

Mecanismos de funcionamento e evolução dos processos erosivos: uma base para a compreensão da erosão em encosta subtropical.

1. Generalidades.

A construção do presente trabalho vai de encontro a um projeto de maior amplitude, que está sendo desenvolvido no município de Guarapuava-PR, Brasil (figura 1), que tem por objetivo, compreender a relação existente entre o pisoteio causado pelos rebanhos bovinos e, a ocorrência acelerada e permanente das feições erosivas.



Mapa de localização do Município de Guarapuava.

Fonte: Prefeitura Municipal de Guarapuava, 2004.

Grande parte da degradação do solo é decorrente de práticas de uso e manejo inadequadas, pois mesmo sendo a erosão um processo natural, fortemente ligada a fatores ambientais como, relevo, tipo de solo, clima, vegetação, regime das chuvas, etc; são geralmente compreendidos como consequência das atividades humanas não planejadas, que alteram o balanço natural do meio, desencadeando uma série de problemas, tanto de ordem ambiental, como social.

Desta maneira, as diversas formas e evolução das feições erosivas, decorrentes da ação da água das chuvas, assim como seus fatores de influência, será o objetivo principal do trabalho, aqui descritas, são encontradas e fazem parte da paisagem na encosta Lã Cabaña (área de estudo). A relevância deste trabalho esta na busca de alternativas para a amenização e controle da erosão, que passam, necessariamente por um amplo entendimento de seus processos, observados a partir de suas inter-relações. Assim entender os processos de instalação e evolução das feições erosivas, além de ajudar a controlá-los, pode vir a evitar que o fenômeno assuma proporções de difícil reversão, geralmente cercada por altos custos financeiros.

Ainda hoje, em muitas regiões, praticam-se métodos irracionais de produção com o uso de queimadas, pastoreio intensivo e derrubada de matas. É também, cada vez maior a destruição da cobertura vegetal natural, a qual é u, entre outros. No caso da derrubada da cobertura vegetal seja, arbórea, arbustiva ou de gramíneas, o impacto pode ser imensurável, pois envolve não apenas a instalação e aceleração dos processos erosivos, mas também a quebra do equilíbrio ecológico.

Guerra e Mendonça (2004) destacam que, mesmo com de uma grande quantidade de trabalhos realizados em torno desta problemática, a questão ainda está longe de ser resolvida. Salientam ainda, que a erosão em algumas áreas agrícolas, assume um nível tão elevado de degradação, reduzindo drasticamente a produtividade, tornando-se comum, dependendo da gravidade e extensão do caso, a agricultura cessar suas atividades, dando muitas vezes lugar à pecuária extensiva.

Estes graves casos de perda de fertilidade e, produtividade conseqüentemente, do solo, foram responsáveis pela decadência de regiões de destaque no cenário agrícola nacional.

Esta afirmação assume ainda maior solidez com o trabalho de Mafra e Botelho (1991), sobre as causas e conseqüências da degradação das terras no município de Vassouras-RJ. Salientam que na região, a vegetação natural foi completamente alterada, devido à cafeicultura desenvolvida no passado, com práticas nada conservacionistas, como queimadas, plantio morro a baixo, não recomposição dos nutrientes do solo; são responsáveis pela insustentabilidade da atividade. Com o declínio da cafeicultura, restaram recobrando as encostas pequenos fragmentos secundários de vegetação e extensas áreas, cerca de 90 % da região, cobertas por gramíneas, usadas como pastagem, em virtude de atualmente a cidade dedicar-se a atividades agropastoris, que devido o superpisoteio, marcam a paisagem com profundos ravinamentos e um elevado número de voçorocas.

É evidente, que as atividades humanas são as grandes responsáveis pelo elevado estado de degradação em que se encontram os solos de algumas regiões do Brasil. Santos, Chang e Celligoi (2003), destacam que o homem está afetando de maneira negativa a natureza, a partir de suas práticas de trabalho, desde épocas primitivas, mas que somente no séc.XX, é que esta interferência foi sentida e notada de maneira mais efetiva.

Tal fato ocorre, por que nossa sociedade atingiu, principalmente nas décadas seguintes ao pós-guerra, índices de desenvolvimento tecnológico, consumo e contingente populacionais, como jamais vistos em toda sua história evolutiva. Assim, as formas de trabalho, uso e ocupação da terra, tornaram-se o reflexo das posturas e diretrizes assumidas por esta sociedade, cujas decisões acabam tendo forte influência no aumento das feições e focos de acelerada degradação ambiental.

Para observarmos o quanto é complexo argumentar sobre a erosão, em virtude da grande gama de fatores de influência, os quais devem ser analisados entendidos e interpretados conjuntamente, Guerra e Mendonça (2004), dissertando sobre os casos de degradação ambiental no município de Sorriso-MT, conectam além de fatores como textura do solo, regime das chuvas concentrado nos meses de verão, vegetação, etc; como principal responsável pelo quadro do município, a rápida e crescente ocupação demográfica, povoada basicamente por imigrantes do sul do país, os quais trazem consigo uma cultura do desmatamento.

A estreita ligação entre a retirada da vegetação nativa e problemas ambientais, é muito bem associada pelas colocações de Bragagnolo (1991), destacando que no final dos anos 1800, 84% dos limites do Estado do Paraná eram recobertos por vegetação nativa;

reduzida no início dos anos 1990, para apenas 5%, chegando à região noroeste a 2%, região esta, que apresenta os mais complexos focos erosivos do estado.

