 Etapas de Restauração**

A restauração aplicada é um processo de várias etapas, que pode incluir algumas ou todas estas etapas (FALK et al, 2006):

**Avaliação do local:** Uma avaliação completa das condições atuais no local de restauração é essencial para determinar que tipo de ações serão necessárias. Nesta etapa, são identificadas as causas da perturbação do ecossistema e os métodos para interrompê-las ou revertê-las (FALK et al, 2006):

**Formulação dos objetivos do projeto:** Para determinar metas para a comunidade restaurada, os profissionais podem visitar locais de referência (similares, ambientes próximos em condições naturais) e / ou consultar fontes históricas que detalham a comunidade pré-perturbação. Os objetivos também podem incluir considerações sobre quais espécies serão mais adequadas às condições climáticas atuais ou futuras (FALK et al, 2006):

**Remoção de fontes de perturbação:** Antes que a restauração possa ser bem-sucedida, talvez seja necessário remover as forças de perturbação. Os exemplos incluem a interrupção da mineração ou agricultura ou causas de erosão, restringindo o gado de áreas ribeirinhas, removendo materiais tóxicos do solo ou sedimentos e erradicando espécies exóticas invasoras (FALK et al, 2006):

**Restaurando processos / ciclos de perturbação:** Às vezes, restaurar processos ecológicos importantes, como regimes naturais de inundação ou

incêndio, é suficiente para restaurar a integridade do ecossistema. Nesses casos, plantas e animais nativos que evoluíram para tolerar ou exigir regimes de distúrbios naturais podem voltar por conta própria, em uma área recuperada e apta para suas utilidades (FALK et al, 2006):

Reabilitação de substratos: Isso pode incluir qualquer atividade destinada a reparar textura ou química alterada do solo ou restaurar regimes hidrológicos ou qualidade da água (FALK et al, 2006):

Restaurando a vegetação: em muitos casos, as atividades de restauração envolvem a revegetação direta de um local. Geralmente, espécies nativas adequadas às condições ambientais locais são escolhidas para o plantio. Sementes ou mudas são geralmente coletadas de uma variedade de fontes dentro de uma região local, a fim de garantir a diversidade genética. A vegetação pode ser plantada como sementes ou mudas (FALK et al, 2006):

Monitoramento e manutenção: o monitoramento do local de restauração ao longo do tempo é fundamental para determinar se as metas estão sendo cumpridas e pode informar futuras decisões de gerenciamento. Observações feitas no local podem indicar que outras ações, como remoção periódica de plantas invasoras, são necessárias para garantir o sucesso a longo prazo do projeto. Idealmente, os projetos de restauração acabariam alcançando um ecossistema autossustentável, sem a necessidade de futura intervenção humana (FALK et al, 2006):

Praticamente todos os tipos de ecossistemas do mundo foram objeto de esforços de restauração, mas atenção especial foi dada aos ecossistemas mais afetados pelas atividades humanas, como áreas úmidas, áreas ribeirinhas e florestas tropicais (FALK et al, 2006).

### **3 BIOENGENHARIA DE ÁREAS DEGRADADAS**

#### **3.1 CONSEQUÊNCIAS DOS PROCESSOS EROSIVOS**

Em se tratando de recuperação de áreas degradadas, é de fundamental importância realizar recuperação da área que sofreu processos erosivos. Não restam dúvidas de que há muito tempo, tem se aprofundado em técnicas de recuperação do solo degradado, o que resulta, hoje, em benefícios ambientais, econômicos e sociais (BRASIL, 2017).

Cabe ainda apontar que, a conservação do solo, e da vegetação, proporcionam benefícios ao homem. Diante do exposto, então, é possível verificar que solos degradados, podem ocasionar danos ambientais e econômicos. Existem várias técnicas de cultivo, que visam a conservação do solo. Neste contexto, fica claro que o mau uso do solo pode acarretar mudanças expressivas transformando solos férteis em áreas improdutivas.

Segundo Chaves, Andrade et al., (2012) o mais preocupante, contudo, é constatar que processos erosivos em uma determinada área, podem ocasionar empobrecimento do solo, e afetando sua capacidade produtiva. Não é exagero afirmar que os processos erosivos podem acarretar perdas mais severas, como: assoreamento de rios e açudes. Assim, preocupa o fato de que os processos erosivos implicam em uma redução de áreas cultiváveis.

Pode-se dizer, conforme explicado no parágrafo anterior, que uma das maiores causas de processos erosivos pode estar relacionada com o manejo inadequado de recursos naturais, levando a uma potencialização da degradação do solo. Neste contexto, para Carvalho (2009), fica claro que se trata inegavelmente, que os processos de degradação ambiental gera danos, não somente ao solo e o meio ambiente quanto na produção agrícola, trazendo prejuízos tanto econômicos e sociais. O mais preocupante, contudo, é constatar que o processo erosivo pode chegar a formar voçorocas, que é processo mais avançado de erosão.

Dessa forma os processos erosivos, causam a redução e empobrecimento da capacidade produtiva do solo, uma vez que, os métodos de

recuperação de erosão, preconizam que sejam realizados quando a erosão está em fase inicial, onde se tem uma menor perda de solo, e contribuindo de forma importante para a resolução de problemas, pois realizado em fase inicial, trará menos transtornos. Podendo assim, contribuir de forma positiva no processo de recuperação de áreas.

Avaliar este processo histórico ajuda a entender toda a trajetória dos processos de recuperação de áreas degradadas. Compreender isso é um fator muito importante para se avaliar técnicas de bioengenharia para tratamento do solo que foi descaracterizado. Uma vez que, a uma elevada porcentagem dos solos do Brasil, sofrem por degradação, onde 33% dos solos do mundo estão passando por processos erosivos FAO/EMBRAPA (2015).

Em áreas de culturas agrícolas, devido à ausência de preparação e manejo adequado do solo, essa falta de manejo adequado contribui de forma no assunto relacionado impacto ambiental acarretando uma diminuição de vegetação e potencializando o surgimento de processos erosivos (MORENO; HIGA, 2005).

Pinto (2008) deixa claro que atividades agropecuárias contribuem para a degradação do solo, devido às condições das áreas pastoris possuem vegetação com raízes com uma menor densidade, no fortalecimento do solo, e assim não segurando o solo para possíveis movimentações de terra.

