



**UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – UNIPAC**  
**INSTITUTO DE ESTUDOS TECNOLÓGICOS E SEQUENCIAS**  
**CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

**KARLA CAROLINA VIEIRA DOS SANTOS**  
**TABATTA DOS SANTOS LOPES**

**TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE**  
**VOÇOROCAS**

**JUIZ DE FORA**

**2011**

**KARLA CAROLINA VIEIRA DOS SANTOS  
TABATTA DOS SANTOS LOPES**

**TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE  
VOÇOROCAS**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao curso de Tecnologia em  
Gestão Ambiental da Universidade  
Presidente Antônio Carlos – UNIPAC  
como requisito parcial da obtenção do  
título de Gestora Ambiental.

Orientador: Vinícius Almeida Campos

**JUIZ DE FORA**

**2011**

Dedicamos nosso trabalho para todos que nos apoiaram nessa nossa jornada, em especial ao nosso orientador Vinícius Campos, que sempre nos ajudou, e ao professor Marco Miguel pela sua dedicação incondicional à sua profissão, exigindo sempre o melhor de nós.

O nosso MUITO OBRIGADA!

Agradecemos aos nossos pais, amigos, familiares e a Deus por tudo que nós conquistamos até  
hoje.

Sem vocês não poderia ser possível, pois o apoio de vocês é fundamental para nossa  
construção e formação.

Seremos eternamente gratas.

“Lidar com adversidades é um dom. Quando muitos  
desesperam outros se superam, quando muitos não  
encontram um caminho outros veem uma oportunidade.  
O sucesso é a soma da competência e do talento com a  
ação e nasce do querer, da determinação e da persistência  
em se chegar a um objetivo.”

Mahatma Gandhi

## **Lista de Figuras**

Figura 1 - Horizontes do solo

Figura 2 – Solo argiloso

Figura 3 – Solo arenoso

Figura 4 – Solo humoso

Figura 5 – Solo calcário

Figura 6 – Solo siltoso

Figura 7 – Solo latossolo

Figura 8 – Solo lixiviado

Figura 9 – Solo árido

Figura 10 – Solo montanhoso

Figura 11 – Solo orgânico

Figura 12 – Erosão ocorrida em uma encosta

Figura 13 – Erosão laminar

Figura 14 – Erosão em sulcos ou ravinas

Figura 15 – Erosão marinha

Figura 16 – Erosão glacial

Figura 17 – Erosão eólica

Figura 18 - Paliçadas feitas na cabeceira da voçoroca

Figura 19 – Travesseiros ou almofadas

Figura 20 – Terraços feitos que evitaram surgimentos de erosões

## RESUMO

A proposta da nossa pesquisa é promover um estudo sobre os processos erosivos do solo e seus impactos ambientais. Procuramos também esclarecer os tipos de prevenção e controle de impactos relacionados à atividade. Neste contexto, será dada ênfase às voçorocas.

É significativa e preocupante a degradação dos solos, principalmente do manejo inadequado dos mesmos, onde há uso exacerbado do solo sem os devidos cuidados. Uma grande parte dos municípios do Brasil já apresenta problemas de degradação dos solos, tanto em áreas agrícolas como em áreas urbanas sendo umas dos maiores problemas encontrados nos dias de hoje que segundo GUERRA (2004) apud GOUDIE (1995), é o principal e mais sério impacto causado pela ação humana sobre o meio ambiente.

A degradação do solo envolve a alteração de suas propriedades físico-químicas e dos nutrientes, bem como os processos erosivos. Os processos erosivos podem ser naturais ou de origem antrópica.

De acordo com SOUZA (2004) muitas ações humanas buscam exploração e consumo dos recursos naturais não importando os métodos, as leis, no qual suas consequências prejudicam o ambiente de maneira não mensurável, levando em conta o momento e não o futuro. Tais ações são grandes responsáveis pela degradação de áreas em todo o planeta. Mas de acordo com a Constituição Federal editada em 1988, toda atividade que produza danos ambientais deve arcar com as medidas de mitigação dos impactos e de recuperação ambiental.

Palavras Chave: Erosão, Voçoroca.

## SUMÁRIO

<b>1 SOLO.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Definição do solo.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Perfil do solo.....</b>	<b>10</b>
<b>1.3 Tipo de solo.....</b>	<b>12</b>
1.3.1 Solo argiloso.....	12
1.3.2 Solo arenoso.....	12
1.3.3 Solo humoso.....	13
1.3.4 Solo calcário.....	13
<b>1.3.5 Solo siltoso.....</b>	<b>13</b>
1.3.6 Latossolo.....	14
1.3.7 Solo lixiviado.....	14
1.3.8 Solo árido.....	14
1.3.9 Solo de montanha.....	15
1.3.10 Solo orgânico.....	15
<b>2 EROSÃO E SEUS IMPACTOS.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 A erosão.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Início do processo.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 Classificações da erosão .....</b>	<b>17</b>
<b>3 AS VOÇOROCAS.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 Definição.....</b>	<b>21</b>
<b>3.2 Classificação.....</b>	<b>22</b>
3.2.1 Profundidade.....	22
3.2.2 Bacia de contribuição.....	22
<b>4 TIPOS DE VOÇOROCAS.....</b>	<b>23</b>
<b>4.1 Voçorocas rurais.....</b>	<b>23</b>
<b>4.2 Voçorocas urbanas.....</b>	<b>24</b>
<b>4.3 Voçorocas complexas.....</b>	<b>24</b>

