

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**EROSÃO**

Revisão bibliográfica sobre as principais variáveis que levam aos impactos  
sociais e ambientais

Bruno Prearo

**Orientadora: Profa. Dra. Sidneide Manfredini**

**São Paulo - SP**  
**2018**

BRUNO PREARO

## **EROSÃO**

Revisão bibliográfica sobre as principais variáveis que levam aos impactos sociais e ambientais

Trabalho de graduação individual apresentado ao Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

---

Ma. Susan Viana

---

Dr. André Barreiros

---

Profª Drª Sidneide Manfredini

**São Paulo - SP**

**2018**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Prof<sup>a</sup> Sidneide Manfredini por todas as aulas (dentro e fora da universidade), pela sua paciência e aprendizado ao longo de todos esses anos. Ao pessoal do LaboPed e do Nós Tradamus (Prof. Queiroz, Marcos, Prof. Fernando, André, Susan, Marcelo, Beatriz e mais muitas pessoas que colaboraram com as discussões), o grupo de estudos trouxe muito aprendizado e amigos para toda a vida. E por último e não menos importante, a Juliana Cruxen, meu amor, que me incentivou a terminar este trabalho e fechar esse ciclo.

## **RESUMO**

A ocupação e alteração do espaço pelo homem sempre gerará algum tipo de impacto. No caso da erosão, muitas vezes, as mudanças causadas pela ocupação de uma nova área da cidade ou o manejo de forma incorreta em uma plantação irá acelerar os processos erosivos, causando prejuízos para a sociedade. A finalidade dessa revisão bibliográfica é levantar as variáveis responsáveis pela aceleração da erosão e elencar o papel da sociedade nesse processo, como o homem se utiliza das características naturais e principalmente do conservadorismo para gerar gentrificação e modificar o espaço geográfico. Foram pesquisados o conceito sobre erosão, os tipos de erosão que ocorrem, as variáveis responsáveis pelo processo erosivo, suas implicações no meio rural e urbano e algumas técnicas desenvolvidas pelo homem para frear o processo. Nas considerações finais foi feita uma discussão sobre o papel do conhecimento científico como criador de novas técnicas que serão empregadas no combate à erosão e a posição do geógrafo na análise do espaço, observando as relações dicotômicas que ele apresenta.

**Palavras-chave:** erosão; geografia; solos

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVO.....</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>CONCEITUANDO A EROSÃO.....</b>	<b>3</b>
3.1	TIPOS DE EROSÃO.....	3
3.2	FATORES QUE ACELERAM A EROSÃO.....	6
3.2.1	A chuva.....	6
3.2.2	A cobertura vegetal.....	7
3.2.3	Relevo.....	8
3.2.4	Solos.....	8
<b>4.</b>	<b>ANÁLISE SOBRE A EROSÃO EM DIFERENTES AMBIENTES</b>	<b>10</b>
4.1	EROSÃO NO MEIO RURAL.....	10
4.2	EROSÃO NO MEIO URBANO.....	12
<b>5.</b>	<b>TÉCNICAS DE CONTROLE DA EROSÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>21</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

Tratarei neste trabalho de graduação individual sobre a questão da erosão e de como o homem acelera esse processo e quais as consequências para a sociedade.

Para tal irei realizar uma revisão bibliográfica, relacionando os conteúdos sobre o tema, desde a erosão pelas primeiras formas humanas, passando pela erosão vinculada ao processo de urbanização, da erosão no meio rural, até algumas técnicas utilizadas para frear o processo acelerado pela interferência antrópica.

Dentro da geografia e das ciências da terra, a erosão é tema de extensos estudos nas mais diversas vertentes. Podendo ser estudada como o mecanismo que molda a paisagem, como fator relevante no meio rural para evitar a perda de solos ou no meio urbano, afim de evitar processos de assoreamento de rios que causam grandes enchentes nas cidades. Estudar a erosão é de extrema importância, pois suas implicações podem gerar perdas significativas, tanto de solos quanto de infraestrutura urbana, causando grandes prejuízos à sociedade.

Por fim, elencarei algumas técnicas de controle da erosão. Elas são a maneira que o homem encontrou de frear os processos erosivos que foram acelerados por sua própria modificação do espaço e dos usos que ele deu ao solo. Veremos como essas técnicas são aplicadas e seus produtos.

## **2. OBJETIVO**

Este trabalho é uma revisão bibliográfica que tem como finalidade levantar as variáveis responsáveis pela aceleração da erosão e elencar o papel da sociedade nesse processo, como o homem se utiliza das características naturais e principalmente do conservadorismo para gerar gentrificação e modificar o espaço geográfico. Além de elencar algumas das maneiras que o homem possui de tentar frear esses processos.

