

## ANÁLISE E MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO DE UMA VOÇOROCA EM MANHUAÇU – MG

**Daniela Pereira de Ornelas<sup>1</sup>, Darah Andrade Eller<sup>2</sup>, Gláucio Luciano Araújo<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup> Acadêmica de Engenharia Civil, FACIG, [daniella.ornellas7@gmail.com](mailto:daniella.ornellas7@gmail.com)

<sup>2</sup> Acadêmica de Engenharia Civil, FACIG, [darahaeller@gmail.com](mailto:darahaeller@gmail.com)

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia Agrícola, FACIG, [glaucio.araujo@facig.edu.br](mailto:glaucio.araujo@facig.edu.br)

**Resumo:** O artigo em questão trata-se de um estudo em campo na cidade de Manhuaçu, Minas Gerais, que possui elevada altitude e várias áreas em declive. Devido a esses índices de declividade, os bairros devem possuir um bom planejamento para que não existam problemas com o meio ambiente e a população ocupante. O bairro Alfa Sul, um dos mais novos da cidade, possui um problema ambiental que preocupa alguns moradores devido ao escoamento superficial de água de uma de suas ruas, que juntamente com fatores antrópicos, deu origem a um avançado estado de erosão e voçorocamento. Parte da população do bairro participou e ainda vem participando de projetos de intervenção e recuperação da área, que, no entanto, ainda não foi totalmente recuperada. Logo, o trabalho tem como objetivo ressaltar o que já foi feito, trazer novos métodos de prevenção e controle de áreas como a tal, além de aprimorar técnicas baseadas na pesquisa em campo, conscientizando os proprietários e contribuintes da ação ao meio ambiente no bairro.

**Palavras-chave:** Erosão; Voçoroca; Degradação do Solo, Meio Ambiente.

**Área do Conhecimento:** Engenharias.

### 1 INTRODUÇÃO

A sociedade em geral, sempre precisou do solo para sobreviver. Antes mesmo de usá-lo para moradia e construção, ele era o meio que lhes dava o sustento. Sánchez (2008) define o ambiente como: “um meio onde a sociedade extraí recursos para à sobrevivência e para o desenvolvimento socioeconômico. Recursos estes, denominados ‘naturais’. Por outro lado, o ambiente também é meio de vida, de cuja integridade depende da manutenção de funções ecológicas. Desse modo, surgiu o conceito de recurso ambiental, referindo-se não somente à capacidade da natureza de fornecer recursos físicos, mas também de prover serviços e desempenhar funções de suporte à vida”.

Com a realização de pesquisas no campo da agricultura, foi possível entender que para uma melhor utilização do solo é necessário que ele permaneça por um determinado tempo em ‘descanso’ até que retome seus nutrientes e esteja pronto para um novo cultivo. Antigamente, alguns produtores por não terem tal conhecimento, exploravam o que conseguiam do local e migravam para outros locais com o objetivo de iniciar nova colheita. Mais tarde, surgiu à necessidade de encontrar solos resistentes ou com presença de rochas para construção. Mas, “a ocupação, iniciada pelo desmatamento e seguida do cultivo da terra, construções de estradas, criação e expansão de vilas e cidades, quando efetuada de forma inadequada, sem levar em consideração o meio físico, constitui em um fator decisivo no desenvolvimento de processos erosivos, assoreamento e inundações” (BITTAR. 1995).

Vários locais têm tais problemas comprovados, tanto na área urbana quanto na rural, chegando à degradação do solo ser considerada um problema ambiental de maior preocupação para sociedade. Para que ela ocorra é necessário que o solo sofra alterações físicas, químicas e de seus nutrientes; tudo isso alimenta o processo erosivo, que pode ser natural ou antrópico, causado por ação de água, ventos e geleiras. O agente mais comum na região sudeste de Minas Gerais é a água; ela pode criar canais de fluxo no solo, aumentando sua porosidade, gerando grandes sulcos que favorecem o escoamento superficial (enxurradas).

