



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS CORRENTE
COORDENAÇÃO DO CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

GLEIDE ELLEN DOS SANTOS CLEMENTINO

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS PARA A RECUPERAÇÃO DE
SOLOS DEGRADADOS POR VOÇOROCAMENTO

CORRENTE

2017

GLEIDE ELLEN DOS SANTOS CLEMENTINO

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS PARA A RECUPERAÇÃO DE
SOLOS DEGRADADOS POR VOÇOROCAMENTO

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, como
parte do requisito para a obtenção do título de
Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientadora: Profa. Dr. Bruna de Freitas Iwata.

Área de concentração: Recuperação de Área
Degradada.

CORRENTE – PI

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Clementino, Gleide Ellen dos Santos

C626a Aplicação de técnicas sustentáveis para a recuperação de solos degradados por voçorocamentos / Gleide Ellen dos Santos Clementino. - 2017.

61 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental)
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Corrente, 2017.

Orientadora: Profa. Dr. Bruna de Freitas Iwata.

1. Gestão Ambiental – estudo e ensino. 2. Qualidade do solo.
3. Manejo do solo. 4. Clementino, Gleide Ellen dos Santos.
I. Título.

CDD - 577

Elaborado por Tefischer Huanderson Soares e Sousa CRB 3/1251

GLEIDE ELLEN DOS SANTOS CLEMENTINO

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS PARA A RECUPERAÇÃO DE
SOLOS DEGRADADOS POR VOÇOROCAMENTO

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, como parte do requisito para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental. Área de concentração: Recuperação de área degradada.

Aprovada em: __/__/2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. (Doutora). Bruna de Freitas Iwata (Orientadora)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - *Campus* Corrente

Prof^o (Mestre). Régis dos Santos Braz

Universidade Federal do Ceará – *Campus* Pici, Fortaleza

Prof^a. (Mestre). Izabel Maria Almeida Lima

Universidade Federal do Ceará – *Campus* Pici, Fortaleza

Ofereço

A Deus que me presenteou com o bem mais precioso que poderíamos receber um dia, a vida, e com ela a capacidade para pensarmos, amarmos e lutarmos pela conquista de nossos ideais. Muitas foram às lutas, maiores as vitórias, e isso porque o Senhor se fez sempre presente, transformando a fraqueza em força e a derrota em vitória. Amadurecemos ao enfrentar os vários obstáculos, mas agora tudo é felicidade, pois atingimos nosso alvo.

A minha Mãe, Valquíria Barbosa dos Santos Clementino peça chave que representa equilíbrio e exemplo por todo apoio, ensinamentos, conselhos, incentivos, compreensão e fé a mim dedicados. Ao meu Pai, que mesmo não estando mais presente contribui com seus ensinamentos, amor e carinho. Ao meu noivo Dorginho, que me acompanhou com todo seu apoio, carinho e incentivo. A minha querida Orientadora, Bruna de Freitas Iwata por toda parceria, dedicação.

Dedico!



AGRADECIMENTOS

Um TCC é, sem dúvida, resultado de um grupo de pessoas que auxiliam, direta ou indiretamente, fazendo sugestões, indicando caminhos ou simplesmente torcendo pelo êxito do trabalho. Por isso, meus mais sinceros agradecimentos a todos que contribuíram para a realização deste trabalho:

A Deus, por seu amor incondicional, por iluminar meus caminhos e por ter concedido a sabedoria para gozar dos momentos alegres e superar os momentos de dificuldade, fortalecendo minha fé, guiando-me com coragem, esperança, saúde, humildade e proteção e abençoando minha vida durante essa jornada.

A minha mãe, Valquíria Barbosa dos Santos Clementino pelo incentivo, educação, e apoio integral em todos os momentos desta caminhada.

Ao meu noivo Dorgival Lustosa, por toda paciência e companheirismo, compreendendo os momentos de ausência, me ajudando com transporte e na busca de parceria para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, *Campus Corrente*, pela oportunidade e gozo da realização da Graduação.

A Pró – Reitoria de Pesquisa e Inovação (PROPI) pela concessão de bolsas de iniciação científica, as quais contribuíram para minha formação acadêmica.

Ao quadro de professores e técnicos administrativos, pelo imenso conhecimento transmitido que serviram de base sólida para meu desenvolvimento profissional e que muito me ajudou em minha formação, e pela amizade cultivada nesses anos.

A prefeitura de Municipal de Corrente Piauí, em especial João Vitor, que contribuiu com o transporte e depósito do material na área de estudo.

Aos meus amigos, Laécio Miranda, Edineuza Azevedo e Juliana Vogado Coelho, por terem sido meus fieis companheiros em momentos durante as

campanhas de campo, sempre me apoiando nos momentos complicados e me proporcionando muitas risadas.

As minhas amigas Larissa Serpa, Nayara Caroline, Ana Carla Maciel, Mila Ohana pelos melhores momentos que a amizade pode nos proporcionar. Pelos momentos de agonia e alegria vividos no laboratório, nossa mascote Éster que aparecia pra alegria nossas tardes.

A todos os Colegas de graduação do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, pela confiança, apoio, incentivo e ajuda amiga nas horas difíceis.

Ao meu Amigo e Colega de pesquisa Tancio Gutier Ailan Costa por toda parceria, amizade, contribuindo em todas as etapas de realização desse trabalho, pelo carinho e confiança e, por se fazer presente de momentos importantes de minha vida.

Em especial a minha ilustre e querida Orientadora Professora Doutora Bruna de Freitas Ivata, sempre presente e dedicada, pelas condições indispensáveis na elaboração deste trabalho possibilitando a sua finalização, ficarei eternamente agradecida por toda humildade, carinho, dedicação e imensa paciência em compartilhar os ensinamentos e experiências.

E assim a todos que de alguma forma colaboraram com seu tempo e informações valiosas quanto aos levantamentos de campo.

“O talento vence jogos, mas só o trabalho em equipe ganha campeonatos.”
(Michael Jordan)

Meu Muito Obrigado a todos vocês!

EPÍGRAFE

“Dá instrução ao sábio, e ele se fará mais sábio ainda; ensina o justo, e ele crescerá em prudência”.

(Provérbios 9:9)

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS PARA A RECUPERAÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS POR VOÇOROCAMENTO

RESUMO GERAL

Os processos de degradação ambiental fazem parte do processo evolutivo da sociedade, de forma que conforme a população cresce, ocorre uma maior utilização dos recursos naturais, muitas vezes levando-os a exaustão. Diante dos processos de degradação do solo decorrente dos diversos tipos de erosão faz-se necessário a busca por alternativas de recuperação dessas áreas, e a proposição de novas funções para esses locais. Logo, as práticas de recuperação de áreas degradadas (RAD) viabilizam a funcionalidade da área e o retorno de suas funções, além de minimizar o processo de abertura de áreas nativas. Visando assim avaliar a eficiência de uma técnica de recuperação baseada no aproveitamento de resíduos inertes sob a qualidade de um Latossolo Vermelho em processo de voçorocamento acelerado no município de Corrente, Piauí. A técnica de RAD foi desenvolvida na área de voçorocamento situada na zona rural do município de Corrente. O local foi selecionado devido à representatividade dos processos de erosão avançada que ocorrem na região. Foram realizadas análises de importantes atributos de diagnóstico ambiental, tanto atributos físicos e como químicos para comparação após adoção do processo de recuperação. O processo erosivo encontra-se em um elevado nível de degradação, com severas perdas de sedimentos e forte fluxo de enxurrada no período chuvoso da região. A voçoroca possui comprimento de 13,70 metros, largura de 8,50 metros e profundidade de 1,60 metros, sua perda sedimentos de aproximadamente 115,08 m³. Houve variação significativa da densidade do solo nas duas áreas analisadas, já a mata nativa apresentou maiores valores de umidade em relação à área de voçorocamento. Foram coletados pneus usados obtidos em borracharias, oficinas mecânicas e depósitos de pneus. Os pneus foram dispostos no interior da voçoroca visando o preenchimento da mesma, diminuindo a quantidade de solo de cobertura. A voçoroca estudada está em estágio avançado de degradação, o solo já está exposto, e vulnerável a fortes que carregam cada vez mais partes. Observa-se ainda o caminho percorrido de forma linearmente devido à velocidade das águas agravando as feições do solo. O tráfego de veículos, animais e pessoas na localidade são fatores que tem agravado e contribuído para o desprendimento do solo com feições erosivas.

Palavras-Chave: Qualidade do solo. Propriedades físicas. Manejo do solo.

APPLICATION OF SUSTAINABLE TECHNIQUES FOR THE RECOVERY OF DEGRADED SOILS BY VOÇOROCAMENTO

GENERAL ABSTRACT

The processes of environmental degradation are part of the evolutionary process of society, so that as the population grows, there is an increased use of natural resources, often causing them to exhaustion. On the processes of soil degradation arising from various types of erosion it is necessary the search for alternatives for recovery of these areas, and the proposition of new roles for these locations. Soon, the recovery of degraded areas (RAD) enable the functionality of the area and the return of their functions, as well as minimize the process of opening of native areas. In order to assess the efficiency of a recovery technique based on the use of inert waste under the quality of a Red Latosol in the process of accelerated voçorocamento in the municipality, Piauí. The RAD technique was developed in the area of voçorocamento located in rural municipality. The location was selected because of the representativeness of the advanced erosion processes that occur in the region. Analyses were undertaken of major environmental diagnostic attributes both physical attributes and how chemicals for comparison after adoption of the recovery process. The erosive process lies in a high level of degradation, with severe loss of sediment and strong flow of flood in the rainy season in the region. The gully has 13.70 m length, width of 8.50 meters and depth of 1.60 meters, your loss of sediments approximately 115.08 m³. There was significant variation in the density of the soil in the two areas analyzed, native forest presented greater values in relation to moisture voçorocamento area. We collected used tires from tire, auto body shops and warehouses. The tires were arranged inside the gully to complete the same by decreasing the amount of soil cover. The gully studied are in an advanced stage of degradation, the soil is already exposed, and vulnerable to heavy to carry more and more parties. There is still the path taken so linearly due to the velocity of water worsening the soil features. The traffic of vehicles, animals and people in the area are factors that have aggravated and contributed to the detachment of soil with erosional features.

Key words: Soil quality. Physical properties. Management.

LISTA DE FIGURAS

	Figura 1. Desenho da Represa de Postes de Madeira.	25
	Figura 2. Represa com estruturas de pedras. Fonte: INSA, 2014.	26
	Figura 3. Material da faxina utilizado no preenchimento de voçoroca. Fonte: INSA, 2014.	27
	Figura 4. Detalhe de uma barreira de pneus cheios com pedras. Fonte: INSA, 2014	27
	Figura 5. Exemplo do sistema construtivo de solo-pneu.	28
	Figura 6. Croqui de localização da área de voçorocamento, estudo de recuperação por estratégia de bioengenharia, Corrente Piauí. Fonte: Cunha 2017.	40
	Figura 7. Processo de erosão acelerada na área de voçorocamento.	42
	Figura 8. Atributos morfológicos do solo sob a área de voçorocamento.....	43
	Figura 9. Valores de pH nas áreas estudadas.....	45
	Figura 10. Teores de matéria orgânica particulada nas áreas estudadas.	46
	Figura 11. Croqui de localização da área de voçorocamento, estudo de recuperação por estratégia de bioengenharia, Corrente Piauí. Fonte: Cunha 2017.	54
	Figura 12. Técnica de utilização de pneus no preenchimento de voçoroca.	56
	Figura 13. Processo de transporte e deposição de materiais.	57
	Figura 14. Processo de aterramento da voçoroca.	58

LISTA DE TABELAS

	Tabela 1. Densidade e Umidade do solo (Ds) sob áreas de mata nativa e área degradada.....	44
	Tabela 2 Espécies utilizadas pra vegetação com mistura de sementes nativas.	58