### 3. CONCEITUANDO A EROSÃO

A erosão é um processo natural responsável pela esculturação do relevo da paisagem. É o processo de desagregação, remoção, transporte e deposição de partículas do solo ou de fragmentos de rochas pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e organismos. A erosão é um fator exógeno, que agiu durante milhões de anos sobre o relevo terrestre e é responsável pela paisagem que hoje vemos e interpretamos para correlacionar todas as intervenções humanas que nela ocorrem.

Quando o processo erosivo encontra-se intensificado ocorre uma perda de solo muito maior do que quando o processo encontra-se em equilíbrio, logo, um dos principais meios afetados pela erosão acelerada é o solo. O solo, e as reações que concorrem para sua formação e transformação funcionam como mecanismo de “acumulação de energia” (movimento antientropia) e de matéria (água e íons em solução). A capacidade de armazenar e regular a disponibilidade de água e nutrientes acaba se constituindo na base de sustentação para os ecossistemas que se estabelecem no solo. O bioma formado irá se constituir no sistema antientropia mais eficiente do planeta e exercerá um controle efetivo na evolução virtuosa do próprio solo e controle de erosão.

É importante lembrarmos que toda atividade humana, tanto urbana quanto rural, passa pela apropriação do solo. E o primeiro passo para que essa apropriação aconteça é a remoção do ecossistema original. É a partir dessa apropriação do solo que o mesmo entra em desequilíbrio e sua resiliência é alterada.

Mesmo com todas as técnicas de manejo que o homem implementa para controlar o processo erosivo, o mesmo só voltará ao equilíbrio a partir do momento que tenhamos o ecossistema original relacionado com o solo.

#### 3.1 TIPOS DE EROSÃO

O processo erosivo apresenta vários estágios de desenvolvimento, dependendo de suas características podemos avaliar o grau de evolução do processo e as possíveis variáveis que causam a aceleração do mesmo.



O primeiro passo para que a erosão se inicie, principalmente nos trópicos, é a saturação do solo. A saturação pela água é o que acarretará o escoamento superficial e subsuperficial, levando assim aos diferentes tipos de erosão. Em solos cultivados com sistema convencional a aração e gradagem podem provocar a formação de crostas na superfície do solo, reduzindo a capacidade de infiltração de água no solo e aumentando o escoamento superficial. O escoamento gerado por essa saturação ou selamento, pode ocorrer de forma difusa (quando o escoamento é dividido em vários fluxos, sem caminhos preferenciais), laminar (quando o escoamento forma uma lamina sobre a superfície) e linear (gera canais preferenciais, ou sulcos, por onde a água escoará).

A erosão subsuperficial corresponde à água que circula nos horizontes dos solos e entre as camadas rochosas, podendo estar concentrada em dutos ou gerando o colapso dos solos. A seguir serão listados alguns tipos de erosão (FRANCISCO, 2011):

- **erosão laminar:** é o tipo de erosão menos notada, agindo em vasta área. A água acumula-se na superfície e movimenta-se como uma lâmina na terra, porém, como o solo é irregular a água se move por onde existe menos resistência e concentra-se em pequenas depressões, desprendendo partículas do solo que são levadas em suspensão pela enxurrada, que por sua vez se chocam com outras partículas e as desprendem. A intensidade da erosão depende da velocidade da enxurrada, da turbulência, da quantidade e do tipo de material mobilizado. Quanto maior a declividade e o excedente hídrico em superfície, maior será a energia cinética da enxurrada. A intensidade da chuva influencia na turbulência, enquanto a capacidade abrasiva depende da energia de escoamento da água e da quantidade e tipo do material suspenso pela enxurrada. Quando o escoamento da água é difuso nas camadas superficiais do solo, sua remoção é uniforme, removendo gradativamente os horizontes do solo e promovendo a perda de nutrientes.

Desta forma, a erosão laminar é o tipo de erosão mais recorrente e perigosa, pois muitas vezes não é possível perceber que o processo

está ocorrendo até que ele esteja evoluindo para níveis mais avançados (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990; OLIVEIRA e BRITO et al., 1998; e SALOMÃO, 1999);

- **erosão linear (ou em sulcos):** é quando o escoamento superficial se concentra atingindo volume e velocidades consideráveis, provocando sulcos mais ou menos profundos no solo. É ocasionado em episódios chuvosos de grande intensidade em terrenos declivosos e em grandes lançantes. Segundo Salomão (1999) a erosão linear é formada pela concentração do fluxo do escoamento superficial, que resultam em canais que podem evoluir para ravinas e voçorocas;
- **voçorocas:** são ocasionadas pela concentração do fluxo de enxurradas que passam pelo mesmo sulco, quando o sulco se amplia a enxurrada passa a mobilizar quantidades cada vez maiores de solo, formando grandes cavidades. Porém, a voçoroca é caracterizada também pela influência do lençol freático (fluxo de água subsuperficial), e pela ocorrência de diversos tipos de processos, não só erosivos, como também desabamentos e escorregamentos (movimentos de massa).