<b>5 MEDIDAS DE PREVENÇÃO PARA EVITAR O APARECIMENTO DAS VOÇOROCAS.....</b>	<b>26</b>
<b>5.1 Utilização de paliçadas.....</b>	<b>26</b>
<b>5.2 Travesseiros ou almofadas.....</b>	<b>27</b>
<b>5.3 Terraços.....</b>	<b>27</b>
<b>5.4 Recuperação com cobertura vegetal .....</b>	<b>28</b>
<b>6 RECUPERAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DAS VOÇOROCAS.....</b>	<b>30</b>
<b>7 PROCEDIMENTOS A SEREM TOMADOS PARA A RECUPERAÇÃO DE ESTABILIZAÇÃO DAS VOÇOROCAS.....</b>	<b>32</b>
<b>7.1 Isolamentos da área de contribuição.....</b>	<b>32</b>
<b>7.2 Controles da erosão na bacia de captação de água da voçoroca.....</b>	<b>32</b>
<b>7.3 Drenagens da água subterrânea.....</b>	<b>33</b>
<b>7.4 Construções de barreiras naturais e/ou artificiais no interior das voçorocas.....</b>	<b>33</b>
<b>7.5 Vegetação da voçoroca e área de contribuição.....</b>	<b>33</b>
<b>8 CONCLUSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>9 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>35</b>

## **1 SOLO**

### **1.1 Definição do solo**

É um corpo de material inconsolidado, que recobre a superfície terrestre emersa, entre a litosfera e a atmosfera. Os solos são constituídos de três fases: sólida (minerais e matéria orgânica), líquida (solução do solo) e gasosa (ar). Essas fases podem ser encontradas em diferentes proporções, dependendo de fatores como tipo de solo e forma de utilização.

É produto do intemperismo sobre um material de origem, cuja transformação se desenvolve em um determinado relevo, clima, bioma e ao longo de um tempo.

O solo, contudo, pode ser visto sobre diferentes ópticas. Para um agrônomo, através da edafologia, solo é a camada na qual pode-se desenvolver vida vegetal. Para um engenheiro civil, sob o ponto de vista da mecânica dos solos, solo é um corpo passível de ser escavado, sendo utilizado dessa forma como suporte para construções ou material de construção.

### **1.2 Perfis do solo**

O solo é o resultado de mudanças ocorridas nas rochas – denominadas intemperismo. Ações dos ventos, chuvas e organismos vivos (processos físicos, químicos e biológicos) são os responsáveis por este lento processo – calcula-se que cada centímetro do solo se forma em intervalo de tempo de 100 a 400 anos. As condições climáticas existentes são a principal influência das características de cada solo.

A análise do perfil do solo, ou seja: as parcelas horizontais que o constituem desde sua origem até a superfície - local da ação do intemperismo, é um referencial para entendermos a constituição e intemperismo que sofreu. Ao nos referirmos ao perfil do solo, devemos considerar 5 parcelas, denominadas horizontes. Vale ressaltar que nem todo solo possui todos os horizontes bem definidos.

Entenderemos melhor analisando a figura a seguir:

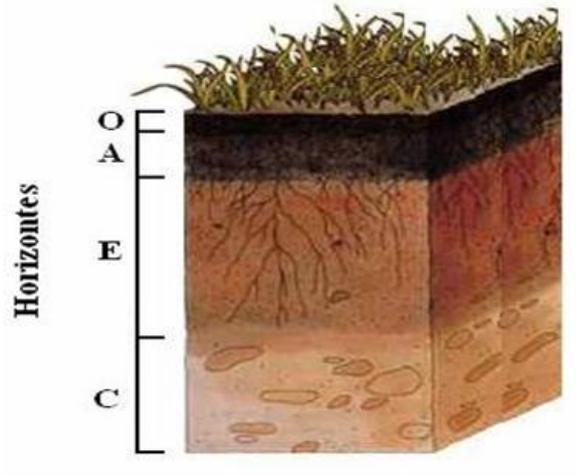


Figura 1: Horizontes do solo

Os seguintes horizontes são:

- Horizonte O: Camada orgânica superficial. Drenado, com cor escura.
- Horizonte A: Constituído, basicamente, de rocha alterada e húmus, sendo a região onde se fixa a maior parte das raízes e vivem organismos decompositores e detritívoros.
- Horizonte B (ou E): Camada mineral constituída de quantidade reduzida de matéria orgânica, acúmulo de compostos de ferro e minerais resistentes, como o quartzo. Pode ser atingido por raízes mais profundas.
- Horizonte C: Camada mineral pouco ou parcialmente alterada.
- Horizonte R: Rocha não alterada que deu origem ao solo.

Quanto à cor, essa varia de acordo com o material de origem, localização, organismos relacionados, conteúdo de matéria orgânica, dentre outros fatores. Solos ricos em matéria orgânica tendem a ser mais escuro, ao passo que solos bem drenados, por exemplo, tendem a tonalidades acinzentadas.

Partículas de solo são definidas de acordo com o tamanho relativo destas, sendo considerada argila partículas com diâmetro inferior a 0,005mm; silte as com diâmetro entre 0,005mm e 0,05mm; areia fina as com diâmetro entre 0,05mm e 0,42mm; areia média, entre 0,42mm e 2mm; areia grossa, entre 2mm e 4,8 mm e, finalmente, pedregulho, entre 4,8 e 76mm de diâmetro.

## 1.3 Tipos de solo

### 1.3.1 Solo Argiloso

Possui consistência fina e é impermeável a água. Um dos principais tipos de solo argiloso é a terra roxa, encontrada principalmente nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Este tipo de solo é bom para a prática da agricultura, principalmente para a cultura de café. Na região litorânea do Nordeste encontramos o massapé, solo de cor escura e também muito fértil.



Figura 2: Solo argiloso

### 1.3.2 Solo arenoso

Possui consistência granulosa como a areia. Muito presente na região nordeste do Brasil, sendo permeável à água.