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	16
2. OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo geral	18
2.2 Objetivos específicos	18
3. HIPÓTESES.....	19
4.1 REVISÃO DE LITERATURA	20
4.2 Erosões do solo	20
4.3 Problemática ambiental da erosão.....	22
4.4 Recuperação de áreas degradadas.....	23
4.5 Técnicas de recuperação.....	24
4.5.1 Represa de postes de madeira.....	25
4.5.2 Represa com estrutura de pedras	26
4.5.3 Preenchimento de voçoroca com restos de faxina	26
4.5.4 Represa com pneus preenchido com pedras	27
4.5.5 Preenchimento de voçoroca com resíduos de pneu.....	28
4.5.6 Pneus inservíveis na RAD	28
4.5.1 Origem e composição do pneu	28
4.6 Reaproveitamento de pneus	30
4.7 Resíduos de construção civil na RAD	31
REFERÊNCIAS.....	33
5. CAPÍTULO I. NÍVEL DE DEGRADAÇÃO DO SOLO POR PROCESSO DE VOÇOROCAMENTO EM LATOSSO VERMELHO-AMARELO EM CORRENTE-PIAUI.....	36
5.1 RESUMO.....	36
5.2 ABSTRACT	37
5.3 INTRODUÇÃO	38
5.4 MATERIAL E MÉTODOS	39

5.4.1	Localização da área de estudo	39
5.4.2	Amostragem de solo	40
5.4.3	Indicadores físicos avaliados em laboratório	41
5.4.3.1	Densidade	41
5.4.3.2	Umidade	41
5.4.3.3	Matéria Orgânica Particulada	42
5.4.3.4	pH do solo	42
5.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.5	Densidade e umidade do solo.....	43
5.6	pH do solo.....	44
5.7	Matéria orgânica particulada.....	45
6.	CONCLUSÕES	47
	REFERÊNCIAS.....	48
7.	CAPÍTULO II. MÉTODO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA EM LATOSSOLO LATOSSO VERMELHO-AMARELO EM CORRENTE PIAUÍ	50
7.1	RESUMO.....	50
7.2	ABSTRACT	51
7.3	INTRODUÇÃO	52
7.4	MATERIAL E MÉTODOS	53
7.4.1	Localização da área de estudo	53
7.4.2	Aspectos metodológicos	54
7.4.3	Nível de degradação atual.....	55
7.4.4	Dificuldades do processo de implementação de projeto de RAD	55
7.4.5	Preenchimento de voçoroca com resíduos de pneu.....	55
7.4.6	Preenchimento com resíduos de construção civil e aterro	55
7.4.7	Enriquecimento do solo por germinação natural de espécies nativas da região	55
7.5	RESSULTADO E DISCUSSÃO.....	56

7.6	CONCLUSÕES	59
7.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
	REFERÊNCIAS.....	61

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS PARA A RECUPERAÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS POR VOÇOROCAMENTO

1. INTRODUÇÃO GERAL

Um dos recursos naturais de maior importância para a vida do homem é o solo, considerando suas múltiplas funções, sendo importante para a sustentabilidade dos sistemas naturais e na produção de alimentos. No entanto, os processos de degradação ambiental fazem parte do processo evolutivo da sociedade de forma que conforme a população cresce, ocorre uma maior utilização dos recursos naturais, muitas vezes levando-os a exaustão (PEREIRA et al., 2007), tal qual vem ocorrendo com as formas de utilização do solo levando a severos níveis de erosão desse recurso.

A erosão é uma evolução através do qual as partículas mais finas e ativas do solo, no aspecto físico, químico e biológico, são transportadas para outros locais pela ação da água ou do vento. Essas partículas conferem ao solo boa parte de sua produtividade. Isso tem provocado, ao longo dos anos, diminuição da área agricultável, baixo rendimento das culturas e assoreamento de rios e reservatórios, com graves prejuízos à produtividade, à integridade do meio ambiente e à qualidade de vida (PEREZ-MARIN et al., 2015).

Os processos erosivos dos solos ocorrem naturalmente, resultantes de diversos fatores ambientais atuando no desgaste do recurso, sendo estes constantes. Esse processo, no entanto, vem sendo acelerado pela ação humana, tornando-se mais presentes em zonas urbanas e rurais e em todo país. Pires e Souza (2006) relatam sobre dois tipos principais de erosão. A erosão eólica, causada pela ação dos ventos, que constitui problema sério quando a vegetação é removida e a erosão hídrica, sendo este o tipo de erosão de maior interesse para regiões tropicais predominantes no Brasil.

A erosão hídrica pode ocorrer não só pela chuva, como também pelo uso inadequado de equipamentos de irrigação, que acrescenta ao solo o excedente de água fazendo com que o mesmo fique encharcado e assim ocasionado o escoamento superficial acelerado. Andrade et al. (2006) classifica a erosão hídrica da seguinte forma: erosão por salpico, erosão laminar, erosão em sulcos, erosão em voçoroca.

Segundo Martins (2009) as voçorocas representam o estágio mais avançado da erosão, sendo encontradas de forma mais comum, como resultado de práticas inadequadas de utilização do solo. A voçoroca é um tipo de processo erosivo que é gerado principalmente através de práticas intensivas de manuseio do uso da terra, principalmente em solos com alta vulnerabilidade situados em regiões com precipitação concentrada em curtos períodos do ano.

Diante dos processos de degradação do solo decorrente dos diversos tipos de erosão faz-se necessário a busca por alternativas de recuperação dessas áreas, e a proposição de novas funções para esses locais. Logo, as práticas de recuperação de áreas degradadas (RAD) viabilizam a funcionalidade da área e o retorno de suas funções, além de minimizar o processo de abertura de áreas nativas.

Neste sentido, é importante se obter uma solução integrada, estabelecendo um roteiro de alternativas técnicas para ações de curto prazo com a utilização de material de baixo custo, promovendo a recuperação das voçorocas de modo que estas áreas se tornem ambientalmente equilibradas. Logo, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar a eficiência de uma técnica de recuperação baseada no aproveitamento de resíduos inertes sob a qualidade de um Latossolo Vermelho em processo de voçorocamento acelerado no município de Corrente Piauí.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência de uma técnica de recuperação baseada no aproveitamento de resíduos inertes sob a qualidade de um Latossolo Vermelho em processo de voçorocamento acelerado no município de Corrente, Piauí.

2.2 Objetivos específicos

- Investigar o estado atual de degradação de um processo de voçorocamento sob Latossolo em Cerrado;
- Avaliar a logística e prática de adoção de uma técnica de recuperação de áreas baseadas no aproveitamento de resíduos;
- Controlar os processos erosivos com adoção de práticas de conservação do solo.
- Quantificar os teores de carbono orgânico do solo anterior;

3. HIPÓTESES

- A técnica de biomecânica promove estabilização das massas do solo, promovendo estabilidade para o ambiente;
- A técnica de bioengenharia oferece facilidades e redução de custos no processo de recuperação de áreas.

4.1 REVISÃO DE LITERATURA

4.2 Erosões do solo

A erosão é o processo de desgaste e transporte acelerado das partículas do solo que podem ser causado pela água ou pelo vento e os seres vivos. Os processos erosivos são causados por forças ativas, como as características da chuva, declividade e comprimento do declive do terreno e capacidade de absorção de água do solo, e por forças passivas, como a resistência que exerce o solo à ação erosiva da água e a densidade da cobertura vegetal (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2010).

Segundo Guerra (2007), os processos erosivos variam no tempo e no espaço, no momento em que ocorre o transporte e a remoção dos materiais constituintes do solo, tem-se a erosão.

Dois tipos de erosão são tratados por Pires e Souza (2006), a eólica e hídrica. A erosão causada pela ação dos ventos, que traz alguns problemas devido à remoção da vegetação, se trata da erosão eólica. Suas maiores ocorrências são em regiões planas e principalmente muito secas, em épocas onde as chuvas são escassas, há pouca vegetação natural e com grande frequência de ventos fortes. A erosão hídrica que é ocasionada pela ação das chuvas causando danos ao solo pelo arraste das partículas através das enxurradas, sendo de maior importância nas regiões tropicais Brasileiras.

A erosão hídrica não é ocasionada somente pela água da chuva, o uso inadequado de alguns equipamentos como o de irrigação introduz grandes quantidades de água ao solo, deixando o mesmo saturado e assim ocasionado o escoamento superficial. Andrade et al. (2006) classifica a erosão hídrica da seguinte forma:

- Erosão por salpico - processo pelo qual as partículas dos solos são desagregadas na superfície graças ao impacto direto das gotas das chuvas, ocasionando o entupimento dos poros do solo e a formação de uma superfície selante, aumentando muito a velocidade e a intensidade do escoamento superficial.
- Erosão laminar - O solo vai perdendo sua camada superficial, mais rica em matéria orgânica e nutriente, de forma bem homogênea, comprometendo o

desenvolvimento da cobertura vegetal e deixando o solo cada vez mais exposto à ação erosiva das enxurradas.

- Erosão em sulcos - na medida em que o escoamento superficial aumenta e ocorre à concentração de água em alguns pontos do terreno, iniciam-se pequenas incisões no solo que podem ir aumentando de tamanho e formando sulcos (cicatrizes) de diferentes larguras e profundidades. A evolução dos sulcos vai dar origem às ravinas, que são basicamente o mesmo tipo de feição erosiva, porém de tamanho maior. Ambos os processos tendem a evoluir encosta abaixo.

- Erosão em voçoroca - é ocasionada por grandes concentrações de enxurradas, passando durante anos no mesmo sulco. Esse sulco se amplia devido ao deslocamento de grandes massas de solo, formando grandes cavidades em extensão e profundidade (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014). Segundo Martins (2009) as voçorocas representam o estágio mais avançado da erosão, sendo encontradas de forma mais comum, como resultado de práticas inadequadas de utilização do solo.

Lima (2008) destaca ainda sobre os seguintes tipos de erosão:

- Erosão por embate - Ocorre quando a gota da chuva animada de alta energia atinge o solo - os agregados são destruídos, ficando grande quantidade de partículas texturais em estado individual.

- Erosão por desabamento - Os Regossois são particularmente sujeitos a erosão por desabamento. Constitui do solapamento da base e desmoronamento da área adjacente. Está normalmente associada à erosão em sulcos.

- Erosão vertical - Por erosão vertical entende-se o arrastamento de partículas e materiais solúveis através do solo (Eluviação). Esta forma de erosão é muito comum em solos arenosos e para alguns autores pode provocar a mudanças texturais nos solos.

- Erosão em queda - A erosão em queda está ligada ao solapamento de barrancos no sentido inverso a canais escoadouros e fluxos de água. Assume grande importância em locais onde a base não é consistente.

- Erosão em pedestal - É de menor importância e está relacionado principalmente a solos com alta susceptibilidade a erosão que estão protegidos por pedras, raízes. Neste tipo de erosão formam-se estruturas coroadas com material.

- Erosão em pináculos - é um tipo de erosão bastante particular, de ocorrência rara, porém de consequências drásticas quando ocorre. Está associado a erosões em sulcos profundos, deixando barrancos remanescentes grandes.
- Erosão em túnel - Está ligada à formação de galerias continua através da infiltração da água superficial. Normalmente associada à erosão por desabamento devido ao solapamento da base.
- Erosão pelas ondas - Consistem no processo de desagregação, transporte e deposição de partículas de solos através da ação combinada da água e ventos fortes.

Diante dos processos de degradação do solo decorrente dos diversos tipos de erosão faz-se necessário a busca por alternativas de recuperação dessas áreas e a proposição de novas funções para estas áreas degradadas. Logo, as práticas de recuperação de áreas degradadas (RAD) viabilizam a funcionalidade da área e o retorno de suas funções.

Uma dessas praticas é a conservacionista, podendo ser defina como todas as técnicas utilizadas para diminuir as forças do processo erosivo e aumentar a resistência do solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2014). Faz-se necessário o uso dessas práticas para evitar ou minimizar os vários tipos de erosão, principalmente a erosão hídrica que é uma dos grandes problemas para o cultivo de alimentos e a conservação dos solos.

4.3 Problemática ambiental da erosão

A erosão é a degradação mais prejudicial ao solo, ela causa graves danos ambientais, pois, reduz a capacidade produtiva das culturas, como também, provoca o assoreamento e poluição das fontes de água (COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003). Pinton e Cunha (2008) relatam que a erosão é uma problemática que tem causado preocupação entre os pesquisadores de diversas áreas do conhecimento frente à questão ambiental, envolvendo também o poder público e a população leiga. A bibliografia que trata a respeito da erosão apresenta considerações antigas quanto à gênese da erosão.