Conforme explicado no parágrafo anterior é interessante afirmar, que os processos relacionados a atividades agrícolas afetam o solo, podendo acarretar na formação de ravinas, que são sulcos que são provocados por escavamento produzido pelo lençol de escoamento superficial ao sofrer certas concentrações de água, mas vez que o pisoteamento de animais gera a compactação do solo, e remoção da pastagem. Visto que sem a vegetação a área fica mais susceptível a sofrer processos erosivos, mesmo assim não parece haver razão para discordar que vegetação é de fundamental importância para fixação de nutrientes no solo.

Segundo Marchão (2009), a causa oriunda da compactação do solo pelo pisoteio de animais, intensifica a remoção da vegetação, trazendo graves

consequências para o solo, já que acarreta a diminuição da taxa infiltração de água no solo, compactação do mesmo, sem contar, com uma redução do crescimento radicular das plantas. Tendo em vista que com a remoção da camada de vegetação o solo ficando desprotegido, podendo contribuir com o surgimento de ravinas e chegar no estágio de uma voçoroca que ocorrem quando as ravinas chegam ao lençol freático, aliado a uma erosão subsuperficial (escoamento subsuperficial) abrindo enormes buracos no solo.

Sendo assim, fica evidente a importância da conservação e o manejo adequado, habitualmente, para regeneração do ambiente é necessário seguir algumas recomendações, para reduzir o processo erosivo. Um deles é manter a cobertura vegetal, que é de suma importância para regeneração da área, uma vez que têm importância de servir com barreira natural, contra ações da água e suas raízes agregam aumentando a resistência do solo.

### 3.2 BIOENGENHARIA NO CONTROLE DE EROSIÃO

Segundo SUTILI et. al (2004), a bioengenharia é um ramo da ciência que faz uso das características biológicas e técnicas de vegetação, sendo que usada técnicas de Engenharia, tendo a finalidade de controlar processos erosivos, podendo ser conhecida também como "construção verde", sendo que são utilizadas técnicas de construção primitivas. Cabe apontar que, apesar de serem técnicas milenares, ainda se mantém eficazes nesse processo. Diante do exposto, então, é eficiente a utilização de técnicas de bioengenharia, dessa forma, são técnicas de cunho satisfatório com finalidade controlar processos erosivos.

Nas técnicas de bioengenharia de solos em obras que visam à perenização de cursos de água, estabilização de encostas, tratamento de voçorocas e ao controle da erosão de modo geral, não só os materiais inertes, como madeira, pedras, geotêxteis e estruturas de metal e concreto, mas também a vegetação é entendida e usada como componente estrutural. Portanto, para o sucesso destas obras, deve-se não só conhecer os modelos de intervenção preconizados, mas seu resultado fica também na dependência do conhecimento e adequado aproveitamento das características técnicas da vegetação. (SUTILI, 2007, p. 11).

Sutili (2007) deixa claro, que as técnicas de Bioengenharia, são técnicas com intuito de recuperar uma determinada área, utilizando técnicas que visam

contribuir para a regeneração do solo, encostas, tratamento de voçorocas entre outros. Conforme citado no parágrafo anterior, para realização dessas técnicas são utilizados materiais inertes, prezando pelo uso mínimo de equipamentos e de movimentação de terra, o que ocasiona menor perturbação durante a execução de obras de proteção de taludes e controle de erosão.

Conforme verificado por Guerra e Jorge (2014), as técnicas de bioengenharia, são técnicas naturais, que utilizam de materiais vegetais. Trata-se inegavelmente de um processo que visa contribuir, no processo de recuperação de áreas degradadas de forma eficiente e satisfatória em grande parte dos casos.

Guerra e Jorge (2014) deixam claro no parágrafo anterior, que a técnica de bioengenharia pode ser uma alternativa muito interessante. E o autor Pinto (2009) explica que se trata inegavelmente de ser uma técnica eficaz sustentável e muito interessante para casos de rupturas, controle de erosão, seria um erro, porém, atribuir como uma única solução para a maioria dos problemas ocasionados por erosão. Assim, reveste-se de particular importância de utilização dessa técnica para estabilização de áreas, que se aprestam em condições estáveis.

A implantação de uma técnica de bioengenharia serviço ou um serviço de revitalização de recuperação do solo, então, deve ser direcionada por uma estratégia específica, que com acompanhamento apresente os melhores resultados. Como bem nos assegura Pinto (2009), há várias técnicas de bioengenharia, sendo assim, é preciso realizar uma análise de soluções das técnicas e determinar uma solução que seja mais adequada. Uma vez determinada a técnica mais viável para a realização do projeto, por exemplo, podem ainda ser utilizadas biomantas, bem como telas vegetais, que auxiliam na decomposição, e a estabilizar a vegetação em desenvolvimento e promovendo a proteção o solo, retendo a umidade por mais tempo, assim controlar a erosão.

Desta forma, fica claro, segundo parágrafo anterior, que as técnicas de bioengenharia de solos, são técnicas promissoras na recuperação de uma área danificada por processos erosivos, onde se tem o intuito de acelerar a

recuperação da área afetada (ARAUJO, ALMEIDA e GUERRA, 2005). As técnicas de bioengenharia do solo, se mostram atuantes em possibilitar o fortalecimento do solo e auxilia na retenção de movimentação de terra.

Há muito que a vegetação é reconhecida como útil para aumentar a estabilidade da encosta em relação a deslizamentos de terra e erosão. Os sistemas radiculares das plantas têm efeitos predominantes na estabilidade da encosta, as raízes agem como reforço do solo.

Para melhorar a estabilidade da inclinação em larga escala, os gerentes poderiam se concentrar inicialmente em áreas relativamente pequenas, ou pontos quentes. Com relação à erosão do solo, essas áreas são definidas como locais com taxas de erosão do solo bem acima dos níveis de tolerância à perda de solo. Os pontos de acesso geralmente ocupam apenas uma pequena fração da área de captação, mas podem ser responsabilizados por uma contribuição muito significativa à produção geral de sedimentos, levando a problemas externos. Reduzir a erosão ou o deslizamento do solo nesses pontos críticos de degradação por meio de uma espécie ou mistura apropriada de espécies seria um método econômico e eficiente para proteger contra deslizamentos de terra em larga escala (SMETS; POESEN; KNAPEN, 2008).

Portanto, as características radiculares apropriadas para fixação do solo em pontos críticos devem ser identificadas. As posições espaciais ideais das espécies dentro de um ponto de acesso também podem ser determinadas, dependendo do solo local e das condições climáticas.