Figura 3: Solo arenoso

### 1.3.3 Solo humoso

Presente em territórios com grande concentração de material orgânico em decomposição (húmus). É muito utilizado para a prática da agricultura, pois é extremamente fértil (rico em nutrientes para as plantas).



Figura 4: Solo humoso

### 1.3.4 Solo calcário

É um tipo de solo formado por partículas de rochas. É um solo seco e esquenta muito ao receber os raios solares. Inadequado para a agricultura. Este tipo de solo é muito comum em regiões de deserto.



Figura 5: Solo calcário

### 1.3.5 Solo siltoso

Com grande quantidade de silte, geralmente são muito erosíveis.



Figura 6: Solo siltoso

### 1.3.6 Solo latossolo

Geralmente são solos muito profundos (maior que 2 m), bem desenvolvidos, localizados em terrenos planos ou pouco ondulados, tem textura granular e coloração amarela a vermelha escura. São solos zonais típicos de regiões de clima tropical úmido e semiúmido, como Brasil e a África central. Sua coloração pode ser vermelha, alaranjada ou amarelada.



Figura 7: Solo latossolo

### 1.3.7 Solo lixiviado

São aqueles que a grande quantidade de chuva carrega seus nutrientes, tornando o solo pobre (pobre de potássio, e nitrogênio).

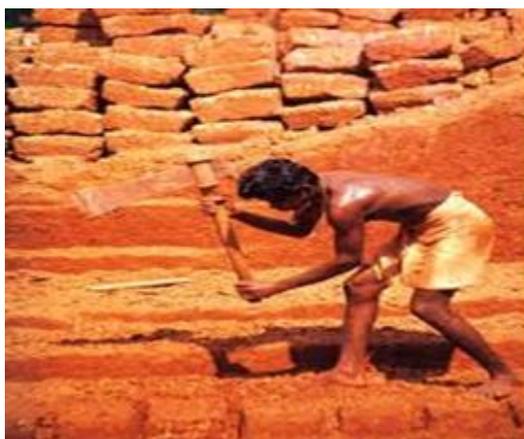


Figura 8: Solo lixiviado

### 1.3.8 Solo árido

São aqueles que pela ausência de chuva não desenvolvem seu solo.



Figura 9: Solo árido

### 1.3.9 Solo de montanha

São aqueles que o solo é jovem.



Figura 10: Solo de montanha

### 1.3.10 Solo orgânico

Tem sua composição de material orgânico (restos de organismos mortos e em decomposição), além da areia e da argila. Esse solo é o mais apropriado para a vida das plantas.



Figura 11: Solo orgânico

## 2 EROSÃO E SEUS IMPACTOS

### 2.1 A erosão

A erosão é um processo que causa a desagregação dos solos, sendo provocado por um agente erosivo, que pode ser chuva, vento, gelo, rios e mares. Os processos erosivos provocados pela ação das chuvas iniciam-se com o escoamento superficial laminar, que ao concentrar-se forma sulcos, podendo dar origem a ravinas e, posteriormente, a voçorocas, sendo que as voçorocas se constituem no estágio mais impactante e o que causa os maiores danos, estabelecendo um impedimento ao processo de desenvolvimento sustentável de qualquer região.

É o processo de desgaste de ataque das formações superficiais, removendo as partículas das porções mais elevadas do globo, transportando e depositando-as nas mais rebaixadas: depressão das encostas, vales e corpos d'água.



Figura 12: Erosão ocorrida em uma encosta

Segundo Oliveira et al (1987), este fenômeno de erosão vem acarretando, através da degradação dos solos e, por consequência, das águas, um pesado problema a sociedade, pois além de danos ambientais irreversíveis, produz também prejuízos econômicos e sociais, diminuindo a produtividade agrícola, provocando a redução da produção de energia elétrica e do volume de água para abastecimento urbano devido ao assoreamento de reservatórios, além de uma série de transtornos aos demais setores da economia. A ocupação urbana crescente nas margens dos rios leva ainda a uma redução da vegetação natural, com o consequente aumento da erosão.

## 2.2 Início do processo

Iniciam-se pela retirada da cobertura vegetal, seguindo pela penetração e concentração das águas da chuva, principalmente em obras civis de estradas forçando sua concentração nas linhas de drenagem.

Segundo LIMA (1987), o estabelecimento de qualquer processo erosivo requer, antes de tudo, um agente (água ou vento) e o material (solo), sobre o qual agirá, desprendendo e desagregando as partículas e transportando-as. A interação entre material e agente consiste na busca de um estado de maior equilíbrio, antes desfeito de forma natural ou devido a efeitos antrópicos.

## 2.3 Classificação da erosão

A erosão pode ser classificada em quatro segmentos: pluvial, marinha, glacial e eólica.

Pluvial: É provocada pela retirada de material da parte superficial do solo pelas águas da chuva. Esta ação é acelerada quando a água encontra o solo desprotegido de cobertura vegetal. O impacto das gotas da chuva sobre o solo é capaz de provocar a desagregação de seus torrões, permitindo que a água ao correr pela superfície leve os sedimentos mais finos e sais dissolvidos.

As principais formas de erosão pluvial são:

- Erosão laminar: quando água corre pela superfície toda, transportando as partículas sem formar canais definidos. É uma forma mais amena de erosão mais é responsável pelo prejuízo a terra agrícola e fornece também uma grande quantidade de sedimento que ocasiona o assoreamento de rios, lagos e represas.



Figura 13: Erosão laminar

- Erosão em sulcos ou ravinas: É quando a água se concentra em filetes, atingindo o volume de fluxo maior. Estas ravinas podem chegar rapidamente em alguns metros de profundidade, e tem que ser combatido o mais rápido possível para evitar a destruição de grandes superfícies agrícolas. São elas as principais responsáveis pelo rápido assoreamento de corpos d'água provocando assim as inundações. Em casos raros pode ocorrer também a chegada das mesmas no lençol freático.