Na cidade de Manhuaçu - MG, a degradação do solo vem sendo decorrente do manejo inadequado para agricultura, pecuária, obras de saneamentos sem cuidados essenciais e até mesmo

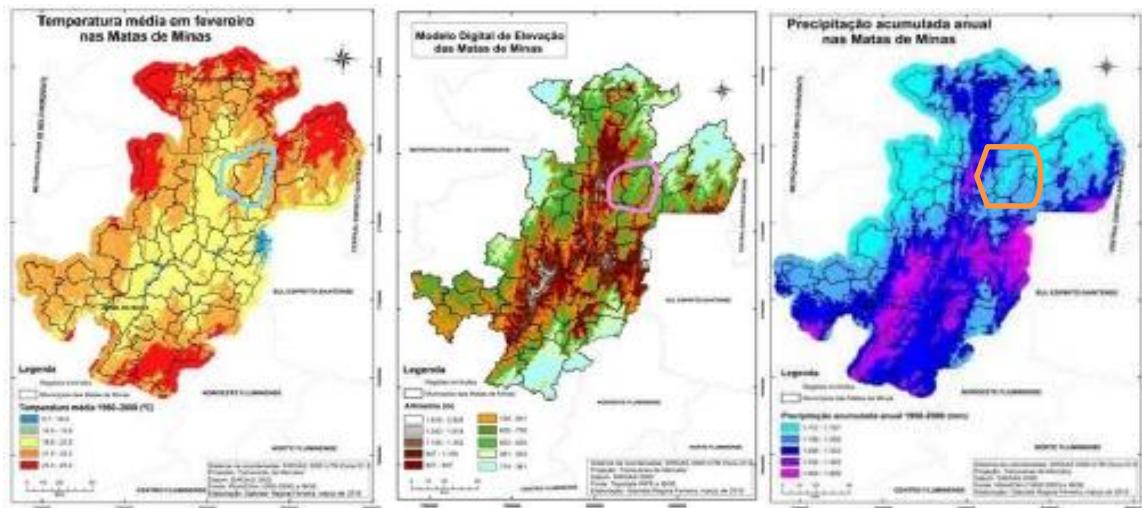
obras de engenharia civil, que de acordo com CABRAL et al. (2002), são os principais responsáveis pelos danos ambientais causados pelas voçorocas, uma escavação ou rasgão de solo ou rocha decomposta onde há permissão da exposição do lençol subterrâneo. Pode ser causada devido à concentração de enxurradas onde há acúmulo de grandes volumes de água a certa velocidade, gerando grandes buracos de erosão (LOPES e GUERRA, 2001) com profundidade e largura superiores a 50cm (OLIVEIRA, 1999 e GUERRA, 1998). Técnicas são usadas para prevenir e controlar tais erosões, porém, para cada caso é necessária uma pesquisa específica observando os fatores que influenciaram no desenvolvimento do processo erosivo e, com o resultado, associar maneiras preventivas para outros locais de solo e condição geológicas semelhantes e meios de recuperação de uma área já degradada.

Logo, este artigo tem como objetivo chamar a atenção da comunidade e de moradores das regiões vizinhas sobre a importância e a necessidade dessa medida de proteção e recuperação das áreas comprometidas pela erosão, controlar e conscientizar sobre o uso correto do solo, alertá-los também dos processos que podem agravar impactos ambientais em áreas de suas propriedades. É importante que conheçam o tipo do solo, confirmem a importância do uso da vegetação, saibam dos riscos que um terreno com alta declividade tem de se tornar área degradada e alertar para intervenções antrópicas no local. Os dados interligados explicam por si só os fatores que desencadearam os processos erosivos na área deste estudo, que visa estabelecer um diagnóstico da Voçoroca localizada no Bairro Alfa Sul (divisa com o bairro São Francisco de Assis), no município de Manhuaçu – MG, onde a prioridade é identificar quais fatores influenciaram no surgimento da voçoroca, como foi seu processo de evolução e como controlar e recuperar a área.