Desde o início da ocupação do território paranaense, não se teve uma preocupação na manutenção e preservação dos solos destinados para a agricultura, desta forma, não criou-se nos agricultores preocupações conservacionistas, visando o futuro, trazendo graves problemas principalmente ao noroeste do estado. Como as fronteiras agrícolas do Paraná já se encontra nos seus limites máximos, a preservação e conservação tornam-se o fator de garantia da continuidade da produção agrícola, possibilitando melhores condições sociais e econômicas para todo o estado (BIGARELLA E MAZUCHOWSKI, 1985).

Para estes mesmos autores, é a partir da união de informações e conhecimentos, até então levantados, que se poderá definir formas de uso e ocupação do solo de maneira mais racionalista, sustentada na manutenção do ecossistema, que para isso, claras e definidas linhas devem ser traçadas, redirecionando as relações vigentes da atual sociedade com o meio ambiente. (BIGARELLA E MAZUCHOWSKI, 1985).

Para Bertoni e Lombardi Neto (1990), a utilização irracional que vem se dando aos recursos naturais, por exemplo, reflete em sérias conseqüências. Ao derrubar a floresta nativa, grandes faixas de solo perdem sua fertilidade pela erosão e desgaste, em função da intensificação de sua exploração, a fauna é reduzida, assim como a água, que além de aflorar em menos quantidade na superfície, perde sua qualidade.

Os sedimentos erodidos representam geralmente a parte mais fértil do solo, contêm a maior parte da matéria orgânica, assim como fertilizantes, corretivos e até pesticidas aplicados pelos produtores. Quando transportados e depositados no leito dos rios, causam o assoreamento destes, diminuem sua vazão, aumentando o risco de enchentes. Isso contribui para a poluição, pois resíduos de fertilizantes e pesticidas contaminam a água, diminuindo a população de peixes, podendo também afetar a saúde da população urbana que depende dessa água (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1990). Este é mais um ponto importante para a realização dos estudos na encosta Lã Cabaña, em virtude desta estar dentro dos limites do manancial de abastecimento do município de Guarapuava, a bacia hidrográfica do rio das pedras, que em devido sua fragilidade, levou a elaboração de um amplo projeto de proteção e manejo no ano de 2004.

Bigarella e Mazuchowski (1985), afirmam que as atividades humanas intensificam os processos morfogenéticos, ganhando mais destaque, a erosão ocasionada pelo escoamento superficial difuso e concentrado. Desta forma a morfogênese supera a pedogênese, tendo início a forma mais acelerada de degradação o ambiente.

2. Fatores potencializadores/controladores da erosão.

Como já foi dito anteriormente, a procura de soluções para o problema da erosão parte inicialmente pelo entendimento geral, desta forma seus fatores contribuintes, que mesmo muitas vezes não podendo ser diretamente mudados, podem ser controlados e amenizados. Assim antes de passarmos a descrição das etapas evolutivas do processo erosivo, se faz necessário uma breve discussão sobre os fatores contribuintes/controladores, tendo em vista que estes, como lembra Guerra (1995), são os que determinam as variações das taxas de erosão.

2.1 A chuva e a sua erosividade.

Talvez seja a chuva um dos fatores climáticos de maior importância na erosão do solo. A forma, tamanho e velocidade das gotas, imprime uma relação direta com a erosão, seu tamanho é bastante variável, não ultrapassando 7mm e durante a queda, o atrito com o ar e as mudanças de pressão, mudam seu formato, que geralmente não é esférico. Neste

contexto é importante destacar, que uma gota ao cair de uma nuvem de altitude bastante elevada, não significa que sua velocidade ao tocar o solo seja maior, justamente pelo atrito, que além de modificar seu formato pode vir a dividir as gotas, principalmente as maiores que 5 mm(BERTONI E LOMBARDI NETO,1990).

Como cada evento pluviométrico é distinto, Guerra (1999) aponta que algumas questões devem ser observadas na investigação das potencialidades erosivas da chuva, como quantidade, tempo e energia cinética, por exemplo. Assim, ter o total precipitado e o tempo de duração do evento são dados primordiais, a associação destas duas grandezas determina a intensidade, que por sua vez, imprime uma relação direta com a energia cinética, que é o total de energia de uma chuva (BERTONI E LOMBARDI NETO,1990).

Na visão de Bigarella e Mazuchowki (1985), as chuvas de alta intensidade têm mais sucesso no que se refere à ruptura da estabilidade dos agregados. As chuvas torrenciais possuem forte ligação com a erosão dos solos, pois prepara o material a ser transportado pelo escoamento superficial. Guerra (1995) acrescenta ainda, que a intensidade da chuva, tem papel importante nas taxas de infiltração, podendo exceder o limite da capacidade de infiltração do solo.

Freire *et al* (1991) classificam a erosividade da chuva, como a responsável por 90% das variações de perda de solo em um local. Observaram também, no município de Presidente Prudente-SP, que a maior amplitude da erosividade da chuva, é referente aos meses de novembro, dezembro e janeiro, espaço de tempo compreendido ao período de plantio das culturas, momento em que o solo se encontra mais exposto aos efeitos mecânicos da chuva.