Figura 14: Erosão em sulcos ou ravinas

Erosão Marinha: A Erosão provocada pelas águas do mar é conhecida por erosão marinha ou abrasão marinha. As águas do mar atuam sobre os materiais do litoral desgastando-os através da sua ação química e da sua ação mecânica.

A ação mecânica das águas faz-se sentir quando o mar atira contra a costa rochas de dimensões variáveis originando fraturas nas rochas do litoral. A ação que o mar exerce sobre os continentes faz-se sentir aos seguintes níveis desgaste, transporte e deposição.

A ação de desgaste está condicionada pelos seguintes fatores:

- a) Reações químicas entre a água e os materiais;
- b) Ação mecânica da água;
- c) Força e direção das rochas;
- d) Natureza das rochas - dureza, constituição química e coesão.

O desgaste origina materiais soltos, de dimensões muito variáveis que as correntes marítimas transportam, por vezes, a grandes distâncias. Quando a velocidade e força das correntes diminuem os materiais transportados são depositados.



Figura 15: Erosão marinha

Erosão glacial: é a erosão causada pelo gelo. Ocorre quando, em épocas de temperatura muito baixas, a água que no verão penetrou entre as rochas se congela, quebrando-as, devido ao aumento do volume.

Também é glacial a erosão provocada pelos blocos de gelo que, desprendidos das geleiras, deslizam pelas encostas atritando-se contra elas e desgastando-as.

Felizmente, no Brasil, como não existem geleiras não acontece a Erosão Glacial.



Figura 16: Erosão glacial

Erosão eólica: Para acontecer precisa de correntes constantes de ar e de partículas soltas que possam ser transportadas e servirem como projéteis na desagregação da rocha. Este tipo de processo é encontrado em regiões onde o ambiente é seco e árido, onde quase não há cobertura vegetal ou mesmo nenhuma. Há tipos de mecanismos de transporte eólico, como o arrastamento, saltação e suspensão.



Figura 17: Erosão eólica

## 3 AS VOÇOROCAS

### 3.1 Definição

Desmoronamento provocado pela erosão subterrânea produzida por águas pluviais que se infiltram com facilidade em terrenos de grande permeabilidade, quando atingem regiões menos permeáveis. Voçoroca vem do guarani *iby* (terra) e *soroc* (fenda), podendo ser traduzido por erosão.

Quando há uma queda do equilíbrio natural entre o solo e o ambiente (retirada da vegetação), muitas das vezes ocorre pela ação do homem, como já foi dito anteriormente, expondo o solo a formas menos perceptíveis de erosão, que promovem a remoção da camada superficial deixando o subsolo sujeito à intensa remoção de partículas, o que culmina com o surgimento de voçorocas.

Para AB'SABER (1968), o processo de formação das voçorocas está associado a paisagens de onde foi retirada a sal cobertura vegetal. Nestas paisagens, a água de escoamento superficial ao percolar lineamente no solo e atingir o lençol freático, compromete a estabilidade da área e gera a formação de voçorocas.

As “voçorocas podem ser o resultado de erosão superficial, erosão subsuperficial e movimento de massa” (BACELLAR, 2006). De acordo com PERERIRA, entre outros, (sem data), segundo sua classificação, “as voçorocas podem ser classificadas conforme seu grau de desenvolvimento em: ativa, inativa e paleovoçoroca”.

Segundo BACELLAR (2006), o processo de desenvolvimento se dá nos diferentes seguimentos das encostas das voçorocas, onde atuam diferentes processos de erosão, ocorrendo pequenos deslizamentos rotacionais, o que acabará gerando um fluxo de movimento de massa, mesmo após o período chuvosos. Ainda segundo BACELLAR (2006) existem fatores que atuam na intensidade da erosão: a erosividade do agente (potencial de erosão da água), e a erodibilidade do solo (representa a suscetibilidade à erosão do solo).

Existem alguns fatores que estão diretamente ligados ao surgimento das voçorocas, dentre os fatores existentes para esse condicionamento, alguns que são destacados por BACELLAR (2006), dentre os quais:

- Fatores geológicos passivos ou ativos
- Fatores pedológicos
- Fatores climáticos ativos e passivos
- Fatores geomorfológicos

### **3.2 Classificação das voçorocas**

As voçorocas podem ser classificadas quanto a profundidade e extensão da bacia de contribuição

#### **3.2.1 Profundidade**

- Voçoroca pequena – quando tiver mesmo de 2,0m de profundidade
- Voçoroca média – quando tiver de 2.0 a 4.5m de profundidade
- Voçoroca grande – quando tiver mais de 4.5m de profundidade

#### **3.2.2 Bacia de contribuição**

- Voçoroca pequena – quando a bacia de contribuição for menor que 10 há
- Voçoroca média- quando a bacia de contribuição tiver entre 10 e 50 há;
- Voçoroca grande- quando a bacia de contribuição for maior que 50 há

## 4 TIPOS DE VOÇOROCA

A classificação de voçorocas é um artifício metodológico que se apresenta agrupadas segundo o local de ocorrência, sendo tratadas, assim, como voçorocas rurais e urbanas.

### 4.1 Voçorocas rurais

As voçorocas rurais se desenvolvem nas pastagens e culturas de má cobertura, sujeita a manejo inadequado e segundo se acredita, na maior parte das vezes, são o produto do ravinamento iniciado ao longo das valas de demarcação, trilhas ou linhas de plantio. O fenômeno se manifesta quando uma dada ravina intercepta o lençol freático, e se transforma em uma voçoroca típica, com a evolução de sua seção em V para a seção em U.