## 2 METODOLOGIA

A cidade de Manhuaçu-MG, localizada em parte da Mesorregião da Zona da Mata mineira, possui em média 21°C de temperatura anual com variações entre 15°C e 27°C (média de mínimas e máximas) que contribuem para o clima tropical, com chuvas durante todo o verão.

Figura 1. Imagens da média de temperatura, elevação e precipitação de chuvas



Possui altitude sede de 635m e ponto culminante (elevado em altitude) com altitude de 1730m. Devido aos seus índices de diferentes altitudes, nota-se que o município possui locais de alto declive na maior parte de sua extensão. Registros apontam a cidade como um município que não deveria existir, pois há poucos locais propícios para a construção devido a inclinação dos terrenos e de acordo com o projeto de revisão do Plano Diretor da cidade, a maioria dos locais ocupados nos bairros são lugares impróprios para moradia.

Figura 2. Imagem de satélite da cidade Manhuaçu.



O bairro que mais cresce é o Alfa Sul. Ainda que possua aproximadamente 20 anos desde que a Caravelli Construtora lançou o seu loteamento junto à JGonçalves Imóveis, suas áreas vem sendo cada vez mais ocupadas e a preocupação dos moradores da região em questão geológica do local vieram surgindo com o passar dos anos.

A estrada principal que liga o bairro Alfa Sul e o São Francisco de Assis (antigo Campo de avião), já foi local de motocross. Até meados do ano 2000, trilheiros usavam uma área íngreme do bairro para suas trilhas com chegada ao local do evento para executar as manobras; Os caminhos percorridos por eles viraram passagem de água quando chovia. Com as enxurradas no local, os sedimentos do solo passaram a ser carregados para a parte inferior do talude, formando assim a voçoroca no local.

Figura 3. Trilheiros em uma de suas trilhas em solo arenoso.



A voçoroca encontra-se à 819m de altitude, localizada nas coordenadas 20°15'57"S e 42°01'37"W. Está praticamente na divisa dos bairros Alfa Sul com São Francisco de Assis, na Rua Darcy César de Oliveira. Seu processo de desenvolvimento iniciou-se em 2002, aumentando com o passar dos anos até ser praticamente controlada 10 anos mais tarde.

O local foi visitado e dele retirado 2 (duas) amostras do solo de 200g para análises químicas e físicas com o intuito de descobrir quais propriedades o solo tem, se é produtivo e fértil. Para análise química, o solo a ser retirado para amostra foi de 0 a 20 cm de profundidade; e para a análise física, a profundidade de 20 a 40 cm.

Foi feito uma visita à Fumaph e ao escritório da JGonçalves Imóveis para informações de causas e metodologias de controle das erosões que no local já haviam sido executadas e/ou planejadas

por ambos. O Órgão de Defesa Civil também foi procurado no intuito de descobrir se aquela região ainda oferece riscos ambientais para os moradores e se também fizeram ou fazem algo para reverter a situação, não só no bairro Alfa Sul, mas em outros pontos da cidade que também oferecem riscos de desenvolvimento prejudicial à população do local e ao solo.

Um estudo sobre métodos alternativos que possam estabilizar a encosta também foi realizado.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desde 2002 a voçoroca estudada vem crescendo significativamente como mostram a sequência de imagens de satélite abaixo. A população do bairro preocupada com a erosão, iniciou em 2006 um projeto de intervenção e recuperação da área. Comandado pelo Sr. Milton Filgueiras, o projeto Campanha da Fraternidade, trouxe uma nova visão de sustentabilidade aos moradores, levando-os ao plantio de árvores e de cobertura vegetal em várias das áreas do bairro. O projeto só foi executado cerca de 2 anos depois.