Se as plantas puderem ser usadas como 'engenheiros ecológicos', isto é, podem ser usadas para criar um ecossistema sustentável que agregue valor ao meio ambiente e à sociedade, as espécies mais preferidas para a estabilização de taludes seriam as nativas com valor econômico local. Os indivíduos arbóreos devem possuir características de raiz conhecidas por melhorar a estabilidade da encosta, onde uma característica é uma propriedade mensurável bem definida e mensurável de um organismo, geralmente medida no nível individual e usada comparativamente entre as espécies. Estão disponíveis listas de características desejáveis do sistema radicular para fixação do solo em taludes (MITSCH, 2012).

O Instituto Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica propôs quatro medidas de controle de taludes, como segue:

- Altere a forma geométrica da inclinação: aumente os materiais na área antiderrapagem dos deslizamentos de terra e reduza o grau da inclinação.
- Drenagem: drenagem superficial; drenagem vertical de poços; drenagem de túneis e corredores; drenagem a vácuo; drenagem pontual.
- Estrutura de suporte: muro de contenção por gravidade; parede de retenção de armação; muro de contenção de gaiolas; muro de contenção de concreto armado fundido no local; estrutura de retenção reforçada; rede fixa de inclinação de rocha.
- Reforço interno de taludes: âncora de rocha; grupo de microestacas; âncora; tratamento térmico; congeladas; âncora eletro-osmótica; plantio.

Os indivíduos devem possuir sistemas radiculares extensos e profundos, com raízes fortes e de crescimento rápido que demoram a se decompor. No entanto, as características mais comumente usadas para quantificar a contribuição dos sistemas radiculares das plantas para a estabilidade da inclinação são a relação da área radicular (RAR), que é a área superficial das raízes sobre uma determinada área do solo e a resistência à tração máxima da raiz. Essas características são usadas para calcular a contribuição mecânica das raízes como coesão adicional do solo. No entanto, reconhece-se que essas características simples não podem descrever o mecanismo completo de reforço radicular nas encostas e que devemos considerar conjuntos de características mais complexos (GENET; STOKES; FOURCAUD; NORRIS, 2010).

No que diz respeito às características mecânicas da raiz, foi recentemente demonstrado que o comportamento mecânico de uma raiz durante uma deformação, e não apenas sua resistência máxima à tração na ruptura, deve ser usado para calcular valores mais realistas de coesão adicional. Para melhorar a estabilidade da inclinação, raízes com alta resistência à tração na ruptura e uma pequena tensão de tração na ruptura seriam mais eficientes, porque o solo pode suportar apenas um deslocamento muito pequeno antes de romper. A

articulação em uma raiz mantida em tensão é composta por três fases: (i) uma fase inicial de alongamento seguida por (ii) uma fase de deformação reversível denominada fase elástica, que às vezes é, mas nem sempre, seguida por (iii) a fase de deformação não linear e irreversível denominada fase plástica que leva à ruptura (SCHWARZ e LEHMANN, 2010).

Para melhorar a estabilidade da encosta, a fase irreversível da deformação deve ser a menor possível, pois as raízes que podem ser mobilizadas novamente serão mais eficientes a longo prazo (CHAVES, ANDRADE, et al., 2012).

Ghestem (2012) mostrou que a resistência à tração máxima necessária para causar falha radicular está correlacionada com as características elásticas (resistência elástica, tensão elástica e módulo elástico de elasticidade) e, portanto, representa a capacidade de uma raiz se deformar reversivelmente. Muitos poucos estudos examinaram tais características mecânicas radiculares detalhadas no contexto das análises de estabilidade de taludes. Na maioria dos estudos anteriores, onde a contribuição da vegetação para a estabilidade da inclinação foi determinada, apenas a resistência à tração de raízes finas e foi determinada e encontrada correlacionada com o teor de celulose e lignina. No entanto, as raízes mais grossas atuam como unhas do solo, prendendo os sistemas radiculares no substrato. Portanto, é importante medir também a resistência à flexão de raízes grossas, para que elas pudessem ser incorporadas em modelos de estabilidade de taludes (NAKAMURA; NGHIEM; IWASA, 2007).

### 3.3 DEFININDO TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO

Para que seja feita uma escolha de modelo de restauração, um modelo de desenvolvimento onde pode ser utilizadas técnicas de bioengenharia de solo.

Segundo Martins (2010), o papel das técnicas de recuperação para diferentes situações ambientais ou degradação identificadas, visa restabelecer e recuperar a paisagem forma que área se encontre em estado anterior, antes da degradação, procura-se promover redução de custos e aumentar a eficiência

do processo. Para isso é preciso estabelecer estratégias de restauração florestal de áreas degradadas

Para o processo de recuperação de áreas degradadas, podem ser utilizadas diversas técnicas, onde é preciso avaliar o estágio da erosão do solo, conhecer as características do solo, água, fauna, para posteriormente definir uma melhor técnica e mais eficiente que possa ser aplicada durante o processo de recuperação. Une-se, assim, um plano estratégico, para potencializar e acelerar o procedimento utilizado. (ALMEIDA, 2016).

O planejamento inicial prevê a necessidade da confecção de um roteiro que busque a solução mais rápida, mais eficiente e mais econômica para se recuperar as áreas degradadas faz-se necessário conhecer o passado, analisar o presente e planejar o futuro das áreas a reabilitar. O planejamento deve ser com uma visão de longo prazo. O processo de planejamento deve ser realizado, projetando-se em longo prazo e contemplando sempre uma visão global do problema. Os “pacotes” e “receitas” generalistas não funcionam no caso de recuperação, cada situação específica deve receber um tratamento adequado. As etapas, aqui mostradas, compõem apenas um roteiro bem simples e básico, que pode ser adaptado para cada caso específico (ALMEIDA, 2016, p.142).

De acordo com Couto (2010, p.180-181), podem-se citar as principais vantagens da utilização da bioengenharia:

- Menor requerimento de maquinário: as técnicas de bioengenharia de solos podem ser classificadas como trabalho-técnico intensivas, em oposição à engenharia convencional, predominantemente energético-capital intensivas. Por conseguinte, requerem maior utilização de mão-de-obra e têm custo final comparativamente menor, oferecendo ainda maior retorno social, já que além de utilizar maior quantidade de mão-de-obra braçal ela requer menor qualificação do que as práticas tradicionais de engenharia civil.
- Utilização de materiais naturais e locais: madeira, pedras, compostos orgânicos, dentre outros, reduzem os custos de transporte, além de gerarem diversos outros benefícios locais.
- Relação custo/benefício: as técnicas de bioengenharia de solos apresentam, na maioria das vezes, uma relação custo/ benefício melhor do que as técnicas tradicionais de engenharia.
- Compatibilidade ambiental: as técnicas de bioengenharia de solos geralmente requerem a utilização mínima de equipamentos e da movimentação de terra, o que ocasiona menor perturbação durante a execução das obras de proteção de taludes e controle de erosão. Além disso, são atributos favoráveis em áreas sensíveis, como parques, reservas naturais, áreas ripárias e corredores naturais, onde a estética constitui fator de grande importância, fornecendo ainda habitat para a fauna nativa, restauração ecológica e conforto ambiental.