A mudança do regime de escoamento é apontada unanimemente como consequência do desmatamento, prática esta, que permite maior velocidade na movimentação d'água pluvial, já que diminuem os obstáculos e estruturas retentoras em detrimento da infiltração, e cresce o volume da descarga d'água, devido entre outras causas, a diminuição do tempo de permanência da água em escoamento nas vertentes. Muitos outros fatores derivados do desmatamento, que contribuem com a erosão, são apontados pelos especialistas. Não seria demasiado frizar, a indução de mudanças climáticas locais e regionais, como as já observadas diminuições do índice pluviométrico e da umidade relativa do ar.

Voçorocas derivadas de ravinamento parecem ser as mais comuns nos Estados de São Paulo e Paraná. Casos de voçorocas derivadas da ação inicial, sendo de erosão interna, somente são detectáveis em sua fase inicial, sendo que, durante o seu desenvolvimento e resultado final, não se distinguem daquelas produzidas por ravinamento. Assim, outros fenômenos erosivos ligados a gênese e evolução de voçorocas rurais são conhecidos, citando-se entre eles o fenômeno de “abastecimento brusco”.

O fenômeno do “abastecimento brusco” se mostra como uma depressão elíptiforme de poucos metros de profundidade, com o eixo maior rumo a maior declividade, e apresenta o solo rompido em pequenos blocos escalonados, que portam a vegetação original no topo. No centro dessa área corre atualmente pequeno curso d'água perene. As evidências colhidas indicam as origens do fenômeno no descalçamento progressivo da área por erosão interna, que evolui até dado instante, quando o teto mais coesivo do solo superficial desaba.

## **4.2 Voçorocas urbanas**

A urbanização, como toda obra, que interpõe estruturas pouco permeáveis entre o solo e a chuva, faz com que o escoamento seja incrementado com a diminuição da infiltração, numa mudança de regime de escoamento, localmente mais drástica do que aquela provocada pelo desmatamento.

A implantação das cidades brasileiras, que não estejam vinculadas ao mar ou grandes rios, com raras exceções, se dá em sítio preferencial pouco acidentado, com o núcleo fixado no ponto mais alto da maior colina ou “espigão”. Cidades assim instaladas em terrenos de baixa resistência a erosão, quando não calçadas, tem o ravinamento iniciado nas próprias ruas, que são as principais adutoras das águas captadas pelos telhados, somando ao “run off” local; estas ravinas não raro se transformam em voçorocas típicas ao interceptar o lençol freático.

O alargamento, próprio da evolução do fenômeno, destrói casas e obras públicas. Quando as águas são conduzidas por sistemas apropriados, o problema tem origem no ponto de lançamento das águas captadas. Sendo comumente grande a distância que separa o perímetro urbanizado de uma drenagem estável, isto é, curso d’água com leito resistente a grandes incrementos na vazão, as águas pluviais e servidas são lançadas na drenagem mais próxima da zona urbanizada; assim multiplica-se a vazão do curso d’água, que inicia um processo de atalhamento do leito. Os incrementos brutais das vazões, por ocasião das chuvas, aliando-se as variações do nível freático, conferem ao processo erosivo remontante uma dinâmica acelerada, com os avanços de dimensão e rumo imprevisíveis tais características, que se desenvolvem em áreas urbanizadas, colocam em risco a segurança e a economia da população local.

A condenação e destruição de obras conturbam a administração municipal, a qual se vê obrigada, a além de reconstruir constantemente as obras públicas, prover de novas habitações a população deslocada. A situação da administração pública se torna ainda mais delicada quando tentem atacar a voçoroca com recursos econômicos relativamente parcos, e métodos, que, quando não ditados pelo desespero, são obras indicadas ao combate a ravinamentos, métodos esses em geral fadados fracasso.

## **4.3 Voçorocas complexas**

Este tipo de erosão estabelece-se quando, entre os horizontes arenosos encontra-se, intercalando-os, uma ou mais camadas de argila.

A atuação da água dá-se ininterruptamente, quer pela sua parcela correspondente ao escoamento superficial direto no período chuvoso, quer pela sua parcela devida ao escoamento subterrâneo durante todo o período seco.

No local, onde a erosão superficial cortou o lençol freático, existe um acentuado efeito erosivo, devido ao escoamento subterrâneo que, aí encontrando menor resistência ao seu escoamento, inicia o processo erosivo subterrâneo.

## 5 MEDIDAS DE PREVENÇÃO PARA EVITAR O APARECIMENTO DE VOÇOROCAS

- Fazer o planejamento de conservação da propriedade, visando utilizar o solo de acordo com sua aptidão de uso;
- Utilizar práticas de conservação (preparo do solo, fazer análise do solo, empregar o cultivo mínimo ou plantio direto e etc.);
- Utilizar os recursos naturais (vegetação, água e solo) adequadamente;
- Conduzir as enxurradas para locais como estradas, grotas, canais escoadouros ou outros locais que estejam construídos principalmente para isso.

### 5.1 Utilização de paliçadas

Paliçada de bambu: as paliçadas de bambu podem ser utilizadas para a contenção das paredes verticais quanto para a redução de velocidade de escoamento superficial das enxurradas contribuindo para a retenção dos sedimentos transportados.

Com o passar do tempo, com o acúmulo dos sedimentos na base frontal da paliçada pode ocorrer o surgimento de vegetação ou mesmo o brotamento do bambu que foi utilizado para fazer a barreira, tornando assim uma barreira natural.