2.2 Solo.

Guerra e Mendonça (2004), destacam que o solo é formado a partir da interação de vários processos, tanto geomorfológicos quanto pedológicos, que refletem significativas variações de tempo e espaço, por isso, é importante sua abordagem como sistemas abertos, devido suas dinâmicas de ganha e perda de energia e matéria.

As características do solo, a partir de suas propriedades, torna-se um fator de muita relevância na compreensão da erosão, pois aliada a outros fatores, determina a maior ou menor susceptibilidade ao processo erosivo. As principais propriedades são: textura, teor de matéria orgânica, densidade e porosidade e, estabilidade dos agregados (GUERRA, 1995).

A textura de um solo é dada pela quantidade e tamanho das partículas que o compõem. Sua organização e arranjo dependem diretamente do material de origem e dos agentes formadores. Em geral, os solos com maiores porcentagens da fração argila, são mais resistentes ao efeito mecânico das chuvas, mas por outro lado, apresentam uma pobre drenagem, favorecendo a instalação do escoamento superficial. Solos com altos teores das frações areia possuem uma boa infiltração, o que os deixa mais vulneráveis ao processo de lixiviação. Estes também apresentam uma menor estabilidade dos seus agregados, sendo solos mais friáveis (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1990).

A matéria orgânica garante melhor manutenção da vitalidade do solo, atuando como um elemento cimentante, garantindo agregados mais resistentes e coesos, potencializa as taxas de infiltração e umidade. É originada pela própria decomposição de restos de plantas e animais. Guerra (1995) atribui as atividades humanas, em especial a agricultura, à diminuição de suas taxas no solo, tendo reflexo na mudança de outras propriedades do solo, a partir da perda de estabilidade dos agregados.

Já a porosidade, atua como reguladora direta da permeabilidade de água, facilitando ou dificultando sua movimentação no interior do solo. Geralmente, a porosidade vai

diminuindo, de acordo com a elevação da profundidade do perfil do solo, por seu maior adensamento, assim, sua percolação é facilitada, nos horizontes mais superficiais.

Guerra (1995) apresenta uma interessante relação entre o aumento da densidade e, conseqüente diminuição da porosidade, relacionada com a diminuição nos teores de matéria orgânica no solo, ficando este, fadado à formação de crostas e compactação. Associa ainda, menos quantidade de matéria orgânica e elevação da densidade do solo, as atividades agrícolas, em virtude do intensivo uso do maquinário.

A compactação aumenta a densidade e também sua resistência mecânica do solo, mas diminui a quantidade, tamanho e continuidade dos poros. Isso potencializa o aparecimento de crostas, regiões endurecidas, diminuindo a quantidade de água, a capacidade de decomposição dos resíduos orgânicos, as culturas podem ter variação no tamanho, o sistema radicular surge deficiente, raso e horizontal e, por fim, pouca emergência de plantas (DIAS JUNIOR, 2000).

A partir disso, podemos fazer uma comparação com os problemas que estão se desencadeando na costa Lã Cabaña, em virtude do contínuo pastoreio, que já foram apuradas nos trabalhos de campo. Como a encosta é recoberta por gramíneas, o rebanho ao pisar na superfície, tem sua energia mais facilmente assimilada e absorvida no horizonte A, em virtude de suas próprias características e presença da vegetação. Mas o horizonte B, localizado a poucos centímetros da superfície, mais úmido e argiloso, não absorve tal impacto com a mesma facilidade, sofrendo um adensamento; isso por sua vez, dá origem, ao que podemos chamar de processo em cadeia. Com o adensamento do horizonte B, as raízes dos vegetais encontram dificuldade em penetrá-lo, não conseguindo absorver as quantidades ideais de água, afetando seu crescimento, pouca aeração, desregulando as taxas de infiltração de água e umidade no solo, prejudica a recarga subterrânea, revertendo em um rebaixamento freático e potencialização do escoamento superficial.

Outra série de problemas pode vir a surgir, principalmente quando um marcante ravinamento começa a se desencadear na paisagem, formando um caminho preferencial ao escoamento superficial, que pode vir a evoluir e assumir características permanentes, como está acontecendo na encosta Lã Cabaña, em um ponto de convergência de fluxos e ruptura de declive, onde uma interpretação preliminar sugere ser o ponto onde o escoamento superficial atinge sua máxima energia.

Bertoni e Lombardi Neto (1990) acrescentam ainda, que mesmo com um sistema radicular e de hastes bastante eficiente no controle da erosão, reduzindo a intensidade da chuva e com seu poder de agregar as partículas do solo, dificultando sua remoção pela água, muitas pastagens vêm sofrendo com o excessivo pastoreio e, sua recomposição natural é lenta, principalmente se o rebanho permanece sobre a área. Além do adensamento do pisoteio, uma má organização do manejo como, utilização cedo da área e incorreta alocação do rebanho, também contribuem para sua degradação. Os efeitos do excessivo pastoreio passam por reduções na qualidade das plantas, refletindo em gradativo declínio até atingir a morte da cultura, aflorando faixas desprovidas de vegetação, acelerando a erosão laminar tornando o solo cada vez mais infértil.