As alterações sem planejamento do uso da terra, acima da capacidade de suporte do solo, são os principais fatores que estão relacionados com o aumento da degradação. Um dos grandes problemas que vem provocando o desenvolvimento de

processos erosivos acelerados é o manejo inadequado do solo sem análise dos limites de risco de degradação e redução da qualidade ambiental (GUERRA; CUNHA, 1996; PRUSKI et al., 2006).

A erosão ocasiona a poluição da água de rios e lagos, devido os sedimentos e nutrientes serem transportados para fora do local de ocorrência. Estes provocam um desequilíbrio na qualidade da água através do processo de eutrofização causado pelo excesso de nitrogênio e fósforo. Além desses materiais, a água das enxurradas carregam materiais tóxicos e compostos orgânicos, como pesticidas. Dentre estes, o que causa um amplo dano ambiental são os sedimentos, devido ser um dos maiores poluentes (COOPER, 2008).

Assim, destaca-se que a erosão é uma das responsáveis pelos danos sociais, ambientais e econômicos. No entanto, esses efeitos podem ser minimizados e até mesmo reparados com a utilização adequada dessas atividades. Essa adequação das atividades com o tipo de solo do terreno ocupado é denominada conservação do solo (RODRIGUES, 2009). Para evitar a erosão, podem-se adotar medidas de controle do escoamento superficial, que tem como objetivo transportar as partículas do solo eliminando o desprendimento das mesmas que são causadas pelo impacto das gotas de chuva (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

4.4 Recuperação de áreas degradadas

De acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 1990) a recuperação é tida como o retorno da área degradada a uma forma de utilização estabelecida conforme os parâmetros de uso do solo. Deixando-o em condição estável e conformidade com os valores ambientais, estéticos e sociais da circunvizinhança, fazendo com que o sítio degradado tenha condições mínimas de estabelecer um solo e uma nova paisagem.

Medidas preventivas podem ser adotadas a fim de evitar o início do processo erosivo, como por exemplo, podem ser adotadas práticas de conservação do solo por meio de medidas corretivas, como as medidas de estabilização ou de recuperação. Dependendo da dimensão do processo erosivo e da relação custo-benefício, pode-se optar por estabilizar a erosão ou então buscar sua recuperação total (CAMAPUM DE CARVALHO, 2006).

Para a diminuição do potencial erosivo da chuva, principalmente em áreas de alto índice de voçorocamento, o uso de técnicas de natureza mecânica, física e edáfica são essenciais, haja vista que elas contribuem para retenção da água através do uso adequado do solo e aumentam a infiltração do excesso de fluxo hídrico (NARDIN *et al.*, 2010).

As técnicas físicas incluem práticas de conservação do solo, e que visam à alteração da morfologia do terreno para reduzir o nível de escoamento, consequentemente o arraste das partículas constituintes do solo (LIMA, 2010). Nas técnicas vegetativas são introduzidas coberturas vegetais para reduzir os impactos das precipitações, facilitando o escoamento da água através das raízes das plantas auxiliando assim a sua absorção. Para a redução da velocidade do escoamento da água, são construídos açudes, visando também reter as cargas sólidas que são transportadas, são as técnicas de retenção.

Outras práticas bastante utilizadas são as mecânicas, fundamentam-se em operações mecanizadas ou manuais visando o transporte de material, movimentação de terra, alocação e remoção de rejeitos e construção de obras com fins de contenção e drenagem superficial. Essas práticas procuram estabelecer boas condições para aplicação das práticas vegetativas, ou revegetação (EMBRAPA SOLOS, 2005).

Para contenção dos processos erosivos e recuperação de ravinas e voçorocas foram propostos por Farias et al. (2006) um sistema de barramentos de baixo custo usando sedimentos produzidos a montante da área recuperada, no qual são criadas barreiras sucessivas e transversais ao talvegue de incisão, de montante para jusante, utilizando haste de madeira, tela metálica e geotêxtil. Sendo que este último tem função de drenar a água e reter os sedimentos, dessa forma a erosão será lentamente preenchida.

4.5 Técnicas de recuperação

O Instituto Nacional do Seminário (INSA) 2015, devido esses processos de degradação das terras vem desenvolvendo ações voltadas ao controle e prevenção do avanço desse processo e, quando possível, recuperando áreas degradadas para uso produtivo. Os resultados indicam que a combinação de técnicas de controle de erosão e reflorestamento, com enfoques integrados de uso múltiplo ao nível de

propriedades e microbacias, permite prevenir e recuperar áreas degradadas na região.

O seu manual traz um conjunto de técnicas desenvolvidas e provadas pelo mesmo. Nele são descritas todas as técnicas específicas, como: tratamentos para regulação de fluxos hídricos, tratamento para aumento da infiltração, obras lineares de controle em encostas e taludes, tratamento de regulação de fluxos hídricos em voçorocas e tratamento de controle e estabilização de encostas. Nesse contexto serão destacadas as técnicas de tratamento de regulação de fluxos hídricos em voçorocas.

4.5.1 Represa de postes de madeira

Uma represa de postes de madeira representa uma obra relevante no controle de erosão em áreas com formação de voçorocas ao regular o fluxo hídrico e conter os sedimentos transportados pela água da chuva. A represa é composta de estacas de eucaliptos, algaroba, sabiá (ou de plantas encontradas na própria região), dispostas nos sentidos vertical e horizontal (Figura 1). As estacas verticais são colocadas em intervalos de 1 m, seguindo o perfil das voçorocas e a uma profundidade de 40 cm. Já as estacas colocadas horizontalmente deverão ser amarradas e presas nas estacas verticais. Em seus extremos deverão ser presas entre 20 a 30 cm em ambos os lados da voçoroca.

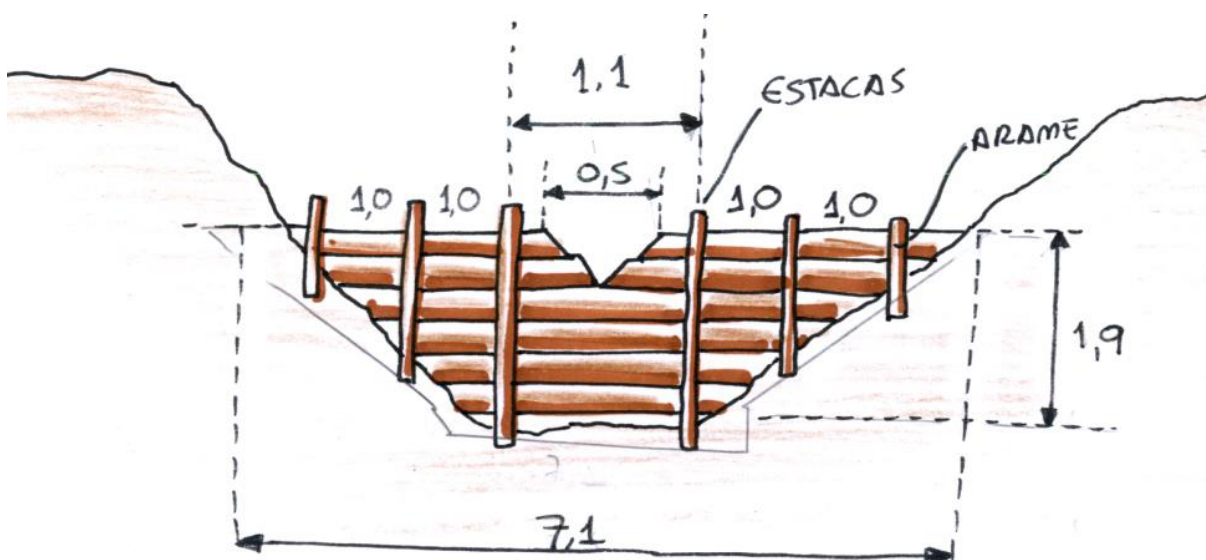


Figura 1. Desenho da Represa de Postes de Madeira.

Fonte: INSA, 2015.

4.5.2 Represa com estrutura de pedras

Para o controle de voçorocas é recomendado realizar uma série de represas no leito da mesma. A represa é composta de uma linha de 1 m de largura e o comprimento de acordo com o tamanho da voçoroca (pode ser usado em dimensões variadas), arrumadas e bem presas formando uma parede natural da base até o topo da voçoroca (Figura 2). As paredes devem estar distantes uma das outras pelo menos a cada 5 m (pode variar para mais ou para menos dependendo do grau e intensidade da voçoroca).



Figura 2. Represa com estruturas de pedras. Fonte: INSA, 2014.

4.5.3 Preenchimento de voçoroca com restos de faxina

O preenchimento de voçoroca com restos de faxina representa uma obra de fácil implementação, baixo custo e recomendado para voçorocas pequenas e ainda em estágio inicial (Figura 3). Para sua implementação se deve coletar todos os galhos e ramos secos de árvores que se encontram no chão para preencher toda a extensão da voçoroca a fim de minimizar os estragos causados pelas gotas de chuva no solo e acumular os sedimentos. É recomendado para pequenas voçorocas uma vez que o volume de galhos pode ser grande caso, a extensão da voçoroca seja muito grande.



Figura 3. Material da faxina utilizado no preenchimento de voçoroca. Fonte: INSA, 2014.

4.5.4 Represa com pneus preenchido com pedras

Para o controle de voçorocas é recomendado realizar uma série de represas no leito da mesma. A represa é composta de uma linha de pneus sobrepostos de acordo com o tamanho da voçoroca (pode ser usado em dimensões variadas). Seu vão interno deve ser preenchido com pedras de tamanhos variados para não deixar espaços vazios e consequentemente ajudar na fixação da parede montada, formando uma parede da base até o topo da voçoroca (Figura 4). As paredes devem estar distantes uma das outras pelo menos a cada 5 m (pode variar para mais ou para menos dependendo do grau e intensidade da voçoroca).



Figura 4. Detalhe de uma barreira de pneus cheios com pedras.

Fonte: INSA, 2014

4.5.5 Preenchimento de voçoroca com resíduos de pneu

Para essa implementação é necessário a obtenção de pneus usados obtidos em borracharias, oficinas mecânicas e depósitos de pneus. Os pneus são dispostos no interior da voçoroca de forma ordenada e padronizada visando o preenchimento da mesma, diminuindo a quantidade de solo de cobertura. Ao final, os mesmos são recobertos por uma camada de solo para preenchimento dos vazios formados pelo encaixe dos pneus, com semeadura de gramíneas para sua fixação, evitando que pneus expostos possam representar risco de incêndio (Figura 5).

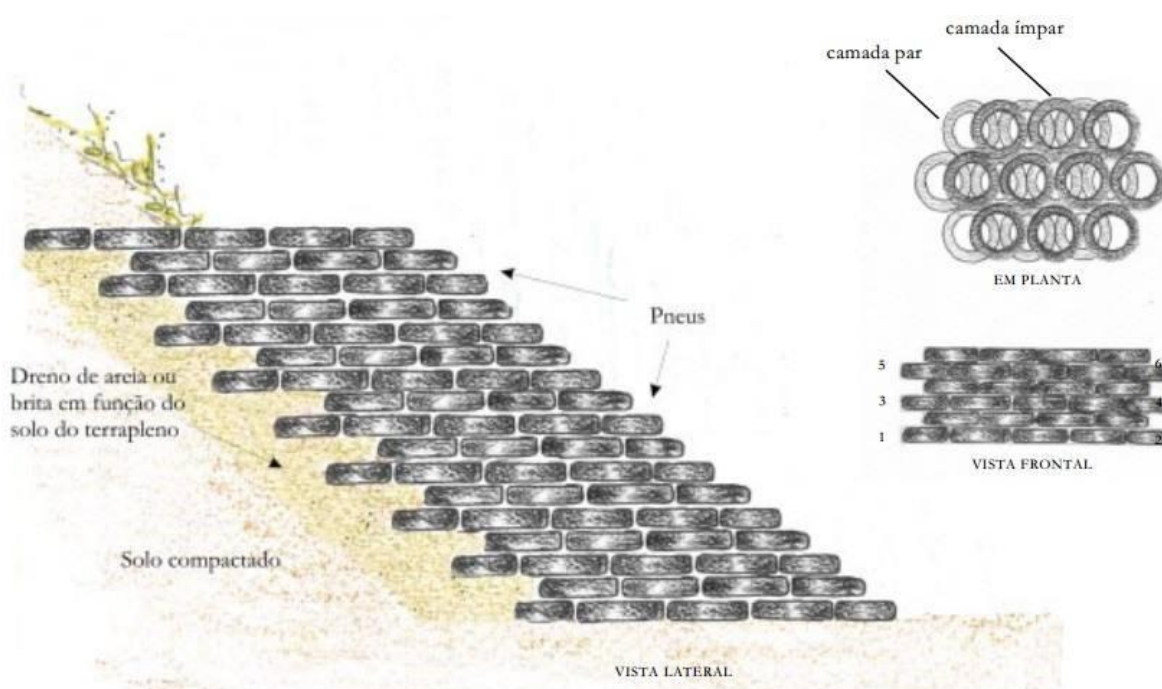


Figura 5. Exemplo do sistema construtivo de solo-pneu.