Quando essas forem utilizadas no interior das voçorocas para proteger as paredes verticais, formando taludes inclinados, que devem ser escorados por toras de eucalipto ou outra madeira. Também é recomendado o reforço das paliçadas para a proteção das paredes verticais, usando arames para amarrar um ponta fixada na tora e a outra ponta amarrada na ponta de eucalipto enterrada acima da parede da voçoroca em terra firme. Perto da parede da voçoroca, protegida com as paliçadas, recomenda-se uma barreira para evitar que a água atinja a paliçada. Esta pode ser feita com sacos de terra, colocado lado a lado à beira da voçoroca.



Figura 18: Paliçadas feitas na cabeceira da voçoroca

## 5.2 Travesseiros ou almofada

Esses travesseiros ou almofadas, é outra estrutura que pode ser utilizada para a revegetação das voçorocas, são nada menos, do que sacos cheios de terra adubada com algumas espécies de plantas herbáceas, gramíneas ou outras vegetações em seu interior. Assim esses sacos são lançados para o interior das voçorocas, e por conterem solo mais fértil, permite o rápido crescimento das plantas, possibilitando aumentar a cobertura do solo e reter sedimentos, coisa que o solo que normalmente é degradado dentro da voçoroca não aconteceria.



Figura 19: Travesseiros e almofadas

## 5.3 Terraços

Primeiramente a construção dos terraços deve-se levar considerações em alguns fatores, como:

- Tipo de solo
- Declividade do terreno
- Tipo de cobertura vegetal
- Extensão do declive
- Tamanho da área de contribuição
- Intensidade da precipitação

Dependendo das características físicas do solo em estudo (textura, estrutura, profundidade, pedregosidade), isso influenciará a infiltração da água da chuva, e assim possibilitará ou não a ocorrência de escoamento superficial.

Isso levará a decisão se o terraço será construído em nível, possibilitando a infiltração da água no solo ou se será feito em desnível, impedindo o escoamento em direção a voçoroca, conduzindo a água para bacias de captação ou canais escoadouros.



Figura 20: Terraços feitos que evitaram surgimento de erosões

#### **5.4 Recuperação da cobertura vegetal**

As práticas citadas anteriormente ajudam a combater apenas um dos fatores que causam a erosão e permite o aparecimento das voçorocas: o escoamento da água da chuva superficial. Outro fator que é muito importante é o impacto da água da chuva no solo, onde esse sem uma cobertura vegetal cairá com mais intensidade e fará que o tamanho dos torrões de terra se diminua, possibilitando o carregamento do sedimentos (minerais e orgânicos) pelas enxurradas. Com isso aparecerá sulcos que irão originar as voçorocas, então, é muito importante manter o solo coberto por algum tipo de vegetação que minimize o impacto da gota de chuva em sua superfície.

Já para a revegetação da área ao redor ou dentro da voçoroca, poderão ser utilizadas plantas herbáceas, arbóreas ou arbustivas. Qualquer espécie pode ser utilizada, desde que esteja apta a viver naquela região e ao clima que é encontrado no local. Deve-se dar prioridade no caso do estágio inicial a revegetação pioneiras, as espécies conhecidas como leguminosas.

Essas plantas, em suas raízes, encontraram-se bactérias (rizobium) e fungos (micorrizas) que permite melhorar a absorção de nutrientes do solo e do ar, com ou sem a aplicação de fertilizantes contínua. Isso irá proporcionar também uma maior absorção de água.

Dependendo do estado da degradação do solo, as plantas irão ter um maior ou menor crescimento, daí podendo ser necessária a aplicação de mais fertilizantes.

A deposição de folhas, ramos, flores e o crescimento das raízes promovem a estabilização do solo, melhorando a infiltração, armazenamento da água da chuva, e o aumento das atividades biológicas do mesmo, criando boas condições para o estabelecimento de outras espécies mais exigentes.

## 6 RECUPERAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DAS VOÇOROCAS

A prática de controle de voçorocas, normalmente leva tempo, capital e trabalho e muitas vezes, torna-se economicamente onerosa. Mas embora as terras que se apresentam erodidas com voçorocas tenham um pequeno valor, elas ainda assim devem receber cuidados especiais, para proteger o ambiente que os cerca, assim como outras propriedades, rios, barragens, lagos, nascentes etc.

A ocorrência das voçorocas está diretamente ligada com o ambiente que encontra ao seu redor, principalmente, tipos de solo, relevo e cobertura vegetal, tendo maior probabilidade de ocorrer em determinada tipo de relevo que em outro.

Um exemplo, as áreas que apresentam uma topografia mais movimentada propiciam uma concentração de escoamento superficial (enxurrada) em determinadas irregularidades ou depressões da superfície do solo desprotegido ou trabalho originando sulcos que, caso o processo continue, evoluirão para voçorocas.

A cobertura do solo é influenciada pela vegetação, logo os solos que possuem uma boa massa vegetal, em sua superfície, estarão protegidas da ação erosiva das gotas de chuva, pois minimizará o impacto diretamente no solo, ocasionando a lavagem dele, levando seus nutrientes e partículas de solo, bem como proporcionarão barreiras da água no solo. Do mesmo modo, o caule das arbustivas e arbóreas e as taipeiras de plantas herbácea funcionam como uma barreira para retenção de sedimentos carregados pela enxurrada.

A ocorrência de voçorocas está relacionada também com a diversidade dos solos. Sabendo que cada tipo de solo tem uma aptidão, isto é, determinada utilidade para ser usada, seja para plantação, engenharia.

Quando o solo não é utilizado com respeito e com práticas adequadas de manejo e conservação do solo, da água e vegetação não são utilizadas, ocorre a degradação dos solos, principalmente através da erosão.

As características químicas, físicas, morfológicas e biológicas dos solos estão diretamente relacionadas com erosão, pois influenciam a infiltração e retenção de água, aeração, crescimento da parte aérea e sistema radicular, retenção de nutrientes, retenção de fertilizantes, preparo do solo, etc.