2.3 Morfologia do terreno.

De acordo com Bigarella e Mazuchowski (1985) a intensidade do escoamento superficial está relacionado com a sua velocidade, que é variável, por vários fatores. Em vertentes de maior gradiente, a força gravitacional potencializa o processo, sendo justamente da velocidade das águas do escoamento, que depende a capacidade e a quantidade de sedimentos a ser transportados. Os autores destacam ainda, que a erosão

acelerada atua de forma mais efetiva nas vertentes de maior dissecação, as com predominância de textura arenosa, àquelas utilizada pela agricultura de modo inadequado e as desprovidas de vegetação.

O comprimento das encostas e a sua influência na erosão é um fator complexo de ser avaliado, pois o tipo de solo, assim como a declividade do terreno também influencia nos índices erosivos. Alguns pesquisadores destacam que o escoamento superficial diminui de acordo com o aumento do comprimento das vertentes. Por outro lado, a grande maioria dos trabalhos aponta que os fluxos hídricos elevam-se em velocidade e quantidade em virtude de um maior comprimento do terreno (GUERRA, 1995).

Ayres (1936) *apud* Bertoni e Lombardi Neto (1990), apresenta importantes informações referentes à declividade e comprimento das vertentes, sendo que a velocidade da água varia de acordo com a raiz quadrada da distância vertical por ela percorrida, e a sua energia cinética é o quadrado da velocidade.

Para Bertoni e Lombardi Neto (1990), o comprimento é fator de influência na velocidade do escoamento. De acordo com o aumento do comprimento percorrido pela água, progressivamente o volume da enxurrada é elevado, assim como sua velocidade. Geralmente, quanto mais comprida for a rampa, maior será o acúmulo da enxurrada e sua energia, conseqüentemente proporcionando elevação das taxas de erosão. Os autores também apresentam uma tabela de dados, de onde podemos concluir que, em terrenos com declividade entre 6.5 e 7.5 % e, com índices pluviométricos na casa dos 1300 mm/ano, com a elevação do comprimento, há maior perda de solo e menor de água. Diante disso, o que ocorre é que com a elevação do comprimento da vertente, há um melhor aproveitamento da água pela infiltração, porem o restante que escoar adquire gradativamente mais velocidade, potencializando sua energia e a erosão conseqüentemente.

A topografia muitas vezes é condicionante para as formas de uso e ocupação das terras, que refletem em degradações do ambiente. Os estudos desenvolvidos em campo nos têm mostrado, a realização de uma prática comum, que infelizmente não é vista apenas em Guarapuava-PR. Observa-se que nas áreas destinadas ao cultivo agrícola, as terras de topografia mais suave, são constante e incessantemente exploradas por tais atividade, e aquelas que apresentam maiores limitações no cultivo, principalmente no que tange a preparação do terreno pelo maquinário, como áreas de grande declive, topo de morro e locais de drenagem baixa, como banhados, são destinadas para a criação de bovinos ou silvicultura com espécies exóticas. Estes pontos, que frente a sua importância na manutenção do equilíbrio ecológico e fragilidade e ambiental, deveriam estar mantidos em preservação constante com a manutenção da vegetação nativa.

2.4 Vegetação.

Ao se falar em controlar a erosão acelerada, estabilizar encostas, evitar enchentes, melhorar a quantidade e a qualidade de água, garantir a sobrevivência da fauna, melhorar a qualidade do ar em um dado local, entre outras, para seu sucesso dependem de uma manutenção e/ou recuperação/recomposição da vegetação nativa. A partir disso, gradativamente se restabelece um equilíbrio natural muito próximo das configurações de outrora.

Os fatores ligados à cobertura vegetal podem interferir de diversas formas na problemática erosiva, dependendo do tipo de vegetação, sua especialidade, que reflete entres outros fatores, uma redução da energia cinética da chuva, sua contribuição para a formação de húmus e seu efeito direto na manutenção da estabilidade dos agregados (GUERRA, 1995).

Guerra (1995) desta ainda que a densidade da vegetação atua diretamente sobre a remoção de sedimentos, uma alta densidade vegetal reduz as ações do efeito erosivo. Já em áreas parcialmente cobertas, o escoamento superficial e as perdas de solo, elevam-se rapidamente. Para o autor essas rápidas perdas, podem ser associadas a solos com menos de 70% de cobertura, geralmente em áreas semi-áridas, agrícolas e com excessivo pastoreio.

Em resumo, a vegetação atua como a defesa natural do solo contra a erosão, protege o solo interceptando as gotas de chuva, sua decomposição agrega matéria orgânica, reduz o escoamento superficial, eleva os índices de infiltração, mantém constante a umidade do solo, etc., (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1990).

Para Bigarella e Mazuchowski (1985), a alta fertilidade dos solos paranaenses, favoreceu a destruição da vegetação nativa e, que a erosão começou a assumir proporções preocupantes após mudanças na cobertura vegetal local, frente às mudanças físicas ocasionadas no solo. Destacam que os menos de 5% da mata nativa restante no Paraná encontram-se em freqüente ameaça, por interesses políticos diversos, especulação imobiliária, falta de disseminação da importância da preservação, etc.