Figura 4. Imagem de satélite da Voçoroca em março de 2007 – Google Earth



No lado direito da imagem acima, nota-se que existia um local onde os trilheiros treinavam, contendo pistas de obstáculos para manobras de motocross.

Em 2010, a Rua Darcy César de Oliveira foi asfaltada para valorizar o local e conter as enxurradas, porém durante a obra não foram implantados métodos de contenção de água como fossas, valetas ou galerias projetadas.

Com isso, assim que asfaltaram a rua começaram a surgir sulcos e ravinas na direção da voçoroca, acarretando numa enxurrada mais intensa e aumentando o seu desenvolvimento.

Figura 5. Imagem de satélite da Voçoroca em agosto de 2011 – Google Earth



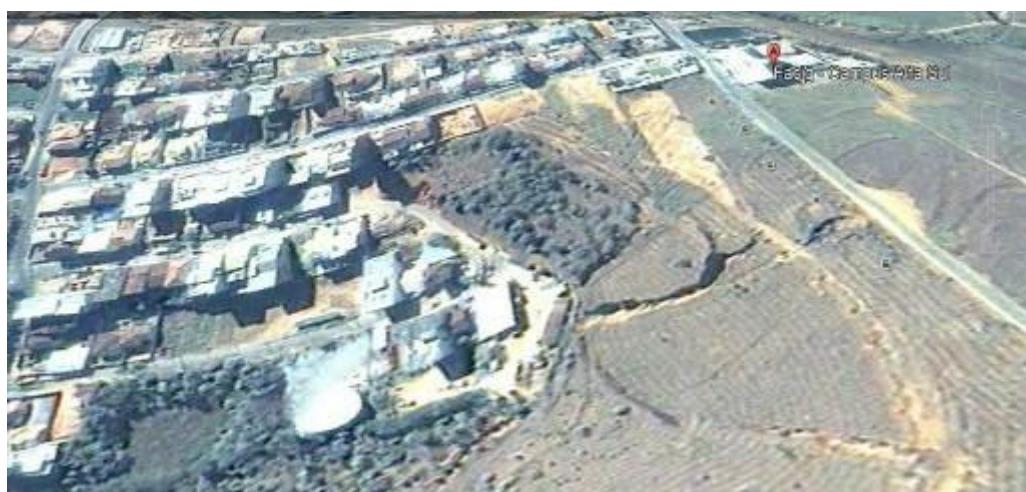
Nota-se na imagem (figura 5), que a área já vinha sendo trabalhada e não mais havia locais sem cobertura vegetal, porém a voçoroca ainda se desenvolvia na profundidade devido ao fluxo de água.

Figura 6. Imagem de satélite da Voçoroca em setembro de 2012 – Google Earth



2012 foi o ano em que a comunidade do bairro começou a ver o resultado da intervenção que vinham fazendo na área. As árvores plantadas dentro da voçoroca já serviam como barreira para o escoamento superficial.

Figura 7. Imagem de satélite da Voçoroca em agosto de 2013 – Google Earth



É importante ressaltar através destas imagens o quanto foi significante o crescimento do bairro. As áreas foram rapidamente ocupadas.