As profundidades do solo é uma característica que tem muita importância no processo erosivo. A presença de rocha à pequena profundidade funciona com um impedimento natural

à drenagem do perfil, favorecendo o escoamento superficial e, por conseguinte, aumentando a suscetibilidade à erosão.

O horizonte C é outro aspecto importante, principalmente sua profundidade, pois as voçorocas principalmente as grandes se desenvolvem melhor onde há um horizonte C muito profundo e horizonte A+B mais modesto. Em algumas situações onde há o corte, ou a decapitação do solo em alguma parte da encosta, geralmente nas partes baixas, expõe o horizonte C a uma intensa remoção de partículas e por solapamento, as voçorocas crescem rapidamente no material pouco coeso do horizonte C.

O acarretamento das partículas mais siltosas e menos coesas do horizonte C exposto em relação as argilas dos horizontes A e B geralmente propicia a queda de barreira nas estradas e cortes de barrancos nas cidades.

## **7 PROCEDIMENTOS PARA SEREM TOMADOS PARA RECUPERAÇÃO OU ESTABILIZAÇÃO DAS VOÇOROCAS**

Tudo vai depender do tamanho da voçoroca e da relação custo benefício, podendo ser recuperada totalmente ou apenas estabilizada, com possibilidade de usá-la para algumas finalidades como habitat para fauna, área florestada, pastagem ou ,até mesmo ser reincorporada ao processo agrícola produtivo.

Alguns procedimentos deverão ser utilizados, independente do processo que atue na formação das voçorocas

### **7.1 Isolamento da área de contribuição**

O objetivo desse procedimento é eliminar os fatos que contribuem para a concentração de água na bacia de captação, bem como no interior da voçoroca e parar seu crescimento.

Alguns exemplos de que se deve fazer:

- Migrar os animais do local onde está ocorrendo a formação da voçoroca
- Máquinas e veículos devem ser evitados na área afetada
- A atividade agrícola sem práticas conservacionistas no entorno da voçoroca
- Atividades extrativistas
- A localização de estradas e caminhos que direcionem as águas da enxurrada para a voçoroca, etc.

Outro fator importante é manter sempre que possível, o acesso de pessoas e animais perto das voçorocas, principalmente dependendo do tamanho, fazendo cercas de arames, numa distância aproximada de 2m e o plantio de espécies arbustivas e arbóreas para aumentar o controle de acesso ao local afetado.

### **7.2 Controles da erosão na bacia de captação de água da voçoroca**

É um procedimento que visa executar práticas mecânicas e vegetativas tanto na montante como nas laterais para desviar o fluxo de água que cai em seu interior.

Pode ser feito e obter algum sucesso com sistemas de terraceamento, canais escoadouros, bacias de captação de água, cobertura vegetal com espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas; instalação de paliçadas de bambu e sacos de terra e também a implantação de cordões vegetados.

### **7.3 Drenagens da água subterrânea**

Quando o lençol freático é atingido pela voçoroca, uma mina subterrânea aparece e só com o controle da mesma, sendo captada e conduzida para fora da voçoroca até um leito correto de drenagem, que pode ser dreno de pedra ou feixes de bambu que impedirá de o aumento ou o surgimento da voçoroca.

### **7.4 Construções de barreiras artificiais e/ou naturais do interior da voçoroca**

Pensando em evitar a erosão da subsuperfície da voçoroca provocada pela infiltração da água e ajudar na retenção dos sedimentos carregados é preciso construir barreiras que funcionem como pequenas barragens

Podem ser feitas com bambu, sacos de terra, madeira, pedras, galhos e troncos de árvore. Caso apareça água subterrânea deve ter cuidado ao tentar drená-la ou deixá-la com drenagem livre ao se construir os obstáculos.

### **7.5 Vegetações da voçoroca e área de contribuição**

O tamanho, a largura e a profundidade da voçoroca irão contribuir para a escolha das espécies vegetais a ser utilizadas na vegetação das voçorocas, a viabilidade econômica e da utilização futura para fins agrícolas ou civis.

Caso a voçoroca não for muito grande, os benefícios futuros compensaram o investimento. Recomenda-se a recuperação de sulcos, ou seja, tapar a voçoroca com terra, recuperando a área e incorporando-a novamente ao processo produtivo.

## 8 CONCLUSÃO

Esta monografia tem por objetivo analisar o fenômeno da Voçoroca.

As *voçorocas* se constituem na forma de erosão mais severa, origem da degradação dos solos agrícolas, com repercussão na produtividade, causando assoreamento de rios e reservatórios, comprometendo a navegabilidade e a geração de energia elétrica.

Devido ao aumento intensivo do desmatamento e das queimadas, tem crescido, assustadoramente, o número de *voçorocas* em todo o território brasileiro, com perdas sensíveis de áreas agrícolas que, antes, eram produtoras de alimentos ou de pastagens.

Em função do alto grau de erodibilidade de alguns tipos de solos, a simples retirada da mata (cobertura vegetal) que protege o terreno, facilitando a ação direta da água da chuva, ocasiona a formação de *voçorocas*. A deficiência de conhecimentos tecnológicos, por parte dos agricultores, pecuaristas, lenhadores, carvoeiros e outros usuários, tem contribuído para que os terrenos com *voçorocas* aumentem demasiadamente.

O controle de *voçorocas* é uma operação de custo elevado. Normalmente, o usuário que concorre para a formação da voçoroca ignora que, em conservação dos recursos naturais, é sempre mais econômico preservar do que restaurar.