Ilustrando melhor a importância da vegetação para a manutenção do equilíbrio ecológico, usaremos os estudos de Maack (1968) citados por Bigarella e Mazuchowski (1985), que, estudando a vazão de água no norte do Paraná, nas proximidades de Londrina, observou que a vazão de uma área florestada no ano de 1934 era de 800 mil litros por dia, elevando-se no mesmo ano para 1,2 milhões/litros/dia, após a derrubada da mata. Passando nos anos de 1940 para 1 milhão de litros/ dia e 1948 500 mil litros/dia, respectivamente. Os dados mostram que a elevação da vazão nas fontes, em um primeiro momento, logo com a derrubada da mata, é consequência da inexistência de raízes retendo água no subsolo. Em seguida, os índices decaem alarmantemente em virtude do desequilíbrio causado pelo desmatamento da mata nativa (MAACK, 1968 *apud* BIGARELLA E MAZUCHOWSKI, 1985).

3. Início e evolução das feições erosivas.

Agora, passaram a ser descritos os diversos estágios evolutivos que configuram e desencadeiam o processo erosivo. Inicialmente se falará do efeito “*splash*” ou erosão por salpicamento, que ocorre a partir do contato da gota de chuva com o solo, desintegrando os agregados do solo e exprimindo uma energia na superfície que se reverte em uma compactação da mesma, dificultando a infiltração da água, que passa a acumular-se nas irregularidades microtopográficas do terreno, formando pequenas poças. Com a continuidade da precipitação, as poças atingem seu limite máximo de armazenamento, passando a conectar-se umas com as outras, dando início ao escoamento superficial, que ocorre de maneira difusa primeiramente, passando para concentrado, formando pequenos filetes/ravinas no solo, que com a continuidade do processo, tornam-se cada vez mais marcantes, avançando o estágio erosivo, que tende a evoluir ainda mais tomando uma postura permanente na paisagem e de difícil reversão, chamado de voçoroca, limite máximo de instabilidade e mais degradante do processo erosivo. Todos estes passarão a ser apresentados cada qual com suas particularidades.

3.1 O efeito “*splash*” e a ruptura dos agregados.

Resultante do impacto da gota de chuva no solo, tal fenômeno promove a desestabilização dos agregados e está intimamente ligado com a energia cinética. Ao colidir na superfície a gota de chuva, desintegra e também transporta, por salteamento, as finas partículas do solo, que em geral depositam-se nos espaços porosos entre os agregados, prioritariamente a jusante como destacam Guerra (1995) e Bigarella e Mazuchowski

(1985), dificultando a infiltração. Guerra(1995) argumenta ainda que o processo do efeito “*splash*” é responsável por altas taxas de remoção de material, mas com baixo poder de transporte.

De acordo com Bigarella e Mazuchowski (1985), o impacto das gotas de chuva sobre o solo e o seu poder de romper os agregados para facilitar o transporte, varia muito de acordo com o tamanho e intensidade do evento, pois chuvas leves que caem em solo seco, têm seu impacto enfraquecido, praticamente não proporcionando ruptura dos agregados. Mas por outro lado, gotas maiores têm velocidade e impacto mais acentuados, sendo sua ação mais marcante sobre os agregados, principalmente em solos umedecidos.

Além da desagregação de material ocorre concomitantemente uma compactação da superfície, formando uma crosta que tende a diminuir rapidamente a capacidade de infiltração do solo, sendo a área compactada proporcional ao tamanho da gota (BERTONI E LOMBARDI NETO,1990).

A formação de crostas no topo do solo acaba aumentando sua resistência frente ao impacto das gotas de chuva, potencializando desta forma o escoamento superficial e o transporte de sedimentos. Quando o topo selado pelas crostas, encontra-se extremamente seco, ao ponto de formar rachaduras, é a única situação em que a infiltração é maior que o escoamento superficial (GUERRA,1999).

Com os agregados desestruturados e a compactação da superfície, ocorre um selamento da mesma. Como a infiltração da água é comprometida, ela começa então a acumular-se nas pequenas depressões do terreno, formando poças. De acordo com Guerra, (1999) após atingirem sua capacidade máxima de retenção, ou romper a parede das bordas, essas pequenas poças passam a unir-se entre si, dando início ao escoamento superficial.

3.2 Escoamento superficial-difuso.

Basicamente, ocorre por dois motivos principais, o primeiro dele quando a intensidade da chuva é maior que a capacidade de absorção do solo ou, quando este já se encontra em seu limite máximo de absorção, ou seja, saturado. A partir disso tem início o escoamento superficial, dando nova característica à dinâmica erosiva, passando de uma fase basicamente de remoção, para uma de transporte e remoção.

Para Bigarella e Mazuchowski (1985) existe uma força crítica de atração, bem como uma velocidade crítica do fluxo, para que a partícula se movimente, essa velocidade é a menor requerida para que uma partícula de determinado tamanho se movimente durante o escoamento, que depende da densidade da água, do coeficiente de fricção entre a partícula e o leito do canal, do coeficiente de arraste, que depende do tamanho da partícula e do seu raio. “Uma vez colocada em movimento, a partícula será transportada, e, entrará novamente em repouso quando atingida a velocidade crítica de deposição. Esta é aproximadamente dois terços inferior àquela de erosão para a mesma partícula” (BIGARELLA E MAZUCHOWSKI, 1985. p.97).

Inicialmente desencadeia o que é conhecido na literatura como erosão laminar ou escoamento difuso, ou como coloca Guerra (1999) desce a encosta sem muita orientação. Porém é responsável pelo desgaste das camadas superficiais do solo, as mais férteis.