Figura 8. Imagem de satélite da Voçoroca em maio de 2014 – Google Earth



Figura 9. Imagem de satélite da Voçoroca em maio de 2015 – Google Earth



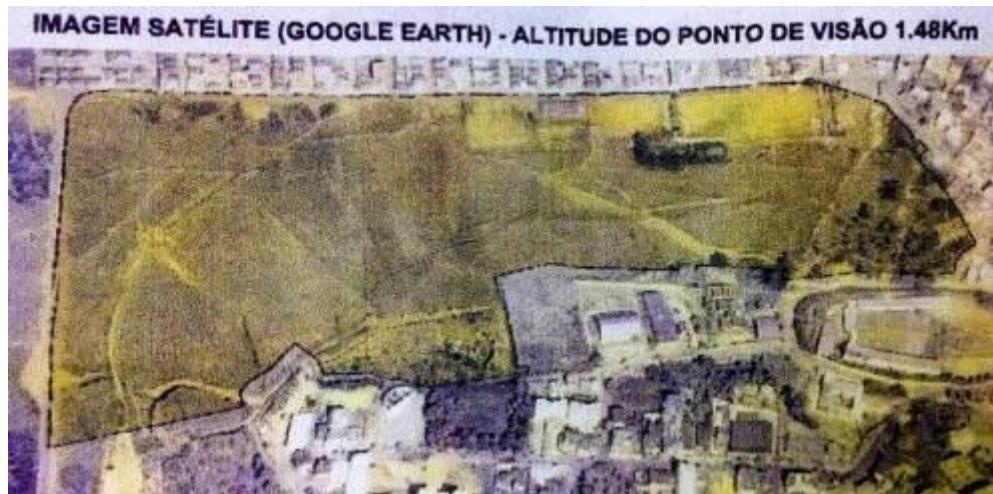
Desde 2012 a erosão praticamente não tem se desenvolvido. Técnicas de Caixa Seca foram implantadas no local, foram construídos reservatórios na margem da estrada de forma que a água da chuva fosse captada por eles. Este procedimento evita a ocorrência das enxurradas concentradas, a erosão, a depredação das estradas por causa da chuva e ainda aumenta o armazenamento de água no solo abastecendo o lençol freático, favorecendo as nascentes e em alguns locais, até a vazão dos rios.

Figura 10. Imagem ilustrativa de como é uma Caixa Seca segundo a IBAMAR (Instituto Brasileiro Do Mar).



O território onde a voçoroca se encontra pertence parte à JGonçalves Imóveis e parte à FUMAPH (Fundação Manhuaçuense de Promoção Humana).

Figura 11. Imagem de satélite concedida pela Vertente Engenharia com demarcação da divisa entre os terrenos.



Desde o início, ambas partes perceberam o problema de se ter uma erosão daquele porte na propriedade e começaram a pensar em meios que pudessem minimizar e acabar com a erosão. A JGonçalves Imóveis foi a primeira a promover vegetação. A princípio por não terem conhecimento dos cuidados e métodos de prevenção e recuperação de uma área com voçoroca, quiseram aterrarr. Com o aterro, provavelmente uma chuva mais intensa carregaria novamente os sedimentos que não foram compactados pelo intemperismo e logo a extensão da voçoroca estaria em mesmas condições iniciais ou até piores. O órgão de Defesa Civil alertou que o mais provável modo de se conter as enxurradas e minimizar o impacto era fazendo a cobertura vegetal do local, principalmente dentro da voçoroca, desviando também os fluxos de água para outros locais distintos (as caixas secas), fazendo com que infiltre no solo de maneira natural e eficaz. Árvores foram plantadas na região da erosão e dentro da voçoroca.

A FUMAPH realizava eventos com intuito de arrecadar verba para alimentar o projeto de intervenção na área, fazendo com que, de pouco a pouco, o lugar fosse recoberto por vegetação, enquanto o lado pertencente à JGonçalves Imóveis mantinha um projeto de loteamento, contendo lotes já vendidos, esperando somente a construção de uma nova rua no local.

Figuras 12 e 13. Imagens da comunidade do bairro Alfa Sul no plantio das árvores.



No território da FUMAPH, criaram um Parque Ecológico, o Parque Ecológico São Francisco de Assis, com o intuito de diminuir o impacto ambiental da região, não permitindo que as outras duas erosões no mesmo local se transformassem em outras voçorocas que com o passar do tempo poderiam trazer danos às casas e famílias que moram ao redor do local. A Elo Minas Corretora de Seguros criou um projeto de sustentabilidade, na qual “para cada seguro vendido, 1 (uma) árvore é plantada”. Todo ano, desde 2014, no mês de novembro, a empresa convoca a comunidade e escolas de educação infantil ao plantio das mudas.