- Execução em locais de acesso precário ou inexistente: em locais de difícil acesso, ou inacessíveis para o maquinário, as técnicas de bioengenharia de solos podem constituir a única alternativa viável para a execução de obras de proteção de taludes e controle de erosão.

Couto et al (2010, p. 181-182) resume as principais técnicas adotadas nas obras que utilizam a bioengenharia

- Geossintéticos, mais comumente as biomantas que atuam não só como forma de recobrimento do terreno, mas como um eficiente sistema de drenagem superficial e sub superficial, construção de estradas e demais práticas de controle de erosão.
- Retentores de Sedimentos, haja vista que os sedimentos devam ser ancorados, principalmente após a execução dos serviços de estabilização de talude. Para tanto conta-se hoje em dia com bermalongas, paliçadas de madeira, etc.
- Solo Envelopado Verde, uma técnica usada para recompor taludes, erosões e envelopar aterros. Este método é de construção rápida, podendo-se utilizar material do próprio local para construir o aterro compactado, podendo ainda ser utilizadas sementes e estacas vivas para deixar verde a superfície e atirantar o solo com as raízes.
- Solo Grampeado Verde, um processo utilizado para conter instabilidades geotécnicas, sub-superficiais e profundas, em substituição a placas de concreto, cortinas e outros sistemas, devido à sua flexibilidade e rapidez na construção.
- Madeiras e Estacas Vivas, muitas vezes a madeira ou gravetos utilizados com funções estruturais (inertes) podem enraizar, exercendo, a partir daí, funções biologicamente ativas, de acordo com a necessidade de aplicação. Este processo é denominado de estacas vivas.
- Concreto, os projetos que conjuguem concretos e espécies vegetais podem ser utilizados em estruturas de contenção modulares e monolíticas; em jardineiras de diferentes formatos e dimensões; em sistemas de retardamento de vazões pluviais e em sistemas de confinamento celular. Estas estruturas são geralmente utilizadas na proteção de cursos d'água. Entretanto, problemas associados ao alto custo e aos requerimentos técnicos de execução, à alta alcalinidade do concreto e à sua característica de alta transmissividade térmica (que favorece altas taxas de evaporação do solo) impõem dificuldades de utilização deste material na bioengenharia.
- Ligas Metálicas, podendo ser classificada em quatro tipos, a saber: (i) telas metálicas; (ii) pinos e estacas; (iii) trilhos; (iv) chapas de metal. • Hidrossemeadura, é a aplicação com bomba hidráulica, via aquosa, de sementes misturadas com adubos minerais, massa orgânica e adesivos de fixação.

O controle da erosão do solo é o processo de minimizar o potencial de erosão do solo. As medidas de controle de erosão provaram reduzir o potencial

de erosão, estabilizando o solo exposto e reduzindo a velocidade do escoamento superficial (COUTO et al., 2010).

As medidas de controle de erosão e sedimentos são classificadas em duas categorias, as medidas de controle temporário e as medidas de controle permanente

Medidas temporárias de controle da erosão do solo são criadas para controlar a erosão do solo durante a fase de construção. Depois que o projeto é concluído e as medidas permanentes são instaladas, as medidas temporárias são completamente removidas. Medidas permanentes de controle de erosão do solo são incorporadas ao projeto geral para tratar da erosão pós-construção a longo prazo e controle de sedimentos.

A revegetação do solo exposto com o crescimento da grama e de outras plantas no solo superficial é o principal método de controle da erosão do solo por bioengenharia. Esse método é uma medida permanente de controle da erosão do solo que utiliza as raízes, caules e folhas da vegetação para reduzir o potencial de erosão do solo.

A bioengenharia envolve a introdução de folhagem que diminui o impacto da chuva, levando à infiltração da água da chuva no solo e resultando na ancoragem do solo nos sistemas radiculares. À medida que as plantas crescem, o sistema de controle de erosão com engenharia biológica continua a se fortalecer. Os métodos de bioengenharia fornecem uma medida simples e econômica para controlar os problemas de erosão a longo prazo.

O terraceamento é um método de modelagem da terra no qual aterros e cristas da terra são redesenhados para a interceptação de água de escoamento, que por sua vez canaliza a água em uma direção de saída específica. Os terraços podem ser classificados por dois tipos: terraços de bancada e de base ampla. O terraço do banco é a forma mais antiga de terraço e é usado para reduzir a inclinação da terra; terraços de base ampla são usados para controlar e reter a água superficial em terrenos inclinados.

As vias navegáveis com vegetação protegem o solo contra as forças erosivas do escoamento superficial de terrenos inclinados. Essas hidrovias

absorvem a energia destrutiva, que causa erosão do canal e formação de ravinas. Dependendo do clima e dos requisitos funcionais, as vias navegáveis podem ter seções transversais nas formas parabólica, trapezoidal e triangular.

O manejo do solo envolve a lavoura e o plantio de culturas na mesma elevação ou "contorno". Logo, a água é mantida, o que modera a erosão da água e aumenta a umidade do solo. Com solos estáveis, tem-se a redução da perda de solo.

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 METODOLOGIA

Esta seção tem como característica a realização de pesquisa exploratória. Na primeira parte do estudo, realizou-se a caracterização do local.

### 4.2 DESCRIÇÃO DA ÁREA

O município pertence à Mesorregião do Vale do Rio Doce e Microrregião de Guanhanes, localizando-se a nordeste da capital do estado, distando desta cerca de 280 km. O estudo foi realizado próximo ao Aviário novo no Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) campus São João Evangelista - MG.

A geologia do município de São João Evangelista (figura 1) é constituída por rochas intrusivas Metabásicas apresentando direção e mergulho de foliação gnáissica e de xistosidade. Também ocorrem os metagranitos, os metagranodioritos, os ortognaisses alcalinos, os ganisses e os granitoide.