4.5.6 Pneus inservíveis na RAD

4.5.1 Origem e composição do pneu

O processo de vulcanização da borracha foi descoberto em 1839 por Charles Goodyear, contribuindo com a criação do pneu de borracha feito por R. W. Thomson em 1845. Com os anos, foram sendo realizadas várias experiências para o melhoramento das propriedades da borracha natural. Uma nova tecnologia para a fabricação da borracha sintética foi criada na Alemanha, a partir da Primeira Guerra

Mundial, uma vez que até este período os pneus dependiam em sua totalidade da matéria-prima borracha natural para sua confecção. (RAMOS, 2005).

Já a produção brasileira de pneus ocorreu em 1934, quando foi implantado o Plano Geral de Viação Nacional. No entanto, a concretização desse plano aconteceu em 1936 com a instalação da Companhia Brasileira de Artefatos de Borracha – mais conhecida como Pneus Brasil – no Rio de Janeiro, que em seu primeiro ano de vida fabricou mais de 29 mil pneus.

De acordo com a Resolução Conama 416/09 Pneu ou pneumático é o componente de um sistema de rodagem, constituído de elastômeros, produtos têxteis, aço e outros materiais que quando montado em uma roda de veículo e contendo fluido(s) sobre pressão, transmite tração dada a sua aderência ao solo, sustenta elasticamente a carga do veículo e resiste à pressão provocada pela reação do solo.

Segundo estudo realizado por BERTOLLO, JUNIOR & SCHALCH (2002), os pneus são classificados como Classe II A – não inertes, por apresentarem teores de metais (zinco e manganês) no extrato solubilizado superiores aos padrões estabelecidos pela NBR 10.004/2004.

A resolução CONAMA em 1999 introduziu o princípio da responsabilidade do produtor e do importador pela destinação final ambientalmente adequada de pneus. Nesse mesmo ano foi aprovada a Resolução nº 258/99 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), onde o produtor e importador pelo ciclo total do produto, ou seja, a coleta, o transporte e a disposição final. Desde 2002 os fabricantes e importadores de pneus tem a responsabilidade de coletar e dar uma destinação final para os pneus usados. Já em 2009 entra em vigor a Resolução CONAMA nº416/09, que trata da prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis, devendo estes ter sua destinação sua ambientalmente adequada, substituindo a Resolução nº 258/99.

4.6 Reaproveitamento de pneus

De acordo com a Resolução CONAMA 416/09 deve-se considerar que os pneus usados devem ser preferencialmente reutilizados, reformados e reciclados antes de sua destinação final adequada.

O pneu mesmo sendo útil para a sociedade, sempre foi um problema para o meio ambiente desde a sua geração, só depois dos anos 90 com a progressão e aumento das frotas de carros foi que o Brasil percebeu os grandes impactos ambientais causados pelos pneus. Ele torna inservível quando atinge seu desgaste completo, como seu processo de decomposição é logo ele não deve ser descartado no meio ambiente (PARRA; NASCIMENTO; FERREIRA, 2011).

Embora existam vários estudos e tecnologias para reciclagem e ou reutilização de pneus inservíveis, seu alto custo operacional e tecnológico acaba inviabilizando uma maior adoção destas técnicas. Por outro lado, a utilização de pneus em áreas erodidas, como forma de reciclagem do resíduo e alternativa de recuperação das áreas degradadas vem crescendo devido seu baixo custo operacional.

A Engenharia Civil usa os pneus de duas formas: inteira ou em partes, suas aplicações mais frequentes são em drenagem em campo séptico: materiais de enchimento de peso leve; aterro em estradas; sistema de drenagem de gases em aterros sanitários; suporte de base de estrada; estabilizadores de encostas; material para compostagem; controle de erosão; diques; barragens; drenagem em aterro sanitário; aditivos para pavimentos asfálticos e pistas esportivas; isolante térmico e acústico; cobertura de parques infantis; concretos leves, entre outros (KAMIMURA, 2002).

Cappi 2004, realizou análises para a caracterização da composição química do pneu como também dos solos utilizados. Ele empregou técnicas convencionais como: digestão sulfúrica em sistema aberto, digestão nítrica e em água régia utilizados em micro-ondas, sendo feita assim a digestão da amostra do pneu e o preparo do extrato para análise. Essas técnicas não foram satisfatórias, tendo então que realizar a técnica de Fluorescência de Raio X que se mostrou viável para caracterização do material. Os seus resultados foram semelhantes ao de (Sparovek *et al.* 2001) onde não houve prejuízos à microbiota do solo quando adicionado a

borracha. Ocorrento assim um efeito positivo e crescente na taxa de respiracao em funcao das doses de borracha utilizadas.

Isso mostra que o uso de pneus para recuperação de áreas degradadas se mostra ambientalmente adequada quanto aos aspectos de contaminação do solo e água e interferência com a microbiota do solo. Além disso, destaca-se que esse material quando sub-utilizado pode ser correlato a geração de problemas ambientais diversos, como proliferação de vetores causadores de adoecimento na comunidade.

4.7 Resíduos de construção civil na RAD

Uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econ mico e social de uma comunidade é a indústria da construção civil, ela é reconhecida na atualidade como grande geradora de impactos ambientais. A falta de uma destinação correta e o manejo inadequado dos resíduos da construção civil tem provocado uma degradação das áreas de manancial e proteção permanente, aumento de agentes vetores de doenças, assoreamento dos corpos de água, interrupção dos sistemas de drenagem pluvial, ocupação de vias e logradouros públicos, prejudicando o trânsito de pessoas e veículos e degradação da paisagem urbana SINDUSCON (2005). Devido sua alta periculosidade em virtude da existência e acúmulo, os resíduos podem provocar diversos riscos.

Esse acúmulo se dá principalmente pelo fato de que os resíduos gerados no dia a dia não possuem um destino ambientalmente correta. Segundo Mano et. al. (2005), "a geração de resíduos de construção provenientes das cidades é superior àqueles produzidos pelos domicílios. Estima-se que a geração anual de resíduos no Brasil é aproximadamente de 445 kg/habitante". Esse volume que é produzido aumenta gradativamente devido o crescimento das indústrias e da população em geral, sendo que um dos setores onde há um consumo elevado de recursos naturais é o de construção civil, abrangendo em torno de 20 e 50% do total consumido pela sociedade. A Gestão de Resíduos da Construção Civil teve uma definição quanto aos seus procedimentos e normas após a publicação da Resolução CONAMA 307/2002. Segundo essa resolução, o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos é de responsabilidade dos municípios, compartilhada com o gerador e o

transportador, visando amenizar o quadro de degradação ambiental existente na grande maioria das cidades brasileiras.

A gestão dos resíduos sólidos de forma adequada e de responsabilidades do Poder Público, setor empresarial e sociedade, deve ser atribuída pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, regulamentada pelo Decreto 7.404/2010, e que constitui um marco regulatório da Lei Federal 12.305 promulgada e publicada em 02 de agosto de 2010. Porém, essas medidas adotadas pelos municípios e pelas empresas não são tão efetivas. A logística de serviço de oferta no transporte dos resíduos aumentou gradativamente, só que o descarte é realizado de forma aleatória e irregular.

Assim, necessita-se buscar a redução do volume desses resíduos, estabelecendo locais adequados para a disposição dos mesmos, tendo em vista que isto é pouco realizado pelas empresas. A administração municipal do município de Sete Lagoas/MG exigiu que fosse realizado a regularização ambiental dos resíduos de acordo a resolução CONAMA 307/202, que estabelece a classificação dos mesmos como Classe A, ou seja, alvenaria, concreto, argamassas e solos, reconhecidos como resíduos inertes, tendo uma destinação apropriada para eles, no caso a instalação de aterro.

Uma alternativa aceita pelas administrações municipais para a destinação final dos resíduos tem sido as voçorocas. Uma solução viável, mais que exige estudos técnicos para que se comprove a segurança do método, evitando assim a contaminação de lençóis freáticos, controlar o assoreamento dos cursos d'água, além de adotar medidas com visando a estabilização das áreas localizadas no entorno das voçorocas.

REFERÊNCIAS

ABNT (2004). NBR 10004 - Resíduos Sólidos – Classificação. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 71.

ANDRADE, A. G. de; CAPECHE, C. L.; PORTOCARRERO, H. **Processos de formação e práticas de controle de voçorocas.** Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. (Embrapa. Comunicado Técnico). No prelo.

BERTOLLO, S.N; FERNANDES JÚNIOR, J.L; SCHALCH, V. **Benefícios da incorporação de borracha de pneus em pavimentos asfálticos.** 2002. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitaria y Ambiental Cancun, México, 29, 30 e 31 de outubro de 2002.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 7. ed. São Paulo: Ícone, 2010.

BERTONI, J. , LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014.1450 p.

CAMAPUM de CARVALHO, J.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M. de.; MELO, M. T. da. S. (Org.). **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro.** Brasília: FINATEC, 2006.

CAPPI, D. M. Recuperação ambiental de áreas erodidas como alternativa de destino final de pneus inservíveis. **Dissertação (mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, p. 60, Piracicaba 2004.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. **Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declives e níveis de fertilidade do solo.** R. Bras. Solo, 27:743-753, 2003.

COOPER, M. **Erosão do Solo.** Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Departamento de Ciência do Solo LSO-0310 Física do Solo, 2008.

CONAMA- Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 416, de 30 de Setembro de 2009. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 01 out. 2009. p. 64-65. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=616>>. Acesso em: 10 de Janeiro. 2017.

- CONAMA- Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 258, de 26 de Agosto de 1999. Determina que as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação final ambientalmente adequada aos pneus inservíveis. Diário Oficial da União, Brasília, 02 dez. 1999.

Seção 1, p. 39. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=258>>. Acesso em 10 de Janeiro. 2017.

EMBRAPA SOLOS. **Práticas Mecânicas e Vegetativas para Controle de Voçorocas**. Rio de Janeiro, 2005.

FARIAS, R. C.; CAMAPUM DE CARVALHO, J.; PALMEIRA, E. M. Sistema de barramentos para recuperação de ravinas e voçorocas. In: CAMAPUM DE CARVALHO, J.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M. de.; MELO, M. T. da. S. (Org.). **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro**. Brasília: FINATEC, 2006. Cap. 12, p. 387-425.

GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da (orgs). **Geomorfologia: uma atualização e bases e conceitos**. 7 Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

IBAMA. 1990. Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: **técnicas de vegetação**. Brasília, DF. 1990.

KAMIMURA, Eliane. **Potencial dos resíduos de borracha de pneus pela indústria da construção civil**. 2004. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis.

LIMA, S.O. **Manejo e conservação do solo e da água**. Universidade Federal do Tocantins Campus Universitário De Gurupi. 2008.

LIMA, Herlander Mata. **Introdução à Modelação Ambiental: Erosão Hídrica**. Funchal (Portugal), 2010.

MANO, Eloisa Bisassoto; PACHECO, Élen Beatriz A. V.; BONELLI, Cláudia Maria Chagas. **Meio Ambiente, Poluição e reciclagem**. São Paulo: Blucher, 2005.

NARDIN, C. F.et al. **Uso de medida física para recuperação de áreas degradadas em ambiente de cerrado. Resultado para o uso de barreiras com material de baixo custo na recuperação de voçorocas**. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 2, Set. 2010.

PARRA, C. V.; NASCIMENTO, A. P. B.; FERREIRA, M. L. REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM DE PNEUS, E OS PROBLEMAS CAUSADOS POR SUA DESTINAÇÃO INCORRETA. **XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação** – Universidade do Vale do Paraíba, 2011.