Figuras 14 e 15. Imagens da Elo Minas Corretora de Seguros juntamente com crianças de 5 das escolas de Manhuaçu executando o projeto de plantio das mudas.



O parque ecológico conta hoje, com 3000 mudas de árvores nativas plantadas em dois anos. Com o plantio das mudas, a erosão que levaria ao nível de outra voçoroca foi realmente revertida e o local conta com uma área toda coberta por vegetação e cuidados de manejo, incluindo curvas de nível para melhor assentamento do solo e prevenção contra as enxurradas.

Figuras 16 e 17. Árvores plantadas em desenvolvimento no Parque Ecológico.



No parque possuem árvores nativas e até espécies em extinção, como por exemplo o Jacarandá, os vários tipos de Ipês, entre outros.

Figuras 17 a 26. Imagens do local e voçoroca estudados. Novembro de 2017



A voçoroca possui cerca de 110 metros lineares de comprimento, com larguras de 4 a 12 metros e profundidades que chegam até 20 metros de altura. Sua área está completamente vegetada, e sua recuperação é nítida devido à quantidade de árvores que possui no seu interior.

Como a degradação do solo inclui a erosão como fator de deterioração química (perda de produtividade devido à queda de nutrientes no solo) e física (compactação com maquinário pesado, dificultando a emersão de plantas), o resultado da análise do solo ainda se fez importante neste estudo.

Tabela 2. Resultado da análise física do solo.

Composição	Unidade	Quantidade	Resultado
Areia + Silte	g/kg	552	
Argila	g/kg	448	
Tipo de Solo			3

Tabela 1. Resultado da análise química do solo.

Elementos	Quantidade	Unidade	Resultado
<b>pH</b>	6.1	H <sub>2</sub> O	<b>Alto</b>
<b>P</b>	1.8		
<b>K</b>	86	mg/dm <sup>3</sup>	<b>Médio</b>
<b>Ca</b>	3.6		<b>Bom</b>
<b>Mg</b>	1.3		<b>Bom</b>
<b>Al</b>	0		<b>Muito Baixo</b>
<b>H+Al</b>	1.8	Cmol/dm <sup>3</sup>	<b>Baixo</b>
<b>CTC (T)</b>	6.92		<b>Médio</b>
<b>Efetiva</b>	5.12		<b>Bom</b>
<b>V</b>	74.0		<b>Bom</b>
<b>M</b>	0.0		<b>Muito Baixa</b>
<b>MO</b>	1.4	dag/Kg	<b>Baixo</b>

De acordo com a análise química, o solo contido na amostra retirada da voçoroca está relativamente bom, contendo apenas falta de P (Fósforo) e K (Potássio) que são elementos importantes para o crescimento das plantas.

Para controle e prevenção da erosão, foram criados sistemas incorretos de drenagem; eles encaminham a água para determinado local, mas não a deixam contida para infiltração no solo.

Imagens 27 e 28. Métodos de drenagem e caixa seca executados no local.



Nota-se nas imagens (27 e 28) que apesar de ter tal caminho para a passagem de água da Rua Darcy César de Oliveira, a caixa seca não possui profundidade suficiente para armazenar a água até que se infiltre no solo. Logo, novos sulcos e ravinas tendem a se formar com o transbordamento da água que não teve capacidade pra ser armazenada.

Existem ainda, outros métodos além dos que foram adotados no local, que podem minimizar e até eliminar os efeitos erosivos, como a redução da declividade, sistemas de drenagem corretos e as paliçadas.