O controle da Voçoroca consiste em realizar a sua estabilização ou evitar que cresça, tanto em largura como em profundidade. Quando possível, a primeira medida a ser adotada é o desvio do fluxo de água que está ocasionando a voçoroca, para impossibilitar o seu aumento. Se essa providência não for realizável, deverão ser adotados processos que controlam a velocidade e o volume da água que escorre sobre a garganta. Há situações em que é possível a construção de um terraço tipo murundu – canal com um camalhão ou dique bem alto. A finalidade desse terraço é desviar a água que escorre da área superior à parte inicial da voçoroca e é chamado terraço-de-dispersão.

A fim de evitar a entrada de animais na área da voçoroca é indicado que ela seja devidamente cercada. Se a declividade da área da voçoroca, por onde escorre a água, não é forte, pode ser adotado o plantio de grama com septos-de-capim, intervalados, com o objetivo de reter a velocidade da enxurrada, evitando que a voçoroca aprofunde.

Normalmente, o controle da voçoroca compreende o estudo e a análise de toda a bacia de captação da água que escorre para o local erodido.

## 9 REFERÊNCIAS

Anexo Temático nove – Conservação da Natureza – Parte 4 - Erosão. Bibliografia  
 CARVALHO, M.M. Recuperação de pastagens degradada da s. Coronel Pacheco:  
 EM BRAPA-CNPGL, 19 93. Cinco 1p. (EMBRAPA-CN PGL. Documentos, 55)  
 COUTINHO, M.A; ANTUNES, C.R.;

BARCELLOS, A. de O. Recuperação de pastagens degradadas. Curso de Formação e  
 Manejo de Pastagens. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1 99 0. s.n.t. (EMBRAPA-CPAC),  
 (Série Treinamento).

BATISTA, Fernanda. Origem e formação do solo. Universidade Unigranrio, 2008. Disponível  
 em:<[http:// www.coladaweb.com/geografia/o-solo](http://www.coladaweb.com/geografia/o-solo)>. Acesso em 30 de maio, 2011.

COUTINHO, M.A; ANTUNES, C.R. Anexo Temático 9, Conservação da Natureza, **Erosão**.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Degradação ambiental**. In: GUERRA, A. J. T.;

CUNHA, E. S. B.(Org.). *Geomorfologia e meio ambiente*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand  
 Brasil, 2000. p. 337-379.

DOMINGOS, Luiz Carlos. Terra Planeta Vivo, 2000. Disponível em:

<<http://www.domingos.home.sapo.pt>> Acesso em 30 de Maio, 2011.

DUARTE, Vânia. Processos Erosivos,2008. Disponível em:

<<http://www.webartigos.com/articles/9149/1/-Processos-Erosivos/pagina1.html#ixzz1PxS9ttS8>>Acesso em 17 de junho, 2011.

FERRAZ, Rodrigo.;DONAAGEMMA,Guilherme.;ROSSI,Celeste.Fundamentos de  
 Morfologia,pedologia,física e químicos do solo de interesse no processo de Recuperação de  
 Áreas Degradadas.capitulo 2.São Paulo,sem data.

FERREIRA, Ana Lúcia. Embrapa Agrobiologia, 2010. Embrapa Informação Tecnológica.  
 Disponível em:<<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2006/setembro/foldernoticia.2006-09-06.0264524423/noticia.2006-09-20.4296050771/?Searchterm=voçorocas>>

FRANCISCO, São. Perfil do Solo [S.I]. Ache tudo região, 2010. Disponível em

<<http://www.achetudoregiao.com.br/ANIMAIS/solo.htm>. Acesso em 17 de maio, 2011.

FREITAS, Eduardo. Tipo de solo [S.I]. Equipe Brasil Escola, 2009. Disponível em <<http://www.brasilecola.com/brasil/tipos-de-solo-brasil>>. Acesso em 27 de junho

GUERRA, A. J. T. e BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. **Erosão dos solos**. In: *Geomorfologia do Brasil*. S.B. da CUNHA e A. J. T. GUERRA (orgs.). Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1998, pp. 181-227.

GUERRA, A. J. T. **O início do Processo Erosivo**. In: *Erosão e Conservação dos Solos - Conceitos, Temas e Aplicações*. A. J. T. GUERRA; SILVA, Antônio Soares e R.G.M. BOTELHO (orgs.). Rio de Janeiro, Editora Bertrand Brasil, 1999, pp. 15-55.

GUERRA, A. J. T. **Processos Erosivos nas Encostas**. In: *Geomorfologia – Uma Atualização de Bases e Conceitos*. S.B. da CUNHA e A. J. T. GUERRA (orgs.). Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 201, 4ª edição, pp. 149-209.

HENRIQUE, Paulo. Solos.Portal do Estudante,2011.

Disponível<<http://portaldosestudantes.cjb.net>>.Acesso em 17 de junho, 2011.

LEPSCH, I.F. Formação e Conservação dos Solos. São Paulo: Oficina de Textos. 2002.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3. ed. ver. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. viii + 65p. SALLES, Ignez Helena Fabiano. Conceitos de geografia Física. 2ª Ed. São Paulo: Ícone, SOUZA, Carolina. Uso e manejo do solo,pesquisa científica,2011. Disponível em: <http://www.ige.unicamp.br/pedologia/aula%20manejo%20do%20solo.carol.pdf> 1997.

SALLES, Ignez Helena Fabiano. **Conceitos de geografia Física**. 2ª Ed. São Paulo: Ícone, 1997.

SILVA, Cleber. Solos, lixiviados.2006.Disponível<<http://www.acquaticos.blogspot.com>,2011

TEIXEIRA, Ricardo, Sociedade de defesa, Pesquisa e Educação Ambiental, maio, 2002. .

VITOURS, Grupo. Como ocorre a erosão;2009.