Durante a atuação da erosão laminar, há uma progressiva e sucessiva remoção das finas partículas do solo. Sofrendo as formas microtopográficas um ataque lateral, em virtude da turbulência do escoamento, gerando conseqüências bastante danosas se não observadas e sanadas a tempo (BIGARELLA E MAZUCHOUWKI 1985).

3.3 Ravinas- instalação e evolução.

Gradativamente ao ir atingindo as partes mais baixas do terreno, a energia da água vem sendo potencializada, a desagregação de materiais torna-se possível, justamente por atingir o que Guerra (1999) define de “distancia critica” do topo da encosta, quando o fluxo tende a ficar mais uniforme, mas ainda em um estágio inicial, tendo grandes chances de ser revertido. Para Camargo, Camargo Filho e Mascarello (2004), este ponto o escoamento está concentrado ainda nas microdepressões do terreno, que tende a ficar cada vês mais turbulento, em virtude do aumento volume do fluxo, que pode ocorrer com a intensificação do evento pluviométrico ou em função da elevação do gradiente da encosta.

Com isso surge o que Guerra (1999) chama de desenvolvimento de fluxo linear, “*flowline*”, quando escoamento deixa de fluir de forma aleatória ao longo da encosta, seguindo por pequenos filetes, onde a profundidade do fluxo aumenta e a sua velocidade diminui como conseqüência da maior rugosidade no interior do canal, a velocidade do fluxo também decai, em função do maior número de partículas transportadas. O autor segue argumentando que uma maior quantidade de partículas no interior do fluxo linear, ocasiona o choque destas com o fundo do canal, desagregando mais sedimentos, elevando processo erosivo do pequeno canal. Destaca ainda que é possível a observação de pequenos depósitos aluviais em conseqüência da diminuição da intensidade da chuva ou menos inclinação.

Nestes filetes, Bigarella e Mazuchowki (1985) afirmam que o material mais leve é transportado por suspensão e o grosseiro por arraste ou saltação e a sedimentação que ocorre com a diminuição da energia do fluxo é formada basicamente pelos materiais de granulometrica mais grosseira. As finas como a argila e o silte, por serem mais leves, não necessitam do dispêndio de elevada energia para o seu transporte, que pode ocorrer com fluxos extremamente lentos, por isso atinge os canais fluviais com certa facilidade, dando a estes um aspecto turvo e barrento.

Na visão de Guerra (1999) após a instalação do fluxo linear, desenvolve-se o que o autor classifica de terceiro estágio na hierarquia evolutiva do processo erosivo das ravinas, que são as microravinas, canais bastante pequenos, porem bem definidos. No interior desses canais o processo de sedimentação o torna mais irregular ampliando a instabilidade do fluxo que fica com maior turbulência, elevando a erosão, podendo dar início a formação de pequenas cabeceiras nas ravinas em formação, como algumas poças acima desta.

Com formação das microravinas com cabeceira, estamos entrando na quarta fase evolutiva na a formação de ravinas. O surgimento destas feições está ligado à sedimentação. Neste ponto o processo erosivo parece estar alcançando um equilíbrio dinâmico e a deposição que ocorre abaixo das cabeceiras, reflete que a produção de sedimentos, formada a partir do recuo das cabeceiras, mostra uma incapacidade de transporte do fluxo. Com as cabeceiras instaladas cria-se um ambiente propicio para o alargamento das feições formando pontos de ruptura que por sua vês geram bifurcações, marcando o quinto estágio erosivo na formação de ravinas, pois tais locais propiciam uma ampliação do canal (GUERRA, 1999).

De acordo com Bigarella e Mazuchowski (1985), a formação de sulcos em virtude de uma maior quantidade e concentração da água, pode ser antecipada a partir de chuvas mais intensas. Neste momento, o canal passa a ter uma evolução “[...] tanto para a jusante montante como para montante, iniciando uma dissecação vertical embrionária” p.99. Os autores destacam ainda, que esta fase erosiva é instável e de fácil eliminação com o preparo adequado do solo, mas que, se não controladas a tempo, evoluem, aprofundam-se, originando marcantes ravinas.

Guerra (1999) afirma ter uma tendência de permanentes ravinas evoluírem para voçorocas, assim, conhecer os estágios evolutivos das ravinas é fundamental, pois é o ponto inicial do escoamento superficial e, somente a partir de um amplo conhecimento é que as medidas de controle podem ser tomadas, com maior possibilidade de sucesso.

3.4 Voçorocas.

Estágio máximo do processo erosivo, definidas por Bigarella e Mazuchowski (1985) como um canal de drenagem de paredes abruptas, de fluxo constante ou periódico, com elevadas taxas erosivas. Sua cabeceira é bastante íngreme e escarpada e na maioria das vezes surgem em vertentes formadas por material inconsolidado.

Possuem características relativamente permanentes nas encostas, ocasionando instabilidade da paisagem, com fundo chato e laterais íngremes, concentrando o fluxo dos eventos pluviométricos no seu interior. Quando comparadas com nos canais fluviais, na maioria das vezes, as voçorocas são menos largas e mais profundas (GUERRA e MENDONÇA, 2004).