PEREZ-MARIN, A. M, et al. Manual metodológico: **práticas mecânicas, físicas e biotecnológicas de manejo e recuperação de áreas degradadas em condições semiáridas**. Campina Grande: INSA, 2015.58p.

PINTON, Leandro de Godoi; CUNHA, Cenira Maria Lupinaccida. **Avaliação da dinâmica dos processos erosivos lineares e sua relação com a evolução do uso da terra**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 27, n. 3, p. 329-343, 2008.

PIRES, F. R. SOUZA, C.M. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água** / Fábio Ribeiro Pires, Caetano marciano de Souza. – 2 ed. rev. e ampl. – Viçosa, 2006. 216p. :il ; 21cm.

PRUSKI, F. F.; AMORIM, R. S. S. SILVA, D. D.; GRIEBELER, N. P.; SILVA, J. M. A. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006.

RAMOS. Leonardo Sohn Nogueira. **A logística Reversa de Pneus Inservíveis: O problema da Localização dos Pontos de Coleta**. Dissertação de Mestrado. 2005, 99 p. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis.

RODRIGUES, B. N. **ESTUDO DE EROSÃO HÍDRICA**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande – MS, 2009.

SINDUSCON-MG; SENAI-MG. **Gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil**, 2ª. ed. rev. e aum. Belo Horizonte: Sinduscon-MG, 2005. 68p.

SPAROVEK, G. *et al.* **A solution for worn out tires, gully erosions, forests and dengue fever in Brazil**. Landbauforschung Völkenrode, v. 51, n° 3, p. 95-99, 2001.

5. CAPÍTULO I

NÍVEL DE DEGRADAÇÃO DO SOLO POR PROCESSO DE VOÇOROCAMENTO EM LATOSSO VERMELHO-AMARELO EM CORRENTE- PIAUÍ

5.1 RESUMO

O mau uso e o não planejamento no processo de ocupação do solo no meio rural têm provocado graves prejuízos, intensificando os processos erosivos. Dessa forma o objetivo deste trabalho é verificar o nível de degradação do solo sob voçorocamento no cerrado piauiense. A pesquisa foi realizada no município de Corrente-PI, desenvolvida em área de voçorocamento situada na zona rural. A coleta de solos foi realizada em áreas de mata nativa e na área degradada, para a caracterização e avaliação da qualidade física e química do solo, e posterior comparação após adoção do processo de recuperação do solo, classificado como. Latossolo Vermelho-Amarelo. O estudo verificou que quanto à densidade do solo não houve variação significativa entre mata nativa e área degradada, já em se tratando da umidade observou-se que a mata nativa apresentou maiores valores provavelmente em virtude da infiltração de água. Os dados obtidos de pH do solo da área nativa e degradada apresentaram valores médios considerados bons variando entre 6.17 e 6.39 respectivamente, diferindo dos padrões de Latossolos em região de Cerrado. Os teores da matéria orgânica nas áreas selecionadas apresentaram uma pequena variação, sendo encontrada maior concentração na área degradada devido ao depósito de nutrientes possivelmente lixiviados durante a estação chuvosa. O tráfego de veículos, animais e pessoas na localidade são fatores que tem agravado e contribuído para o desprendimento do solo com feições erosivas. Diante disso fazendo-se necessário medidas corretivas para minimizar tais problemáticas, como também apoio e parcerias para facilitar esse processo de recuperação.

Palavras-Chave: Manejo do solo. Qualidade do solo. Propriedades físicas.

LEVEL OF DEGRADATION OF THE SOIL BY PROCESS OF VOOCOROCAMENTO IN LATOSSO RED-YELLOW IN CURRENT- PIAUÍ

5.2 ABSTRACT

The misuse and planning in the process of land in rural areas have caused severe damage, intensifying the erosion processes. The aim of this study is to verify the level of soil degradation under voçorocamento in the cerrado of Piauí. The survey was conducted in the municipality of chain-PI, developed in the area of voçorocamento located in the countryside. The collection of soils was held in areas of native forest and degraded area, for characterization and evaluation of physical quality and soil chemistry, and later comparison after adoption of the recovery process of the soil, classified as. Red-Yellow Latosol. The study found that as the density of the soil there was no significant variation between native forests and degraded area in the case of moisture it has been observed that the native forest presented higher values probably due to water infiltration. The data obtained from soil pH of native and degraded area average values considered good ranging from 6.17 and 6.39 respectively, differing patterns of presence of Microaggregates in Cerrado region. The levels of organic matter in selected areas showed a slight variation, being found greater concentration in the area degraded due to deposit of nutrients leached possibly during the rainy season. The traffic of vehicles, animals and people in the area are factors that have aggravated and contributed to the detachment of soil with erosional features. Given that doing necessary corrective measures to minimize such problems, as well as support and partnerships to facilitate this process of recovery.

Keywords: Soil management. Soil quality. Physical properties.

5.3 INTRODUÇÃO

O processo de degradação do solo ocorre quando suas características determinantes são modificadas negativamente, principalmente pela retirada de pequenas partículas ricas em nutrientes, proporcionando o decréscimo da fertilidade, pela redução das produções ou por crescentes necessidades da reposição de fertilizantes e corretivos (SANTOS; GRIEBELER; OLIVEIRA, 2010).

O nível de degradação do solo é definido quando se determina a espessura de um horizonte superficial e este sendo comparando com outros perfis de solos de áreas próximas que apresentem os mesmos aspectos da avaliada, mas que ainda possuem cobertura vegetal. Portanto, se a área avaliada apresenta horizonte superficial menos profundo, o processo de degradação está ocorrendo (CHAVES et al., 2012).

Segundo Siqueira *et al.* (2008), dentre todos os processos que causam a degradação do solo pode-se citar: perdas da matéria orgânica, mudanças na estrutura, lixiviação de nutrientes, permeabilidade e densidade do solo, porosidade sendo resultantes da erosão hídrica. Todos eles estão ligados à perda das características e atributos físicos, químicos e biológicos que determinam a boa qualidade do solo.

A erosão é um processo natural de formação da paisagem, que age continuamente na crosta terrestre, sendo sua ocorrência um processo de modificação e de formação do solo. A ação do homem, por meio da introdução de práticas que modificam o equilíbrio das condições naturais existentes nesse processo, dando origem à erosão acelerada, fenômeno que traz grande preocupação pelo fato de seu processo ser muito mais rápido que a erosão natural ou geológica, trazendo prejuízos para a qualidade do solo, exploração agropecuária como também para diversas outras atividades econômicas e ao meio ambiente (PRUSKI, 2009).

Tótolá e Chaer (2002) relatam que a qualidade do solo refere-se às boas condições para que o solo funcione adequadamente. Seu funcionamento depende da interação de processos químicos, físicos e biológicos, que mantêm um fluxo constante e uma natureza heterogênea. A perda da qualidade do solo nesses aspectos provoca a redução da capacidade do solo em exercer suas funções diversas.

A qualidade do solo pode ser entendida como a capacidade que um solo específico tende a funcionar dentro dos limites de um ecossistema manejado ou natural, que pode ser avaliada por meio de atributos específicos, os quais servirão como indicadores para avaliar a degradação e seu potencial de sustentabilidade como também o grau de alteração e ou reabilitação dos solos sob interferência antrópica drástica ou, até mesmo, natural, como o processo de voçorocamento, sobre o ambiente (GOMIDE; SILVA, 2009).

A voçoroca corresponde a um estado mais avançado da erosão e está associada principalmente com a evolução do processo erosivo em locais que apresentam vulnerabilidade a esses fenômenos, apresentando uma forte relação com o uso do solo. Quando já existe um processo de voçorocamento, o que resta é tentar controlá-lo de maneira mais eficiente e econômica possível, evitando assim, estragos ainda maiores (REZENDE et al., 2011).

Segundo Júnior e Ferreira (2007), a perda de solo por esses processos nas estradas tem grande poder de desenvolvimento, visto a inexistência de uma camada capaz de proteger a via da ação do tempo. Por isso, se observa grandes áreas de voçorocamento na beira dessas estradas. Logo, o mau uso e o não planejamento no processo de ocupação do solo no meio rural têm provocado graves prejuízos, intensificando os processos erosivos. Dessa forma o objetivo deste trabalho é verificar o nível de degradação do solo sob voçorocamento no cerrado piauiense.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

5.4.1 Localização da área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Corrente-PI, localiza-se à latitude de 10°26'36" S e à longitude de 45°09'44" W, estando a uma altitude de 438 metros. Sua população estimada é de 26.149, o município está inserido na microrregião das Chapadas do Extremo Sul Piauiense compreendendo uma área de 3048.447 km². O clima de acordo com a classificação de Koppen: AW é Tropical subúmido com estação seca. Os totais pluviométricos anuais ficam entre 750 e 1400 mm, com temperatura média anual de 26° C. E tem como predominância biomática ou fitogeográfica o Cerrado (IBGE, 2016). A técnica de RAD foi desenvolvida na área de voçorocamento situada na zona rural do município de Corrente. O local foi

selecionado devido à representatividade dos processos de erosão avançada que ocorrem na região (Figura 6).

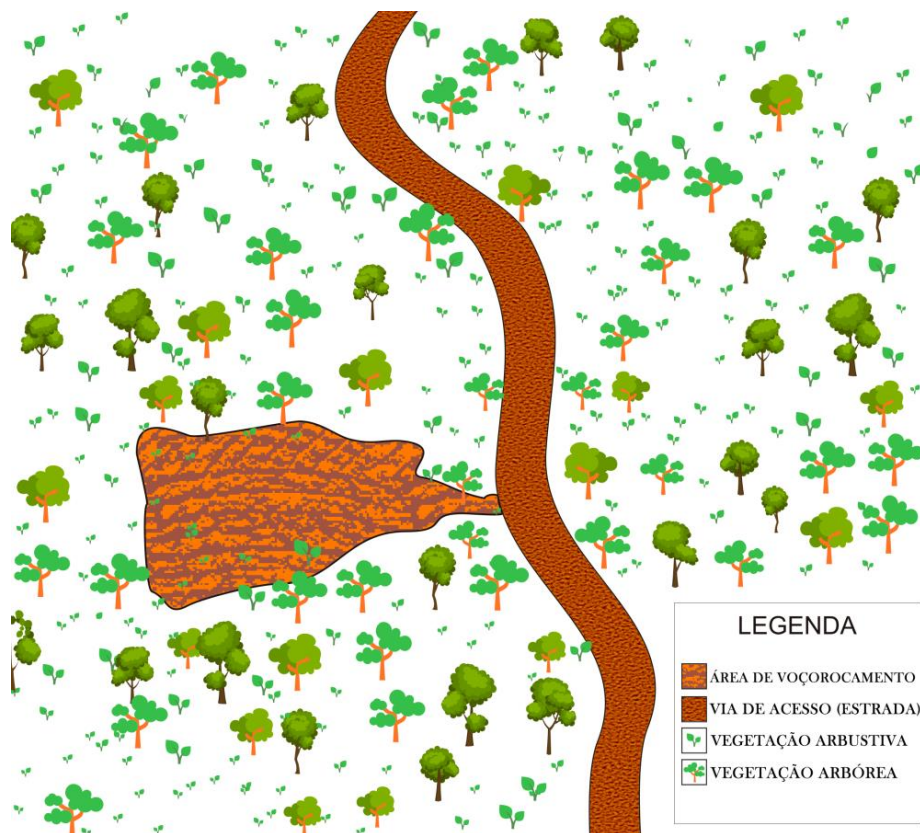


Figura 6. Croqui de localização da área de voçorocamento, estudo de recuperação por estratégia de bioengenharia, Corrente Piauí. Fonte: Cunha 2017.

Em relação ao tipo de solos verificou-se que há um predomínio da classe de Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2006). Foram realizadas análises de importantes atributos de diagnóstico ambiental, tanto atributos físicos e como químicos para comparação após adoção do processo de recuperação.

5.4.2 Amostragem de solo

A coleta de solo foi realizada em áreas de mata nativa e área degradada, para a caracterização e avaliação da qualidade física e química do solo, e posterior comparação após adoção do processo de recuperação.