Figura 29: Esquema do método de redução de declividade: corte e enchimento

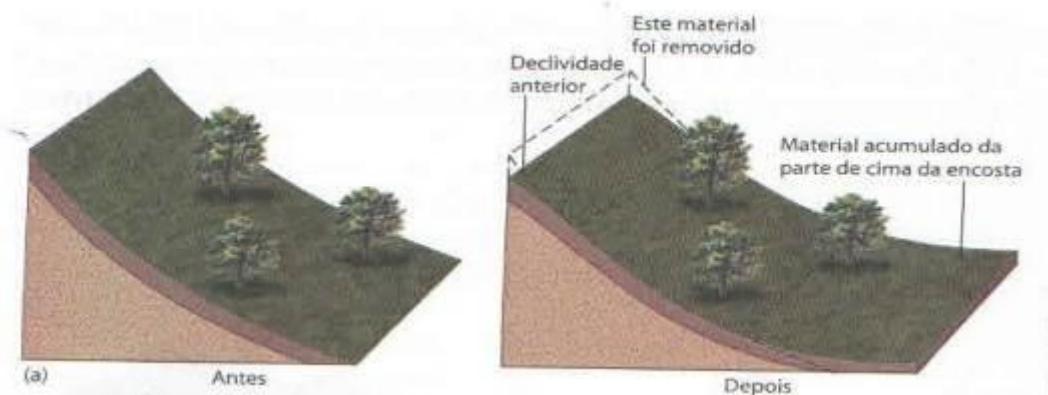


Figura 30: Esquema do método de redução de declividade: bancada

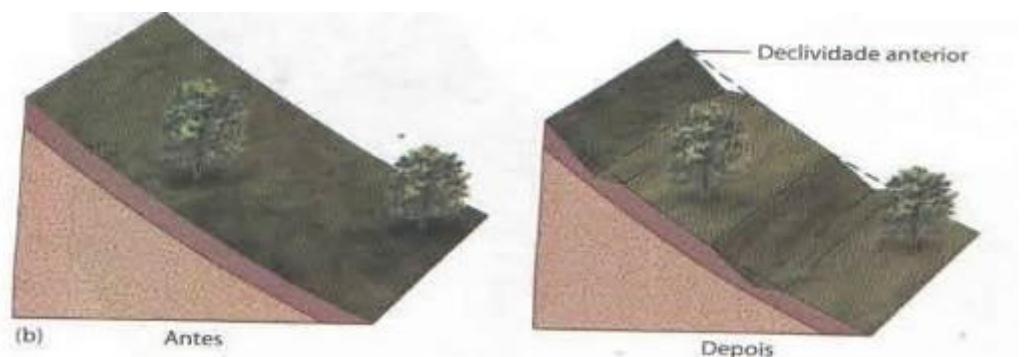
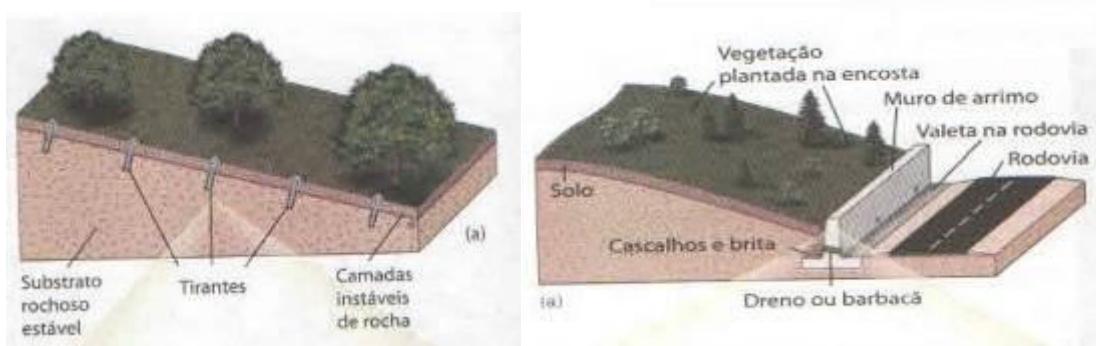


Figura 31: Sistema de drenagem e contenção.