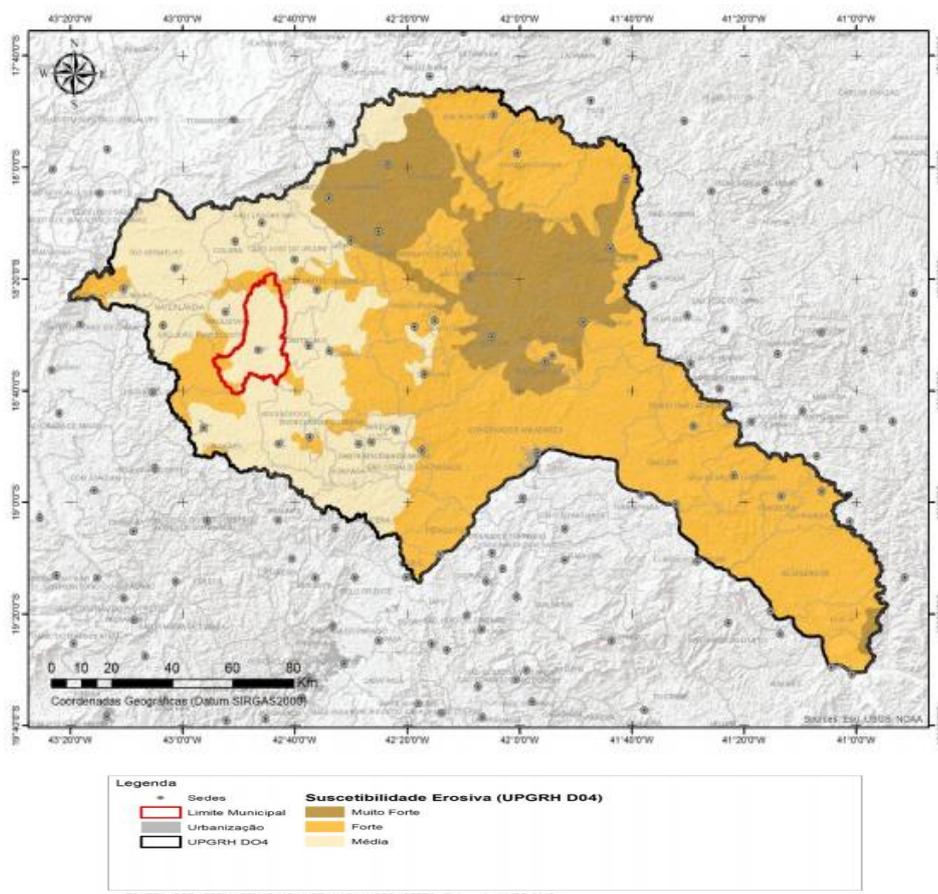


Figura 1 Geologia do Município de São João Evangelista

### 4.3 LEVANTAMENTOS DE DADOS

A segunda parte desse trabalho consistiu no planejamento, em que foi escolhido a área de estudo do projeto. A delimitação da área, corresponde a uma pequena área erodida situada no campus.



**Figura 2 Área de estudo**

Uma vez feito o planejamento, realizou-se o levantamento dos materiais a serem utilizados. Para esse estudo foram utilizados, trena, nível de mangueira de pedreiro, régua graduada, marreta de Kg, água para o nível, trado tipo sonda de amostra 20cm, saco plástico para coletar amostra de solo

Posteriormente foram realizadas visitas *in loco* na área de degradação formada, com objetivo de observar a área escolhida e avaliar os processos erosivos presentes nesse determinado local.

Foram retiradas três amostras de solo simples, seguindo o caminho em *zigue-zague*, e coletadas com um trado tipo sonda de 50cm e cada amostra foi coleta com cerca de 20cm de profundidade. O material coletado de cada área foi misturado em um recipiente, e retirado cerca de 500g de solo para amostra e ser enviadas para análises físico/química no laboratório de solos do IFMG *campus* São João Evangelista.



**Figura 3: Retirada de Amostra de solo**

Conforme a Embrapa (2008), o nível de mangueira pode ser formado por duas réguas de madeira com 2,00m de altura por 0,015m de espessura e 0,07m de largura. As réguas são graduadas em centímetros. As duas réguas são conectadas numa mangueira plástica, transparente, com 1/2" de diâmetro e cujo comprimento pode variar de 10 a 20 metros. As extremidades da mangueira coincidem com a graduação superior de cada régua que coincide com cada uma das réguas nela fixada. A mangueira é cheia com água tendo-se o cuidado de

extrair as bolhas de ar. O método baseia-se no princípio dos vasos comunicantes.

Obteve-se a diferença de nível, para o cálculo da declividade, esticando-se a mangueira horizontalmente no sentido da inclinação, sendo que a diferença de nível relacionada com a distância horizontal parcial, (que é o comprimento da mesma).

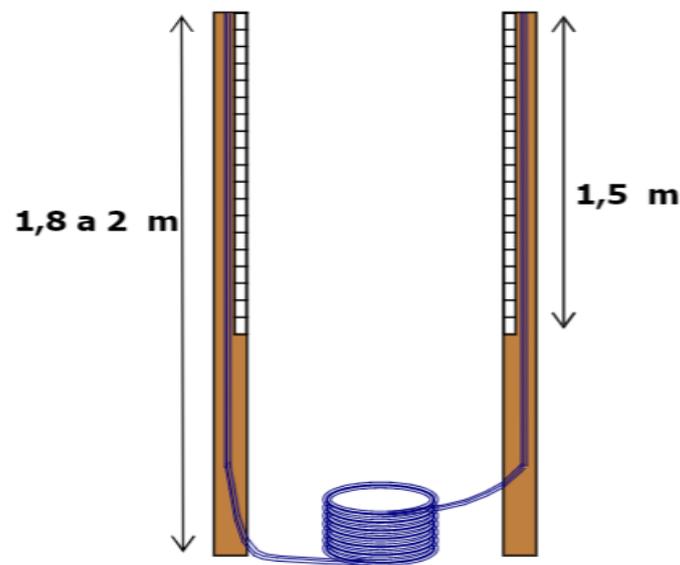


Figura 4: Tipo de nível utilizado

#### 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depois de ter realizado em campo as medições e anotado os resultados, foi realizado o cálculo conforme abaixo para determinação da inclinação, ou seja, a declividade do terreno.

$DH = \text{distância horizontal} = AB$

$DV = \text{Distância Vertical} = A'A = E (ab + cd + ef + gh + \dots xy)$

$E = \text{somatório}$

$I = \text{Inclinação (\%)}$

Logo: Se para uma distância horizontal (DH) existe uma diferença de nível (DV), para uma distância horizontal de 100, obter-se-á o desnível I.

$$\frac{E\ DH}{E\ DV} = \frac{100}{I} \qquad I = \frac{E\ DV \cdot 100}{E\ DH} \%$$

Resultados:  $DH = 7,94$

$$DV = 4,31m$$

Portanto:

$$I = \frac{4,31}{7,94} \cdot 100 = 54,28\%$$

Foi calculada a declividade da área em estudo, devido ao fato que o relevo influencia o escoamento das águas de chuva em diferentes trajetórias sobre o terreno, sendo assim a declividade se torna um dos mais responsáveis pela perda de solo, para isso é de grande importância saber a declividade do terreno. Anotou-se todas as leituras para depois no escritório fazer os cálculos necessários.