5.4.3 Indicadores físicos avaliados em laboratório

5.4.3.1 Densidade

Para a determinação da densidade do solo foi utilizado o método do anel volumétrico (Uhlund), seguindo a metodologia descrita pela EMBRAPA (2011). Onde foram coletadas seis amostras com estrutura preservada da superfície do solo, sendo feita três repetições em cada ambiente (Cerrado nativo e área degradada). Buscando correlacionar os dados obtidos com a vegetação e atributos ambientais. As amostras foram pesadas e secas em estufa por um período de 24 horas a uma temperatura de $\pm 105^{\circ}\text{C}$. A densidade do solo (D_s) foi obtida pela relação entre o peso seco da amostra de solo coletada e o volume do anel volumétrico, através da expressão:

$$D_s = \frac{a}{b}$$

Onde:

- D_s = densidade do solo ($\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$)
- a = massa da amostra seca a 105°C (kg).
- b = volume do anel ou cilindro (dm^3).

5.4.3.2 Umidade

A umidade do solo (%) foi determinada conforme Embrapa (1997). Após a retirada das amostras no campo, as mesmas foram pesadas para que todas elas tivessem uma massa definida de cem gramas, obtendo a umidade de forma direta. Para a determinação da umidade do solo utilizou-se da Equação:

$$U = \frac{M_u - M_s}{M_s} \cdot 100$$

Sendo:

- U - Umidade do solo a base de massa (%);
- M_u - massa do solo úmido (g);
- M_s - massa de solo seco (g).

5.4.3.3 Matéria Orgânica Particulada

Em um Becker de 100 ml, foi colocada uma porção de 10 g de solo e em seguida pesa em balança de precisão e adicionado 50 ml de água natural, agitando-os por aproximadamente cinco minutos cada amostra de solo, objetivando garantir a mistura íntima do solo com a água natural. Após este processo as amostras ficaram em repouso por um período de 24 horas. Posteriormente retirou-se de cada amostra o material particulado flutuante (MPF), sendo estas acondicionadas em placas de petri e levadas a estufa a uma temperatura de 105°C por período equivalente há 24 horas.

5.4.3.4 pH do solo

Para determinar o pH do solo, foi utilizado o método de determinação de pH em água, segundo Claessen et al. (1997). Pesou-se em um béquer 10g de solo (TFSE) de cada amostra e foram adicionados 10 mL de água destilada. Após 30 minutos de agitação fez-se a leitura através de pHmetro (modelo mPA-210), previamente calibrado.

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No diagnóstico do processo de voçorocamento da área de estudo verificou-se que o processo erosivo encontra-se em um elevado nível de degradação, com severas perdas de sedimentos e forte fluxo de enxurrada no período chuvoso da região. Caracterizando um processo de erosão acelerada (Figura 7).



Figura 7. Processo de erosão acelerada na área de voçorocamento.

Obtiveram-se as dimensões aproximadas da voçoroca, com valores médios de comprimento de 13,70m metros, largura de 8,50m metros e profundidade de 1,60 metros, encontrou-se um volume ausente decorrente da perda de sedimentos de aproximadamente 115,08 m³. Este valor é dado como aproximado, pois a largura e profundidade da voçoroca são bastante irregulares ao longo do comprimento.

Quanto às descrições morfológicas percebeu-se que os perfis estudados são completos, com transição gradual entre horizontes em cada perfil, significativa presença de raízes no horizonte superficial, coloração avermelhada, textura aparente argilosa. Foi verificada também uma presença marcante de canais de drenagem com elevado fluxo de água conduzido para a voçoroca (Figura 8).



Figura 8. Atributos morfológicos do solo sob a área de voçorocamento.

5.5 Densidade e umidade do solo

Quanto à densidade do solo não houve variação significativa entre mata nativa e a área degradada, a densidade é afetada naturalmente pela textura e teor de matéria orgânica do solo e antropicamente pelos sistemas de manejo e pelo grau de compactação atingido. Essa similaridade pode ocorrer devido à presença da matéria orgânica reduzindo os valores de densidade do solo. Isso porque a matéria orgânica deixa o solo mais friável, ou seja, provavelmente a voçoroca recebe uma carga de matérias que influencia nesse processo, deixando o solo mais solto fazendo com que a densidade se torne similar a área de mata nativa, a menor densidade pode está relacionada também devido ao fato do material orgânico possuir menor peso que o material mineral.

. A Tabela 1 mostra que a mata nativa tem uma densidade um pouco menor em relação ao voçorocamento, podendo está relacionado com o material orgânico que está se depositando nessa área. No entanto, destaca-se que apesar de ocorrerem similares valores de densidade na área da cava em relação à área nativa, o material superficial do solo fora removido por perda e arraste de material.

Tabela 1. Densidade e Umidade do solo (Ds) sob áreas de mata nativa e área degradada.

ÁREAS	DENSIDADE (g.cm-3)	UMIDADE (%)
0.00 – 0.20m		
Mata nativa	1.05 a	17.20 a
Área degradada	1.20 a	12.30 b

Densidade aparente (g cm⁻³) do solo. Valores seguidos de letras iguais não diferem entre si Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Em trabalho realizado por Ferreira et al. (2010) foi confirmado que a variação nos valores de densidade do solo é em maior parte proveniente da diferença do volume total de poros, deixando a densidade do solo e porosidade duas propriedades muito relacionadas. Cerconi et al. (2007) expõe em seu trabalho que quanto maior a densidade do solo menor a porosidade total.

Comparando a área de mata nativa com a de voçorocamento, observou-se que a mata nativa apresentou maiores valores de umidade em virtude, provavelmente, da infiltração mais eficiente de água, uma vez que há presença de vegetação, na qual as raízes contribuem para tal processo. Na área de voçorocamento tem-se uma grande perda de volume d'água, por ser uma área que ajuda o escoamento superficial, como também a parte física dos sedimentos daquele ambiente. Quimicamente pode se ter um ambiente rico, porque ele serve de depósito para todos os ambientes próximos, mais fisicamente ele se torna um problema pela desestruturação e perda de sedimento, além de trazer problema para os recursos hídricos.

5.6 pH do solo

Os dados obtidos para o pH do solo da área de mata nativa e degradada apresentaram valores relativamente básicos, variando entre 6.17 e 6.39 respectivamente, (Figura 9). Essa similaridade pode ocorrer devido sua área

adjacente ser próxima ao voçorocamento, onde pela declividade tem-se um arraste de material para essa voçoroca, sendo uma área de acúmulo de nutrientes que estão equilibrando o pH.

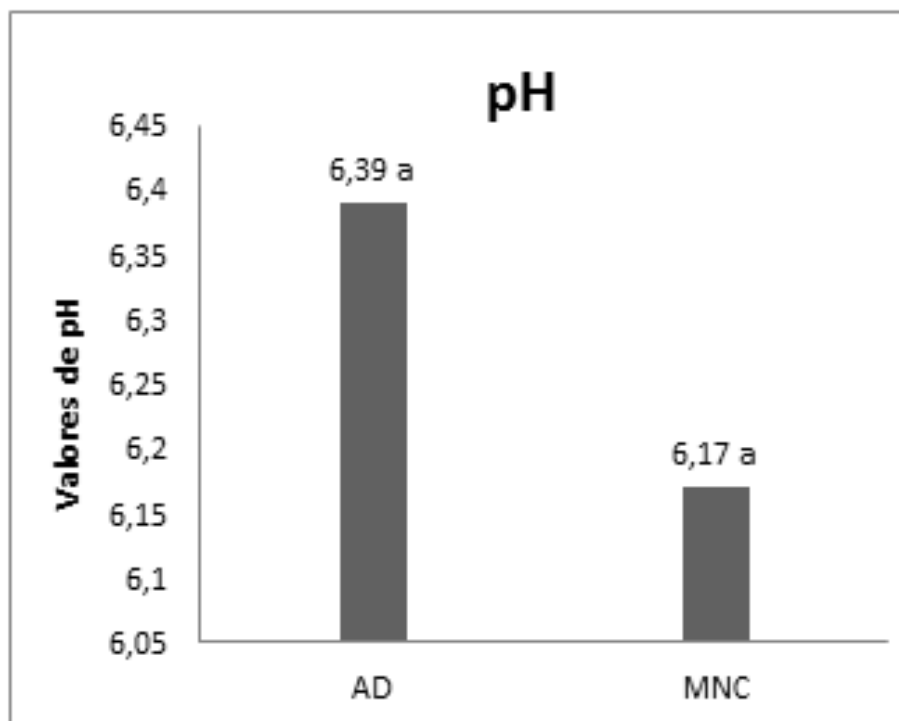


Figura 9. Valores de pH nas áreas estudadas.

A acidez dos solos destaca o efeito de elementos que podem passar a atuar como tóxicos para as plantas como o alumínio, o ferro e o manganês, diminuindo também a presença de nutrientes (OLIVEIRA et al, 2005). A faixa de pH entre 5,8 e 6,2 apresentam uma maior disponibilidade pois a maioria dos nutrientes essenciais então disponíveis para as culturas. Em pH mais elevado os macronutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre são mais disponíveis em relação à tolerância da maioria das plantas (EMBRAPA, 2004).

5.7 Matéria orgânica particulada

De acordo com a Figura 10, os teores da matéria orgânica nas áreas selecionadas apresentaram uma pequena variação, sendo encontrada maior concentração na área degradada. A concentração de matéria orgânica está relacionada ao depósito de sedimentos orgânicos carregados durante a estação chuvosa. Os teores de matéria orgânica em áreas degradadas geralmente são baixos, devido principalmente à falta de cobertura vegetal. No entanto isso não

acontece na área de voçorocamento, pelo fato da declividade do terreno que traz todos os sedimentos carreados no período chuvoso. O que contribuirá na recuperação dessa área, já que ela desempenha uma função importante para a qualidade e fertilidade do solo.

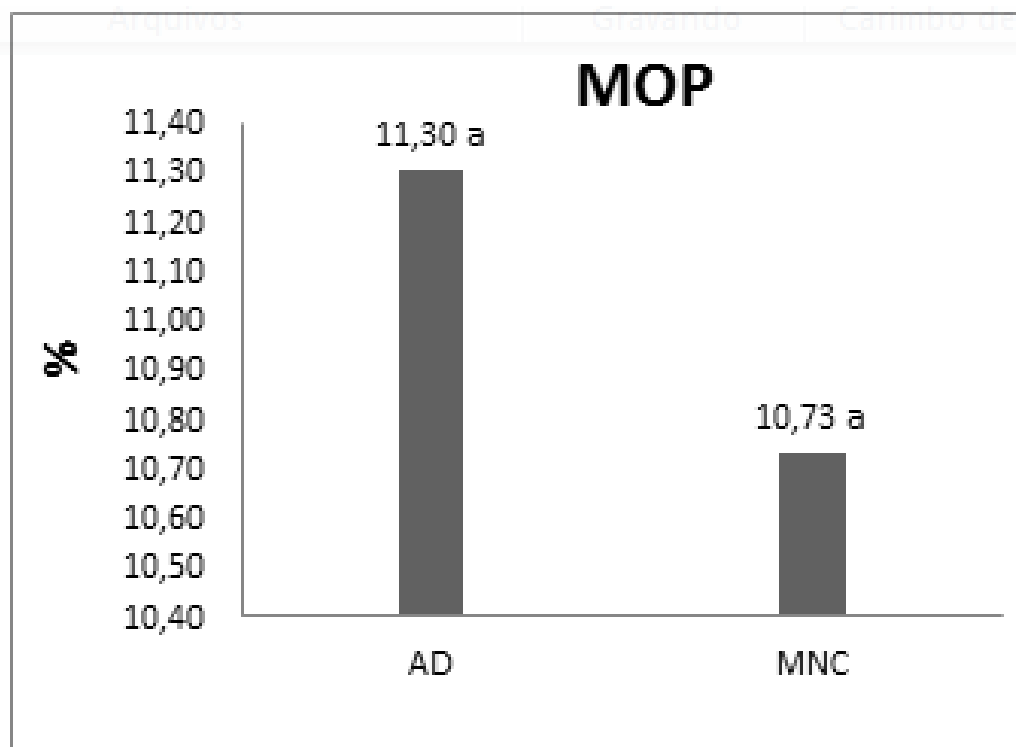


Figura 10. Teores de matéria orgânica particulada nas áreas estudadas.