Drenar o terreno deve ser a primeira medida de estabilização de uma voçoroca. É ideal que o terreno seja marcado acompanhando as curvas de nível (LIMA, 2006).

Como a região possui elevada declividade e susceptibilidade do solo saprolítico (Cambissolo), a intensidade das chuvas e o escoamento superficial inadequado provindo das estradas podem desencadear e/ou acelerar qualquer processo de erosão.

Figura 32 e 33. Sistema de paliçadas.



A quantidade de paliçada varia com o tamanho da voçoroca, mas geralmente são colocadas a cada 5 metros. O objetivo desta técnica é evitar o escoamento dos sedimentos e desacelerar o corrimento das enxurradas.

#### 4 CONCLUSÃO

Por mais que a comunidade do bairro Alfa Sul tenha se empenhado em recuperar a área degradada com o reflorestamento e práticas de estabilização, o controle total da voçoroca ainda é almejado. As técnicas já empregadas devem ser aperfeiçoadas e, em alguns locais, devem ser executadas novas técnicas contidas no conteúdo do trabalho. A dupla responsável por desenvolver este trabalho toma como responsabilidade repassar as novas metodologias para os proprietários e contribuintes de modo que a conscientização para a melhoria seja eficaz e aparente nos anos seguintes.

#### 5 REFERÊNCIAS

BACELLAR, L. de A. P. **Processos de formação de voçorocas e medidas preventivas e corretivas.** Ouro Preto: UFOP, 2006.

BERTONI, J. F.; LOMBARDI NETO. **Conservação do solo.** São Paulo: Cone, 1990.

FREITAS, et al. **Correlação de longa-duração e análise bayesiana da evolução temporal dos terremotos ao longo da falha de Samambaia, Nordeste do Brasil.** 2010.

CABRAL, V. et al. **Seleção de espécies leguminosas fixadoras de nitrogênio para utilização na recuperação de áreas mineradas pela Companhia Vale do Rio Doce.** In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: ÁGUA E BIODIVERSIDADE, 5, 2002, Belo Horizonte: SOBRADE, 2002. p. 463-465

FERREIRA, V. M. et al. **Avaliação da estabilização de uma voçoroca por práticas vegetativas no município de Nazareno (MG).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto: Anais...; Ribeirão Preto: SBCS, 2003.

GUERRA, A. T. **O início dos processos erosivos.** In: GUERRA, J. T. et al. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 17-50

LOPES, S. L; GUERRA, A. J. T. **Monitoramento de voçorocas por satélites GPS em áreas de areia quartzosa podzolizada: Praia Mole, Florianópolis-SC.** In. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Goiânia-GO, 2001, v. 1, n. 1, p. 106.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – NBR 10703. **Degradação do Solo – Terminologia** 45p. 1989.

BITAR, O. Y. **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente.** ABGE, 247p. 1995.

CASSARO, Raul. **Caracterização do Solo e Avaliação de Técnicas de Recuperação na Voçoroca do Córrego do Cravo (Nazareno-MG)**. São Carlos, SP. 2015

INSTITUTO BRASILEIRO DO MAR (IBRAMAR) – **Sistema de Caixa Seca**, 2008.  
<http://ibramar.org/en/multimedia>

**SÍTIO COLÍRIO – Técnica da Caixa Seca pode ser a solução para amenizar problemas de seca e também de chuvas intensas**  
<http://sitiocolirio.com.br/site/> p = 43

**CAMPANHA DA FRATERNIDADE** e as missas em Manhuaçu  
<http://www.portalcaparao.com.br/noticia/23316/esportes>

**CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMATOLÓGICOS – Climatologia trimestral.** Disponível em: <http://infoclima1.cptec.inpe.br/>

WICANDER, R. e MONROE, J. S. **Fundamentos de geologia**. 1<sup>a</sup> edição. São Paulo. Cengage Learning, 2011.