A análise de estabilidade pôde determinar o fator de segurança de uma superfície de deslizamento potencial. A forma da superfície de deslizamento potencial pode ser bastante irregular, inclinação do terreno. Isto é particularmente verdadeiro em declives naturais onde juntas e fraturas determinam os locais da superfície de falha.

Após as análises físico-químicas, identificou-se um pH do solo de 4.4, apresentando uma acidez muito elevada, o que dificulta o desenvolvimento da vegetação.

Quanto à análise de macro e micronutrientes, apresentou-se um baixo valor, caracterizando um solo pobre em nutrientes. Analisando à classificação do solo, podendo concluir que se trata de um solo areno silto argiloso, ou seja solo misto.

A intemperização da rocha, resultante de processos físicos, químicos e biológicos, origina um manto intemperizado, ou regolito, e sobre este se

desenvolve o solo. No processo de intemperização, diferenciam-se horizontes distintos com características próprias.

Na parte superior do perfil, o horizonte (serrapilheira), contém matéria orgânica em estágios diferenciados de decomposição, formados de materiais de plantas e animais depositados na superfície. Logo abaixo, ocorre um horizonte mineral rico em matéria orgânica, caracterizado como horizonte A.

O horizonte B é menos afetado pela ação biológica, predominando a acumulação de óxidos de ferro e alumínio e argilas silicatadas. Abaixo, o horizonte C possui minerais primários de tamanho mais grosseiro, sendo mais próximo do material de origem.

A profundidade, a estrutura, a textura e as características químicas destes horizontes são algumas propriedades que fornecem importantes informações acerca do papel dos solos no ambiente.

A fim de obter a recuperação dos solos desta área sugere-se a adoção de estratégias em curto prazo, que consistem na adoção de tecnologias visando à pronta recuperação da área. Normalmente, nas áreas agrícolas, envolvem o uso de corretivos da acidez, para eliminar os efeitos tóxicos do alumínio e fornecer cálcio e magnésio às plantas; utilização de leguminosas como fonte de nitrogênio e matéria orgânica; e adubação química para a recomposição dos teores de fósforo e potássio do solo.

Contudo, a adubação mineral, quando necessária, associada a práticas mecânicas, como subsolagem, torna mais rápido o processo de recuperação de áreas degradadas, cujo princípio está no fornecimento daqueles nutrientes que estejam em níveis inadequados ou insuficientes no solo, recompondo sua fertilidade natural ou, em muitos casos, tornando-o mais fértil que em condições naturais.

Normalmente, a recuperação visa elevar a saturação de bases a valores mínimos que devem ser definidos em função do tipo de solo e da cultura, ou aumentar a disponibilidade de cálcio, magnésio e potássio trocáveis e de fósforo assimilável. Se houver problemas físicos associados à baixa fertilidade, como

formação de pé de arado ou compactação do solo, será necessário o uso de subsoladores ou aração.

A recuperação do solo, deverá estar associada com práticas conservacionistas (construção de terraços e plantio direto), para que seus benefícios sejam mais duradouros. A recuperação deve ser aplicada em pastagens que se encontram nos primeiros estádios da degradação agrícola, enquanto a renovação deve ser realizada nas situações em que o grau de degradação é tal que sua recuperação se torna inviável, como nas áreas com degradação agrícola mais intensa ou naquelas com degradação biológica. As técnicas a serem empregadas na recuperação devem estar voltadas principalmente para a correção dos fatores responsáveis pela degradação e, normalmente, incluem a combinação de uma ou mais das seguintes práticas: controle de invasoras, adubação de manutenção, melhoria do manejo, plantio de forrageiras, introdução de leguminosas, diversificação do pasto, ocupação de nichos específicos e substituição de forrageiras.

Na recuperação, normalmente recomenda-se o preparo mecanizado da área, seguido da adubação e plantio de espécies forrageiras, preferencialmente em consórcio com leguminosas.

Quanto às medidas de apoio, inclui muro de contenção, estaca antiderrapante e estante antideslizante de cabo de ancoragem pré-tensionado. O muro de arrimo é adequado para declives com baixa espessura e empuxo. Se o impulso for relativamente grande, a parede de retenção antiderrapante é selecionada.

A estaca antiderrapante é um membro de suporte cilíndrico com carga lateral, semelhante à estrutura de força do sistema Cantilever (sistema com armazenagem versátil, o qual possibilita o armazenamento de diversos tipos e dimensões de mercadorias, podendo ser dividida em estaca única, estaca de fileira e estaca de ancoragem pré-tensionada.

A posição da pilha antiderrapante pode ser definida com flexibilidade, mas as estacas antiderrapantes do tipo exposto afetam a aparência e a taxa de reforço é alta, com despesas caras. Por sua vez, a pilha pré-tensionada do cabo

de ancoragem utiliza energia de resistência e tensão da âncora para resistir à energia destrutiva da inclinação externa. No entanto, comparado com a primeira, seu processo de construção é mais complicado, mas a duração é relativamente curta, com pequenas despesas de material.

Outra técnica de recuperação é implantar um sistemas de drenagem, estes se enquadram em duas categorias. Primeiro, o sistema de drenagem do solo pode ser dividido em valas laterais, valas cortadas, drenos e ranhuras para jatos. Segundo, o sistema de drenagem subterrânea é dividido em valas de vazamento, valas cegas e orifícios planos. De acordo com as condições locais, várias medidas de drenagem devem ser aplicadas com coerência de coesão, tornando-o um sistema de drenagem completo.

A seleção de técnicas apropriadas é baseada em critérios específicos de avaliação e design do local. Condições climáticas locais (regimes de precipitação, variação sazonal, médias e extremos de temperatura e precipitação), topografia (gradiente de inclinação, forma do terreno, elevação, exposição solar), solo (tipos, permeabilidade, condições de umidade e nutrientes), condições hidrológicas e mais processos de erosão relevantes definem o conjunto de técnicas viáveis para um determinado local.