Segundo Cirilo 2009, na área degradada a concentração de matéria orgânica pode estar relacionada a pontos de solo exposto, possivelmente lixiviados durante a estação chuvosa. Os teores de matéria orgânica em áreas degradadas geralmente são baixos, devido principalmente a falta de cobertura vegetal. No entanto, na área em estudo os teores foram relativamente acima do ideal, 10 g.kg^{-1} .

A voçoroca estudada está em estágio bem avançado de degradação, o solo já está exposto, e vulnerável a fortes que carregam cada vez mais partes. Observa-se ainda o caminho percorrido de forma linearmente devido à velocidade das águas agravando as feições do solo. A transição de veículos, animais e pessoas na localidade são fatores que tem agravado e contribuído para o desprendimento do solo com feições erosivas.

6. CONCLUSÕES

O processo erosivo estudado encontra-se em constante evolução, onde se observa perda de solo das paredes laterais.

Não houve variação da densidade do solo entre a mata nativa e a área degradada podendo ser relacionada presença da matéria orgânica reduzindo os valores de densidade do solo. Já a umidade apresentou maiores valores na mata, provavelmente pela infiltração mais eficiente de água, uma vez que há presença de vegetação, na qual as raízes contribuem para tal processo.

O pH do solo apresentou valores relativamente ácidos, tanto na área nativa quanto na área degradada.

Os teores da matéria orgânica nas áreas selecionadas apresentaram uma pequena variação relacionada ao depósito de nutrientes possivelmente lixiviados durante a estação chuvosa.

Diante disso faz-se necessário medidas corretivas para minimizar tais problemáticas, como também apoio e parcerias para facilitar esse processo de recuperação.

REFERÊNCIAS

- CECONI, D. E.; POLETTO, I.; LOVATO, T.; ELTZ, F. F. Influência do Uso do Solo nas Principais Propriedades Físicas na Microbacia Hidrográfica do Lajeado Biguá, Alecrim-RS. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 31.2007, Gramado - RS. Anais... Gramado - RS: Serrano, 2007, 5p.
- CIRILO, P. A. M. **Efeito da ação do homem na fertilidade dos solos da região de Palmas** – TO. Faculdade Católica do Tocantins (FACTO) 2009.
- CHAVES, T. A. et al. Recuperação de áreas degradadas por erosão no meio rural. **Programa Rio Rural. Manual Técnico 34**, III. 2012.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev. atual.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Produção de sementes sadias de feijão em várzeas tropicais.** 2004.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo** / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solos.** 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p.26, 2011.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. Efeitos de Sistemas de Manejo de Pastagens nas Propriedades Físicas do Solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913 - 932, out./ dez. 2010.
- GOMIDE, P. H. O.; SILVA, M. L. N. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocamento no município de Lavras - MG. **Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Lavras**, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS – **IBGE**. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.
- JÚNIOR, H. H. S.; FERREIRA, O. M. Processos erosivos e perda de solo em estradas vicinais. **Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental**, 2007.

REZENDE, W. S. et al. Recuperação de voçorocas na zona rural do município de Mineiros (GO): financeiramente viável e ambientalmente sustentável. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã**, v. 2, n. 2, p. 64-81, 2011.

OLIVEIRA, I. P.; COSTA K. A. P.; RODRIGUES, C; MACEDO, R. F.; MOREIRA, F. P; SANTO, K. J. G. Manutenção e correção da fertilidade do solo para inserção do cerrado no processo produtivo. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, Goiás, ISSN 1808-8597, v.1, n.1, p. 50-64, ago. 2005.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: Ed. Viçosa, 2009.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 115–123, 2010.

SIQUEIRA. J. O.; SOARES. C. R. F. S.; SILVA. C. A. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS. G. A.; SILVA. L. S.;

CANELLAS. L. P.; CAMARGO. F. A. O. (Ed). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Gênese, 2008.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos em Ciências do Solo, Sociedade Brasileira de Ciências do Solo**, v. 2 p.195-276, 2002.

7. CAPÍTULO II

MÉTODO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA EM LATOSSOLO LATOSSO VERMELHO-AMARELO EM CORRENTE PIAUÍ

7.1 RESUMO

Um dos mais importantes problemas ambientais dos nossos dias é a degradação do solo, tendo em vista que o mesmo está ligado tanto a terras agrícolas como ao próprio ambiente natural. Ressalta-se que existem importantes dificuldades nos processos de contenção de erosões e voçorocas, principalmente pelo elevado estado de degradação, havendo necessidade, portanto de medidas de estabilização importantes. Logo, em estágio avançado de degradação, será exigida muita mão de obra e recursos materiais, o que ocasiona uma elevação de custos. Assim, o uso de materiais a partir de reaproveitamento de resíduos, conforme propõe a bioengenharia, reduz os custos dessas técnicas de recuperação. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação de uma técnica de bioengenharia de baixo custo na recuperação de um processo de voçorocamento acelerado em um Latossolo Vermelho-Amarelo no cerrado Piauiense. A técnica de RAD foi desenvolvida na área de voçorocamento situada na zona rural do município de Corrente. O local foi selecionado devido à representatividade dos processos de erosão avançada que ocorrem na região. Para implementação foram coletados pneus usados obtidos em borracharias, oficinas mecânicas e depósitos de pneus. Os pneus foram dispostos no interior da voçoroca visando o preenchimento da mesma, diminuindo a quantidade de solo de cobertura. A disposição dos pneumáticos no interior da voçoroca se deu de forma organizada e padronizada promovendo o preenchimento da mesma. Houve uma parceria com a Prefeitura Municipal de Corrente para o preenchimento do volume da voçoroca. O procedimento em si, de preenchimento da vala foi considerado rápido, visto que foi realizado durante uma manhã e tarde, tendo em média um tempo de apenas (8) horas. Na revegetação foi utilizada uma mistura de sementes nativas, denominada de muvuca, essa técnica é a utilização de sementes misturadas de diferentes espécies. Recomenda-se a busca de parcerias que contribuam com o transporte e depósito desse material, como também o acompanhamento do processo de recuperação, assim como a sensibilização para mobilizar a comunidade quanto ao reuso de pneus.

Palavras-Chave: Pneus inservíveis. Técnicas sustentáveis. Recuperação de voçorocas.

DEGRADED AREA RECOVERY METHOD IN LATOSSO RED-YELLOW LATOSOL IN CURRENT PIAUÍ

7.2 ABSTRACT

One of the most important environmental issues of our day is the degradation of the soil, since it is connected to both agricultural land and the natural environment itself. It should be noted that there are major difficulties in the processes of erosion and gullies, mainly by the high State of degradation, need, therefore important stabilization measures. Soon, in an advanced stage of degradation, will be required a lot of manpower and material resources, which causes a rise in costs. Thus, the use of materials from the recycling of waste, as proposed by the Bioengineering, reduces the costs of these recovery techniques. In this sense, the present work had as objective the evaluation of a low-cost bioengineering technique in the recovery of an accelerated voçorocamento process in a red-yellow Latosol in the cerrado of PiauÍ. The RAD technique was developed in the area of voçorocamento located in rural municipality. The location was selected because of the representativeness of the advanced erosion processes that occur in the region. For implementation have been collected used tires from tire, auto body shops and warehouses. The tires were arranged inside the gully to complete the same by decreasing the amount of soil cover. Available tyres inside the gully did in an orderly manner and promoting standardized filling the same. There was a partnership with the Municipal Government for the completion of the volume of the gully. The procedure itself, filling the ditch was considered fast, since it was held during a morning and afternoon, in a time of media only (8) hours. In the revegetation was used a mixture of native seeds, called Googie, this technique is the use of mixed seeds of different species. It is recommended to search for partnerships that contribute to the transport and deposit of this material, as well as the monitoring of the recovery process, as well as to mobilize community awareness regarding the reuse of tyres.

Key words: Scrap tires. Sustainable techniques. Reclamation of gullies.

7.3 INTRODUÇÃO

Um dos mais importantes problemas ambientais dos nossos dias é a degradação do solo, tendo em vista que o mesmo está ligado tanto a terras agrícolas como ao próprio ambiente natural. Aproximadamente, 15% das terras são atingidas pela degradação, sendo que a erosão acelerada dos solos representa um percentual de degradação de 84%, desta porcentagem, 56% é provocada pelas águas e 28% pelo vento.

Grandes áreas do território brasileiro apresentam solos bastante degradados (GUERRA, 2005). O processo de degradação afeta de maneira geral toda a estrutura dos solos através de alterações nos processos químicos, físicos e biológicos, deteriorando a cobertura vegetal, o solo e os recursos hídricos, destruindo o potencial biológico das terras (ACCIOLY, 2010).

Para amenizar o elevado índice de degradação e reestabelecer a vegetação que protege os cursos d'água, são aplicadas múltiplas técnicas e modelos de recuperação, podendo ser utilizadas modelos, tanto agronômicos, silviculturais e de engenharia, propiciando uma recomposição topográfica e revegetação de áreas onde o relevo foi afetado pela mineração, abertura de estradas, etc. (MARTINS, 2009).

As técnicas físicas incluem práticas de conservação do solo, e que visam à alteração da morfologia do terreno para reduzir o nível de escoamento, consequentemente o arraste das partículas constituintes do solo (LIMA, 2010). Nas técnicas vegetativas são introduzidas coberturas vegetais para reduzir os impactos das precipitações, facilitando o escoamento da água através das raízes das plantas auxiliando assim a sua absorção. Para a redução da velocidade do escoamento da água, são construídos açudes, visando também reter as cargas sólidas que são transportadas, são as técnicas de retenção.

Em se tratando dos modelos de recuperação mais recentes, pode-se destacar a bioengenharia. Nela, elementos inertes como, por exemplo, concretos, madeiras, ligas metálicas, polímeros e mantas confeccionadas com fibras vegetais, chamadas de biotêxteis, associados a elementos biologicamente ativos, são alternativas que compõem à busca pelo processo de recuperação de áreas, principalmente com focos na estabilização do solo (RIBEIRO et al., 2010). A bioengenharia apresenta diversas vantagens, dentre as quais: baixo custo, requerimento técnico

relativamente simples para instalação e manutenção, adequação paisagística e ambiental, (PEREIRA & COELHO, 2006), sendo também proposta para o controle de processos de voçorocamento.

Ressalta-se que existem importantes dificuldades nos processos de contenção de erosões e voçorocas, principalmente pelo elevado estado de degradação, havendo necessidade, portanto de medidas de estabilização importantes. Logo, em estágio avançado de degradação, será exigida muita mão de obra e recursos materiais, o que ocasiona uma elevação de custos. Assim, o uso de materiais a partir de reaproveitamento de resíduos, conforme propõe a bioengenharia, reduz os custos dessas técnicas de recuperação. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação de uma técnica de bioengenharia de baixo custo na recuperação de um processo de voçorocamento acelerado em um Latossolo Vermelho-Amarelo no cerrado Piauiense.

7.4 MATERIAL E MÉTODOS

7.4.1 Localização da área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Corrente-PI, localiza-se à latitude de 10°26'36" S e à longitude de 45°09'44" W, estando a uma altitude de 438 metros. Sua população estimada é de 26.149, o município está inserido na microrregião das Chapadas do Extremo Sul Piauiense compreendendo uma área de 3048.447 km². O clima de acordo com a classificação de Koppen: AW é Tropical sub-úmido com estação seca. Os totais pluviométricos anuais ficam entre 750 e 1400 mm, com temperatura média anual de 26° C. E tem como predominância biomática ou fitogeográfica o Cerrado (IBGE, 2016). A técnica de RAD foi desenvolvida na área de voçorocamento situada na zona rural do município de Corrente. O local foi selecionado devido à representatividade dos processos de erosão avançada que ocorrem na região (Figura 11).