É na cabeceira da voçoroca, geralmente constituída de material ligeiramente inconsolidado, que ocorre uma brusca mudança do declive, em geral sob forma de degraus. Nelas o fluxo superficial ocasiona um aprofundamento do seu leito levando as paredes a uma perda de estabilidade, desabamento, movimentando sua massa degraus abaixo. Estes desmoronamentos da cabeceira são os processos responsáveis por sua rápida evolução erosiva (BIGARELLA E MAZUCHOWSKI 1985).

Bigarella e Mazuchowski (1985), argumentam que uma ampla compreensão sobre a evolução das voçorocas, se faz necessário, um conhecimento sobre o material afetado, mapear os fluxos de água nas imediações das cabeceiras, identificando como está ocorrendo seu recuo, podendo chegar desta forma a diagnósticos mais precisos, visando um melhor controle do problema.

Camargo, Camargo Filho e Mascarello (2004), observando a evolução das voçorocas na bacia hidrográfica do Rio das Pedras no município de Guarapuava-PR, tiveram como principal fator, em todas as incisões, o escoamento superficial. As voçorocas se desenvolveram nas porções das encostas que apresentavam declividades médias de 13°, alojando-se os canais mais extensos nas maiores declividades e nas vertentes mais longas, as quais com grandes áreas de contribuição potencializaram o fluxo de água e sedimentos, revertido em um elevado poder erosivo do escoamento, assumindo assim, os parâmetros morfométricos das encostas, elementos importantes para a instalação e desenvolvimento das voçorocas. Porém, concluem os autores que todas as feições erosivas, encontradas ao longo da referida área de estudos, com destaque para as voçorocas, estão única e exclusivamente ligadas ao mau uso do solo.

4. Vantagens da preservação do solo e do ambiente.

São numerosas as vantagens da preservação dos solos, mas tal atitude geralmente só passa a ser uma realidade em locais onde os processos erosivos já estão em avançado estágio de degradação (GUERRA E MENDONÇA, 2004). Bragagnolo (1991) expressa que a preservação do solo é vital para sociedade, principalmente em um estado como o Paraná, onde mais da metade dos recursos arrecadados estão ligados ao setor agrícola.

A temática erosiva deve ser vista e estudada de maneira integrada, contemplando o ponto de vista físico, assim como a parte social e humana. Pois é a ação do homem que reflete o uso do solo, e é a partir destas ações, que se deve materializar o combate e a correção dos processos erosivos. As propostas e decisões a serem tomadas, devem contemplar antes de tudo, um uso racional do solo, baseados em novas tecnologias de

exploração, que devem responder as expectativas dos produtores em termos de produção e produtividade. Desenvolvimento agrícola aliado à conservação do solo atinge efetividade quando implantado com técnicas que visem a melhoria das condições sociais e econômicas no campo (BIGARELLA E MAZUCHOUSKI, 1985).

Pesquisas tanto de cunho geomorfológico como agronômicas, já apontam uma série de medidas que podem ser tomadas pra a preservação ambiental, abolir queimadas, reflorestamentos, diminuir a erosão com a construção de diques e implantação de adequadas culturas, manutenção da vegetação e da cultura, plantio direto, agricultura orgânica, manutenção de faixas de vegetação permanentes, direcionar o escoamento das águas para áreas não suscetíveis à erosão e manter a vegetação nas margens dos rios e cortes de estrada (GUERRA E MENDONÇA, 2004).

Atitudes simples podem ter grandes reflexos pra toda a sociedade, culturas desenvolvidas em curva de nível, com plantio direto, rotação de culturas, manutenção de faixas de vegetação, refletem em menos perdas de solo, com isso os gastos com insumos agrícolas são amplamente reduzidos, pois o solo mantém-se mais tempo fértil e produtivo, gerando produtos de maior qualidade. Se a produtividade é mantida e os custos reduzidos, o montante financeiro do agricultor também será elevado, podendo este, fazer investimentos que melhorem sua qualidade de vida.

Mas o reflexo positivo de tais atitudes é sentido em todos os setores da sociedade. Tomando tais cuidados, se reduz muito as taxas de sedimentação dos corpos hídricos, amenizando os custos de o tratamento da água destinada ao abastecimento humano. A menor sedimentação do leito dos rios e manutenção das matas ciliares, evita os riscos de enchentes, que causam uma série de problemas, como inviabilizar a utilização de certas áreas, proliferação de doenças, contaminação das águas, perdas de vidas, entre outras, além do mais, há uma redução de gasto do dinheiro público.

Bragagnolo (1991), cita como uma importante prática de conservação, os trabalhos desenvolvidos no estado do Paraná, adotando como unidade de estudo e planejamento, as microbacias hidrográficas. O autor aponta que a adoção de praticas conservacionistas em 4.500.000 hectares de solo agrícola a produtividade em kg/hectar, de culturas como milho, soja, feijão, arroz e trigo, elevarem-se ente 10 e 30%, aumentando os ganhos dos produtores e a arrecadação com impostos pelo estado.

A implantação de práticas de manejo e conservação do solo deve ocorre de maneira integrada em nível de propriedade e entre propriedades, exigindo uma integração com os órgãos governamentais (BRAGAGNOLO 1991). Um bom exemplo é o trabalho desenvolvido no município de Guarapuava-PR, na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras, onde foi elaborado um amplo projeto, que passou por mapeamentos, educação ambiental, visitas às propriedades, levantamento social, formas de uso e ocupação, análises da qualidade da água, avaliação da vegetação, levantamentos dos focos erosivos, um diagnóstico completo da área. O que da mais respaldo ao trabalho, é que foi um estudo multidisciplinar, envolvendo comunidades rurais, universidade, órgãos municipais e estaduais, escolas; revertendo no ano de 2004 na publicação de livro intitulado “Proteção e Manejo da Bacia do Rio das Pedras”.