Em uma etapa seguinte, a avaliação da vegetação circundante existente é mais importante para o projeto, em termos de limitações do mesmo, oportunidades e possíveis realizações a longo prazo. Mesmo quando o bambu é o principal elemento construtivo vegetal, o sucesso a longo prazo de qualquer trabalho de implementação de bioengenharia é baseado em uma ampla gama de espécies de plantas.

Também é importante levar em consideração as restrições logísticas e econômicas locais específicas da bioengenharia. Por fim, todas essas informações coletadas e específicas do local formam a base para a seleção da técnica de bioengenharia apropriada, plantas e materiais a serem utilizados.

## 5 CONCLUSÃO

A partir do estudo, compreendeu-se que, após a análise de macro e micronutrientes, apresentou-se um baixo valor, caracterizando um solo pobre em nutrientes. Analisou-se a classificação do solo, podendo concluir que se trata de um solo areno silto argiloso, ou seja solo misto.

A intemperização da rocha, resultante de processos físicos, químicos e biológicos, origina um manto intemperizado, ou regolito, e sobre este se desenvolve o solo. No processo de intemperização, diferenciam-se horizontes distintos com características próprias.

No Brasil, devido ao seu vasto território, há solos completamente distintos de região para região, que sofreram e sofrem influência dos fatores de formação, portanto é possível dizer que para algumas localidades o solo é ideal para alguma atividade, porém, de baixa qualidade para outras.

A partir do estudo de caso e, baseando-se na literatura consultada, constatou-se que a reutilização da área degradada em estudo deve vir acompanhada de estratégias de ação visando a uma rápida recuperação de sua capacidade produtiva, como também da adoção de medidas que permitam seu uso sustentável. A adoção de práticas de conservação do solo e a recuperação de áreas degradadas evitam a degradação das áreas de produção e a perda de áreas produtivas, o que se enquadra no modelo de desenvolvimento sustentável e ambientalmente correto, com benefícios para o produtor e para a sociedade.

As rotinas de projeto existentes podem ser adaptadas para permitirem os recursos anteriores. A análise de outros trabalhos, as experiências acumuladas de monitoramento e trabalhos e testes de campo (por exemplo, profundidade da raiz do bambu, resistência à tração da raiz, processos de deterioração do colmo do bambu, testes mecânicos do colmo do bambu, etc.) apoiarão o processo de especialização deste tipo de intervenções no futuro.

## 6 REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-WADAEY, A. E ZIADAT, F. (2014). Uma abordagem participativa para identificar áreas críticas de degradação do solo e priorizar a conservação do solo para olivais montanhosos - estudo de caso. **J. Da Ciênc. Da Mont.**, 11, 782 - 791.
- ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F. Manejo da cobertura do solo. Manejo da cobertura do solo. **Rev. Bras. de Eng. Agr e Amb**, v.6, n.1, p.136-141, 2002, Campina Grande, PB, 2002.
- ALMEIDA, C. O. S. **Erosividade das chuvas no Estado de Mato Grosso**. Brasília: UNB, 2009. 81p. Dissertação Mestrado.
- ALMEIDA, D. S. D. **Recuperação Ambiental da Mata Atlântica**. 3ª Edição. ed. Ilhéus: Editus. Editora da UESC, 2016.
- ARAUJO, G. H. D. S.; ALMEIDA, R. D.; GUERRA, A. J.. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil LTDA, 2005.
- BERTUZZI, P. J. **Estudos de Aspectos de Engenharia para Implantação de Torres Eólicas** / Pietro José Bertuzzi; orientadora, Patrícia de Oliveira Faria; coorientador, Marcos Aurélio Marques Noronha. - Florianópolis, SC, 2013. 102 p.
- BRASIL. Decreto 97.632, de 10 de abr. de 1989. **Art. 3º.**, Brasília, Abril 1989.
- BRASIL, M. D. M. A. **Planaveg: Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa**. Brasília, DF: [s.n.], 2017.
- CARVALHO, I. **A Invenção ecológica Porto Alegre**: Editora da UFRGS, 2001.
- CARVALHO, M. A. R. D. **Efeitos da Cobertura do Solo e de Práticas de Controle de Erosão nas Perdas de Água e Solo por Escoamento Superficial**. Tese (Doutorado). Piracicaba SP. 2009.
- CHAVES, D. A. et al. **Recuperação de áreas degradadas por erosão no meio rural**. PROGRAMA RIO RURAL Secretaria de Estado de Agricultura e Pecuária. Niterói, RJ, p. 21. 2012.
- CORRÊA, P. F. **Avaliação dos planos de recuperação de áreas degradadas pela mineração de argila no Município de Içara, Santa Catarina** / Patrícia Figueiredo Corrêa; orientador: Robson dos Santos. – Criciúma, SC: Ed. do Autor, 2014. 78 p.
- COSTA, J. M. D. et al. PALIÇADAS VIVAS: UMA ALTERNATIVA PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, 2011.
- COUTO L. Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil. Boletim Técnico: CBCN, nº 001, ISSN: 2177-305X. Viçosa – MG, 2010.
- DA SILVA, M. C. T.; **Plano de Recuperação de Área Degradada – Lixão de Dourados**. 2004. 67 p

DARIDO, S. C.; SOUZA JÚNIOR, O. M. D. **Para Ensinar Educação Física: possibilidades de intervenção na escola.** Campinas: Papirus, 2007.

DEMATTE, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira.** Piracicaba, 1980. 131p. Não Publicado. DORAN, J.W. Soil quality and sustainability. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p.20-26.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental: Princípios e práticas.** 9ª ed. São Paulo – Gaia, 2004. DEMO, Pedro. Avaliação e democracia. Artigo encartado na revista ABC Education - ano 7, nº 56, maio de 2006.

DING, L; CHEN, K. L; CHENG, S. G & WANG, X. (2015). **Capacidade de transporte ecológico da água de lagos urbanos no contexto de rápida urbanização: um estudo de caso de East Lake em Wuhan.** Física e Química da Terra, Partes A / B / C, 89–90, 104 - 113

FILHO , T. **Física e Conservação do Solo e Água.** Londrina, PR: Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2016.

FRANCHINI, J.C.; GONZALEZ-VILA, F.J.; CABRERA, F.; MIYAZAWA, M. & PAVAN, M.A. **Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol.** Plant Soil, 231:55-63, 2001.

GALDOS, M.V.; DE MARIA, I.C. & CAMARGO, O.A. **Atributos químicos e produção de milho em um Latossolo Vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto.** R. Bras. Ci. Solo, 28:569-577, 2004.