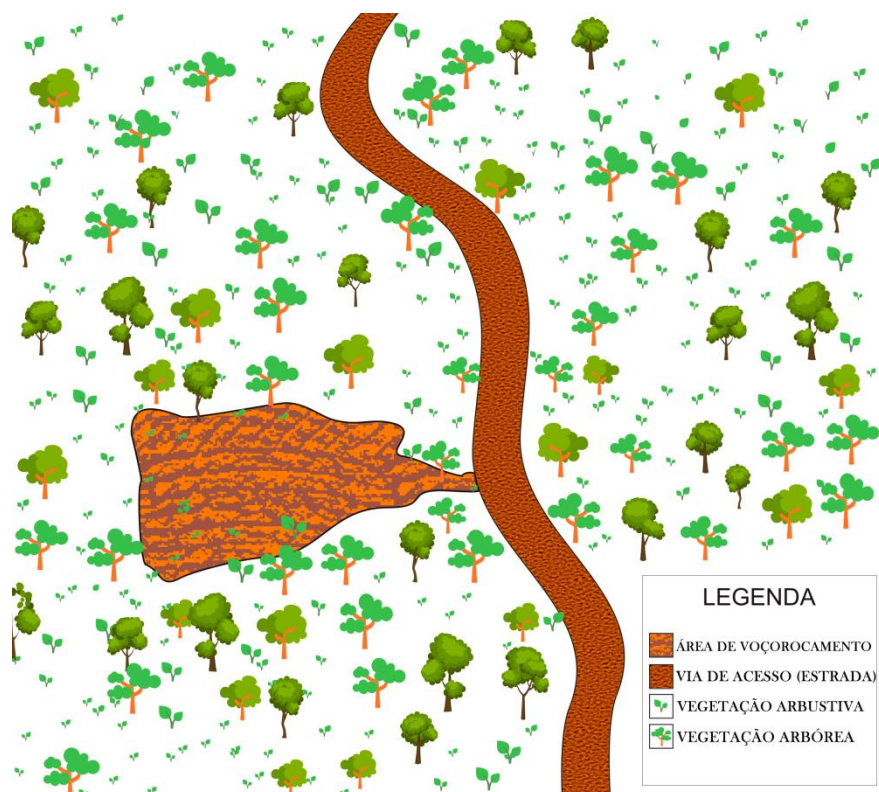


Figura 11. Croqui de localização da área de voçorocamento, estudo de recuperação por estratégia de bioengenharia, Corrente Piauí. Fonte: Cunha 2017.

Em relação ao tipo de solos verificou-se que há um predomínio da classe de Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2006). Foram realizadas análises de importantes atributos de diagnóstico ambiental, tanto atributos físicos e como químicos para comparação após adoção do processo de recuperação.

7.4.2 Aspectos metodológicos

Os dados coletados foram obtidos em visitas *in loco*, percorrendo toda extensão da voçoroca, no qual se avaliou cada ponto pelo seu grau de degradação. Foram realizadas mensurações das dimensões da área em três pontos no interior da voçoroca, estabelecendo o intervalo de 2,5m entre os pontos. As medidas foram utilizadas no cálculo do volume de sedimentos retirados da voçoroca. E em seguida foram realizadas descrições morfológicas e coletas de amostras de solo em três perfis, buscando entender algumas das características morfológicas dos solos encontrados na área, e sua relação com a ocorrência dos processos erosivos em estágio avançado. A proposta de recuperação ocorreu inicialmente pelo

preenchimento da vala de voçoroca com resíduos de pneus inservíveis, seguida do preenchimento do volume com solo.

7.4.3 Nível de degradação atual

A voçoroca encontra-se em estágio bem avançado de degradação, o solo existente no local já estão expostas, e vulneráveis as enxurradas que quando ocorrem carregam cada vez mais partes. Observa-se ainda o caminho percorrido de forma linearmente devido à velocidade das águas agravando as feições do solo. A transição de veículos, animais e pessoas na localidade são fatores que tem agravado e contribuído para o desprendimento do solo com feições erosivas aumentando assim o tamanho da voçoroca.

7.4.4 Dificuldades do processo de implementação de projeto de RAD

Um dos interesses desse trabalho, também é avaliar as maiores dificuldades encontradas no processo de recuperação de área degradada por voçorocamento, logo se atentou a problemas logístico, estruturais e elementos que venha contribuir ou não com o processo de recuperação.

7.4.5 Preenchimento de voçoroca com resíduos de pneu

Para essa implementação foram coletados pneus usados obtidos em borracharias, oficinas mecânicas e depósitos de pneus. Os pneus foram dispostos no interior da voçoroca visando o preenchimento da mesma, diminuindo a quantidade de solo de cobertura.

7.4.6 Preenchimento com resíduos de construção civil e aterro

Para sua implementação será coletado todos os resíduos de construção civil e aterro disponível na cidade para preencher toda a extensão da voçoroca a fim de minimizar os impactos causados pelas gotas de chuva no solo e acumular os sedimentos, e estabilizar os taludes da vala.

7.4.7 Enriquecimento do solo por germinação natural de espécies nativas da região

O processo de enriquecimento e busca pelo retorno da matéria orgânica do solo ocorrerá pela distribuição de sementes na área pela técnica da muvuca, buscando garantir a biodiversidade, pelo uso de variadas espécies da região. As sementes das espécies foram adquiridas comercialmente, sendo elas Pau-D'arco, Aroeira do campo, Gonçalo-Alves, Faveiro, sucupira e Timbó.

7.5 RESULTADO E DISCUSSÃO

À disposição dos pneumáticos no interior da voçoroca se deu de forma organizada e padronizada promovendo o preenchimento da mesma, propondo diminuir a quantidade de material de preenchimento usado como cobertura. Foram utilizados nesta voçoroca uma quantidade aproximada de 90 pneus (Figura 12), a intenção era fazer uma relação entre quantidade de pneus utilizados e o volume da voçoroca, mais não foi possível devida a dificuldade de encontrar e transportar os mesmos.



Figura 12. Técnica de utilização de pneus no preenchimento de voçoroca.

Sparovek *et al.* (2001) utilizou essa mesma técnica, propondo preencher o interior da voçoroca com pneus, propondo ocupar parte do volume desta e em seguida complementar o preenchimento da mesma com solo. Em sua técnica, os pneus foram colocados de forma organizada e padronizada, até atingirem a profundidade média da mesma, cerca de 2,5 metros. Posteriormente preencheu-se com solo o restante do volume da voçoroca.

Em seu trabalho SPAROVEK *et al.* (2001) teve uma quantidade de pneus suficientes para preencher metade do volume da voçoroca, precisando somente da metade do volume de solo para recobrimento da mesma. Neste trabalho, a associação da quantidade de pneus utilizada com a técnica se mostrou insuficiente para cobrir toda a área da base da voçoroca.

A quantidade de pneus utilizados neste estudo foi insuficiente para preencher cerca de metade do volume da voçoroca, isso correu por diversos fatores como os custos com transporte, mão-de-obra e aquisição do material.

Para o preenchimento do volume da voçoroca com resíduos de construção civil houve uma parceria com a Prefeitura Municipal de Corrente, que contribuiu com o transporte e depósito desse material, utilizando caçamba e retroescavadeira da instituição Figura 13.



Figura 13. Processo de transporte e deposição de materiais.

O procedimento em si, de preenchimento da vala foi considerado rápido, visto que foi realizado durante um dia. Considerando que o ponto de recuperação encontra-se a aproximadamente 7 km da área urbana, fonte da qual se buscou todo material inerte para preenchimento do volume da voçoroca, etapa inicial do processo.

Na figura 14 têm-se as três figuras iniciais mostrando o processo de preenchimento e nas etapas seguintes já se percebem a capacidade de infiltração existente no local (três dias após preenchimento). Com a disposição do material preenchendo o volume da voçoroca, também se objetivou estabilizar os perfis do solo, garantindo estruturação do local e reduzindo as perdas de sedimentos. O perfil construído pela disposição dos materiais permite o retorno da infiltração no solo, minimizando as perdas por escoamento superficial (Figura 14).



Figura 14. Processo de aterramento da voçoroca.

A disposição estrutural dos depósitos contribui com a minimização das etapas do processo erosivo existente no local, visto que reduz o arraste de material, pela redução da velocidade da do fluxo de escoamento.

Na revegetação foi utilizada uma mistura de sementes nativas, denominada de muvuca, essa técnica é a utilização de sementes misturadas de diferentes espécies, observando a utilidade de cada uma, como adubação verde, crescimento lento ou rápido, porte e outros fatores que possam reproduzir a diversidade de uma floresta, visando estimular a sucessão ecológica natural da área com o mínimo de intervenção. Foram utilizadas as espécies conforme a Tabela 2.

Tabela 2 Espécies utilizadas pra vegetação com mistura de sementes nativas.

Nome Científico	Nomes Vulgares
<i>Tabebuia roseo-alba</i>	Ipê-Branco, Ipê-do-Cerrado, Pau-D'arco.
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Aroeira do campo
<i>Astronium fraxinifolium</i>	Gonçalo-Alves
<i>Pterodon pubescens</i>	Faveiro, sucupira
<i>Ateleia glazioviana</i>	Timbó

Essa combinação de espécies deve primar para que todos os estratos da vegetação, baixo, médio e alto, sejam contemplados com plantas de todos os tipos, “rasteiras, arbustos, cipós, árvores que vivem anos, décadas e árvores que vivem séculos” (ISA,2009). No entanto destaca-se que o processo é relativamente lento, pelo tempo necessário para germinação e ressalta-se ainda os riscos com demanda hídrica. Em se tratando da logística dessa técnica, é válido destacar a dificuldade na obtenção de sementes para uso, além de onerar o processo, pela ausência de um banco de sementes na região.

7.6 CONCLUSÕES

As principais dificuldades do processo de bioengenharia foram: problemas logístico, estruturais e elementos que venha contribuir ou não com o processo de recuperação, o que ocasiona uma elevação de custos.

Para a adoção da técnica estudada as etapas recomendadas são: recolhimento de matérias como pneus usados obtidos em borracharias, oficinas mecânicas e depósitos de pneus, resíduos de construção civil e aterro disponível na cidade para preencher toda a extensão da voçoroca, estas se mostrando viável devido seu baixo custo. No entanto, levando-se em consideração que parte do propósito principal desta técnica consiste em dar uma destinação ambientalmente segura para os pneumáticos.

Recomenda-se a busca de parcerias que contribuam com o transporte e depósito desse material, como também o acompanhamento do processo de recuperação, assim como a sensibilização para mobilizar a comunidade quanto ao reuso de pneus.

7.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos problemas ambientais encontrados verificou-se que a área estudada passa por um processo de degradação ambiental natural que tende a se acelerar gradativamente em virtude das ações antrópicas.

As técnicas aplicadas refletem uma abordagem promissora, minimizando e recuperando a erosão na área, uma vez que, trata-se de um local de circulação antrópica e com tendência natural à erosão. No entanto, a técnica de utilização de pneumáticos em voçorocas, se mostra eficiente em seu propósito de destinação final alternativa para os pneus excedentes e para a recuperação das mesmas.

Com relação ao propósito de preenchimento do volume da voçoroca, apesar de promover a redução da quantidade de solo utilizado, esta técnica se mostrou limitada para voçorocas com dimensões elevadas em regiões no qual não existem alta disponibilidade e facilidade na aquisição deste material, uma vez que os custos para sua obtenção se tornam bastante onerosos. Sendo importante a realização de parcerias que contribuam com o transporte e depósito de matérias.

REFERÊNCIAS

- ACCIOLY L. J. O. Degradação do solo e desertificação no Nordeste do Brasil. Boletim Informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.25, n.1, p.23-25, 2010.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- GUERRA, Antônio José Teixeira, et al, **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**, 2 ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cidades, 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=220290>>. Acesso em: 05 de Janeiro. de 2017.
- Instituto Socioambiental – ISA. Plante as árvores do Xingu e Araguaia: Manual do plantador. São Paulo, v.1, 2009.
- LIMA, Herlander Mata. **Introdução à Modelação Ambiental: Erosão Hídrica**. Funchal (Portugal), 2010.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas**: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. Viçosa: Aprenda Fácil, 2009. 239p.
- PEREIRA, A. R. & COELHO, A. T. **Efeitos da vegetação na estabilização de taludes e encostas**. Belo Horizonte: Deflor, 2006. 19 p. (Boletim Técnico, 2).
- RIBEIRO, L. F.; HOLANDA, F. S. R.; ARAUJO FILHO, R.N. Indicadores ambientais para estudo da contribuição da bioengenharia na sucessão ecológica da mata ciliar da margem direita do Rio São Francisco. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia. v.11, n. 35, p. 222-230, 2010.
- SPAROVEK, G. *et al.* **A solution for worn out tires, gully erosions, forests and dengue fever in Brazil**. Landbauforschung Völkenrode, v. 51, n° 3, p. 95-99, 2001.