Antes de partirmos para as considerações finais, cabe destacar sobre este último item, que o sucesso das atividades de preservação, dependem de uma ampla interação da sociedade e de estudos bem detalhados que apontem resultado, pois a adoção de práticas conservacionistas reverte em melhorias não apenas nos locais de ocorrências dos focos de desequilíbrio, mas muitas vezes a longas distâncias deles e, que a tomada de iniciativa deve

partir dos governos, visão esta compartilhada tanto por Bigarella e Mazuchowski(1985) como Guerra e Mendonça (2004).

5. Breves considerações.

Apresentar a problemática erosiva, a partir de seus estágios de instalação e evolução, a partir do momento em que a gota de chuva entra em contato com a superfície do solo, desencadeando toda uma série de problemas e, os fatores de influência e controle como o relevo, vegetação, chuvas, etc, assume um papel importante para a preservação do meio ambiente, sendo o conhecimento de tais fatores a base para a tomada de decisões.

Não há dúvida de que uso, ocupação e as formas de trabalho empregadas pelo homem no solo são os grandes responsáveis pela instalação focos degradantes e, logicamente por suas conseqüências, que atrapalham o equilíbrio natural e suas relações sociais.

Hoje, fazer apenas a nossa parte ainda é pouco, temos que lutar para que todos façam, a partir de uma ampla difusão dos ideais conservacionistas, investimento em pesquisas, aproximar a comunidade acadêmica dos demais segmentos da sociedade, para que esta venha discutir, indagar, cobrar e apontar alternativas, em fim, buscar alternativas para ampliar e difundir as discussões e atuações a serem feitas para reverter tais situações.

Os problemas ambientais a cada dia assumem novas proporções, passando de locais e regionais, para escalas planetárias, onde o impacto do homem sobre o meio natural reflete conseqüentemente em constantes desequilíbrios, que estão colocando em ameaça a própria continuidade da raça humana no planeta (SANTOS, CHANG E CELLIGOI, 2003).

Mesmo sendo um trabalho de revisão bibliográfica, espera-se que este venha ao menos contribuir para uma maior difusão da problemática erosiva e ambiental, assim como, despertar o interesse de algumas pessoas, da importância de se atingir um equilíbrio do homem com o ambiente.

Referências Bibliográficas.

BATTISTELLI, M.; CAMARGO FILHO, M.; HEERDT, B. (org) Proteção e manejo da Bacia do Rio das Pedras: relato de experiências. Guarapuava-PR: Ed. Gráfica b & D, 2004. p.134.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo: Ícone, 1990. p.11-93; 320-343.

BIGARELLA, j. j; MAZZUCHOWSKI, J. Z. *Visão integrada da problemática da erosão*. Livro Guia do III Simpósio Nacional de Controle da Erosão. Maringá, 1985. p. 01-19; 93-121.

BRAGAGNOLO, N. Uso dos solos altamente suscetíveis à erosão. In: FERREIRA, V, de P.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da (org). *Solos altamente suscetíveis à erosão*. Jaboticabal, FCAV-UNESP/SBCS. 1991. p.03-16.

CAMARGO, G.; CAMARGO FILHO, M.; MASCARELLO, L. V. Processo de erosão em ravinas e voçorocas na Bacia do Rio das Pedras-Guarapuava-PR. In: BATTISTELLI, M.; CAMARGO FILHO, M.; HEERDT, B. (org) Proteção e manejo da Bacia do Rio das Pedras: relato de experiências. Guarapuava-PR: Ed. Gráfica b & D, 2004. p.51-59.

DIAS JUNIOR, M. Compactação do solo. In: Tópicos de ciência do solo/ publicação da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, volume 01, 2000. p. 55-94.

FREIRE, O.; TOMMASELLI; J. T. G.; MIZUZAKI, M. Y; BARRIOS, N. A. Z; SUDO, H.; PEREIRA, V. P. Erosividade da chuva na região de Presidente Prudente-SP. *Anais: 3º Encontro Nacional de Estudos Sobre o Meio Ambiente*. Londrina-PR, 1991. p. 407-414.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T; SILVA, S. A. da; BOTELHO, M. G. R. (org). *Erosão e conservação dos solos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p.17-55

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 149-209.

GUERRA, A. J. T; MENDONÇA, J. K. S. erosão dos solos e a questão ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (org). *Reflexões sobre a geografia física no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 225-256.

MAFRA, N. M. C; BOTELHO, M. G. R. Relação entre o uso do solo e degradação das terras em Vassouras-RJ. In: *Anais: 3º Encontro Nacional de Estudos Sobre o Meio Ambiente*. Londrina-PR, 1991. p. 485-496.

SANTOS, M. M. dos; CHANG, K. C.; CELLIGO, I. Avaliação da vulnerabilidade de aquíferos da formação serra geral: uma proposta metodológica. In: CARVALHO, M. S. de (org). *Geografia, meio-ambiente e desenvolvimento*. Londrina-PR: a Autora, 2003.