GENET M, STOKES A, FOURCAUD T, NORRIS JE (2010) **A influência da diversidade de plantas na estabilidade da encosta em uma floresta decídua sempre-verde úmida.** Ecological Engineering 36: 265–275.

GHESTEM M (2012) **Quais são as propriedades raciais e químicas para a estabilização de pontos de degradação na China do Sul? Quais propriedades de raiz e quais espécies de ferramentas podem estabilizar melhor os pontos críticos de degradação no sul da China?** Tese de doutorado. Paris, França: AgroParis Tech.68 p + 4 papéis.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. D. C. O. **Processos Erosivos e Recuperação de Áreas Degradadas.** São Paulo : Oficina de Texto , 2013.

GUO, Q., HAO, Y. & LIU, B. (2015). **Taxas de erosão do solo na China: um estudo baseado em dados de escoamento superficial.** Catena, 124, 68 - 76.

JORGE, J.A.; CAMARGO, O.A. & VALADARES, J.M.A.S. **Condições físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro quatro anos após aplicação de lodo de esgoto e calcário.** R. Bras. Ci. Solo, 15:237-240, 1991. 416 Aline Emy Kitamura et al. R. Bras. Ci. Solo, 32:405-416, 2008.

LIU, Y. (2016). **Conectividade paisagística na pesquisa de erosão do solo: conceitos, implicação, quantificação.** *Pesquisa Geográfica*, 1, 195–202.

LOPES, J.A.V. & QUEIROZ, S.M.P. **Rodovias e meio ambiente no Brasil: Uma resenha crítica.** In: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1 e SIMPÓSIO NACIONAL, 2. 1994, Curitiba. Anais. Curitiba, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1994. p.75-90.

MARCHÃO, R. L. et al. **Impacto do Pisoteio Animal na Compactação do Solo sob Integração Lavoura - Pecuária no Oeste Baiano** , Planaltina , 2009.

MERLIM, A. **Macrofauna edáfica em ecossistemas preservados e degradados de araucária no Parque Estadual de Campos de Jordão, SP.** Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005. 89p. (Tese de Mestrado).

MIRANDA, L. N.; DE MIRANDA, J. C. C.; REIN, T. A. & GOMES, A.C. **Utilização de calcário em plantio direto e convencional de soja e milho em Latossolo Vermelho.** Pesq. Agropec. Bras., 40:563-572, 2005.

MITSCHE W (2012) **O que é engenharia ecológica?** Engenharia Ecológica 45: 5–12.

MOÇO, M. K. S.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMARODRIGUES, A. C. & CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 29:555-564, 2005.

MORENO, G.; HIGA, T. C. **Geografia de Mato Grosso: Território Sociedade e Ambiente.** Cuiabá: [s.n.], 2005.

MUELLER, N; GERBER, J., JOHNSTON, M. *et al.* Correction: Corrigendum: Closing yield gaps through nutrient and water management. **Nature** 494, 390 (2013). Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature11907>. Acesso em: 09 jun. 2021.

NAKAMURA H, NGHIEM QM, IWASA N (2007) **Reforço das raízes das árvores na estabilidade da encosta:** Um estudo de caso da encosta de Ozawa na província de Iwate, Japão. Em Stokes A, Spanos I, Norris JE, Cammeraat LH, editores. Bioengenharia ecológica e no solo: O uso da vegetação para melhorar a estabilidade da encosta. Desenvolvimentos em Ciências de Plantas e Solo vol. 103. Dordrecht, Holanda: Springer.pp. 81-90.

NEUMANN, E. S. **Introdução à Engenharia Civil.** São Paulo: Elsevier Editora Ltda, 2017.

PAGLIAI, M.; GUIDI, G.; LA MARCA, M.; GIACHETTI, M. & LUCAMANTE, G. **Effects of sewage sludges and composts on soil porosity and aggregation.** J. Environ. Qual., 10:556- 561, 1981.

PIMENTEL D, BURGESS M. **A erosão do solo ameaça a produção de alimentos.** Agricultura. 2013; 3 : 443–463. doi: 10.3390 / agricultura3030443.

PINTO, G. M. **Bioengenharia de Solos na Estabilidade de Taludes: Comparação com uma Solução Tradicional** , Porto Alegre , 2009.

RAHARDIANA, A. A. S. G; DAN DEWI. (2014) **Konsep Ekohidrolik Sebagai Upaya Penanggulangan Erosi.** PADURAKSA, Volume 3 Nomor 1, ISSN: 2303 - 2693.

ROBINSON DA, et al. **Capital natural do solo na Europa**; uma estrutura para avaliação de estado e mudança. *Sci. Rep.* 2017; 7 : 6706. doi: 10.1038 / s41598-017-06819-3.

SANCHEZ, L. E. **Desengenharia: O Passivo Ambiental na Desativação de Empreendimentos Industriais**. São Paulo: [s.n.], 2001.

SCHWARZ M, LEHMANN P ou Or (2010) **Quantificando o reforço radicular lateral em declives acentuados - de um feixe de raízes a galhos de árvores**. *Processos e superfícies terrestres da superfície da Terra* 35: 354–367.

SCHMEIER, N. P. **BIOENGENHARIA NA RECUPERAÇÃO DAS MARGENS DO ARROIO FORQUETINHA/RS**. CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES. LAJEADO, p. 113. 2012.

SHI, Z. H; FANG, N. F; WU, F. Z; WANG, L; YUE, B. J; WU, G. L (2012). **Processos de erosão do solo e triagem de sedimentos associados a mecanismos de transporte em encostas íngremes**. *Jornal de Hidrologia*, 454-455, 123 - 130.

SMETS T, POESEN J, KNAPEN A (2008) Efeitos de escala espacial na eficácia de coberturas orgânicas na redução da erosão do solo pela água. **Earth Science Reviews** 89: 1–12.

SUTILI , F. **BIOENGENHARIA DE SOLOS NO ÂMBITO FLUVIAL: ESPÉCIES APTAS, SUAS PROPRIEDADES VEGETATIVO-MECÂNICAS**, Viena, 2007.

SUTILI, F. ; DURLO, M. ; BRESSAN, D.. **POTENCIAL BIOTÉCNICO DO SARANDI-BRANCO (Phyllanthus sellowianus Müll. Arg.) E VIME**. Santa Maria: [s.n.], 2004.

ZHAO, Q; LI, D; ZHUO, M; GUO, T; LIAO, Y; XIE, Z. (2014). **Efeitos da intensidade das chuvas e do gradiente de inclinação nas características de erosão da inclinação do solo vermelho**. *Pesquisa Ambiental Estocástica e Avaliação de Riscos*, 2, 609 - 621.