Francisco (2011) nos alerta de que apesar da maioria das voçorocas ocorrerem pela forma de uso do solo, algumas áreas são naturalmente suscetíveis à sua formação. As voçorocas representam grande perigo, principalmente no meio rural, já que a área afetada é difícil de ser recuperada, pois é um caso muito avançado de erosão no qual são perdidos grandes volumes de solo. Além disso, a voçoroca reúne vários fenômenos, como salientado por Salomão (1999), por exemplo, o da erosão superficial, erosão interna, solapamento, desabamentos e escorregamentos, fazendo com que a voçoroca apresente alto poder destrutivo

A tabela a seguir quantifica os tipos de erosão por região Brasileira. Podemos notar que a erosão laminar é a mais predominante. As voçorocas, por sua vez, chamam atenção por serem um processo que impressionam devido ao seu tamanho e profundidade (às vezes chegando a vários metros de comprimento), porém, a maior perda de materiais ocorre pela erosão laminar,

por ser muito mais incidente. A erosão laminar representa um problema “invisível”, pois muitas vezes não é notada.

Grandes Regiões	Percentual de municípios que tiveram erosão nos últimos 5 anos, por tipo de erosão (%)				
	Erosão do leito natural do curso d'água	Ravinamento (voçoroca)	Erosão laminar de terrenos sem cobertura vegetal	Erosão de taludes	Outro
<b>Brasil</b>	<b>47,3</b>	<b>22,5</b>	<b>63,1</b>	<b>32,7</b>	<b>7,5</b>
Norte	42,4	18,9	59,8	22,0	10,6
Nordeste	45,8	16,8	60,4	25,2	10,6
Sudeste	49,7	27,2	67,9	44,1	5,5
Sul	47,0	16,2	60,3	33,0	7,3
Centro-Oeste	46,1	33,5	59,3	12,0	6,6

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.

### 3.2 FATORES QUE ACELERAM A EROSÃO

Ao longo deste item veremos que existem muitas variáveis que influenciam no processo erosivo. A influência das chuvas, a presença ou ausência de cobertura vegetal, o relevo e principalmente os solos serão essenciais para que a erosão seja maior ou menor dependendo das características dessas variáveis.

#### 3.2.1 A chuva

Na maior parte da zona intertropical, devido aos grandes índices pluviométricos, o principal agente que deflagra os processos erosivos é a água em forma de chuva. Os principais fatores que devem ser levados em conta na erosão deflagrada pela chuva são a intensidade, a duração e a frequência destas. A média e o total das chuvas do mês ou do ano pouco ajudam para o estudo da erosão. As chuvas torrenciais de grande intensidade associadas a períodos chuvosos anteriores (que provocaram a saturação dos solos), são responsáveis por eventos erosivos de grande velocidade de propagação. Logo, o clima dos trópicos (com duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra

seca) colabora para a aceleração do processo erosivo, já que no período de primavera/verão as chuvas são frequentes, saturando os solos, além dos episódios chuvosos serem muito mais intensos. Associando os solos saturados e as chuvas com grandes índices pluviométricos temos o panorama perfeito para que os processos erosivos sejam deflagrados e acelerados.

O impacto da chuva em solo nu (**Figura 1**) é praticamente a primeira etapa para o início das erosões. As gotas atingem o solo e destroem os grãos e torrões, levando as partículas, compactando a área, formando crateras e diminuindo a capacidade de infiltração da água no solo, o que colabora para a ocorrência de enxurradas. A ação erosiva das chuvas dependerá da distribuição das mesmas e de sua intensidade (episódios de chuva intensa representam a aceleração máxima do processo erosivo). Em área de declive o material será carregado para jusante.



**Figura 1** A esquerda o momento que antecede o impacto da gota de água no solo, e a direita toda a mobilização de materiais causado pelo impacto. Fonte:

### 3.2.2 A cobertura vegetal

A cobertura vegetal nada mais é do que a própria vegetação que está presente em dada localidade. O processo erosivo inicia-se a partir do momento em que as gotas de chuva atingem o solo, desagregando e liberando suas partículas para que elas sejam carregadas pelo escoamento superficial, em solos onde não há cobertura vegetal esse processo é mais intenso.

A cobertura vegetal protege o solo contra o impacto direto das gotas de chuva, promove a dispersão desta água e a melhora na infiltração da água no solo, já que as raízes criam pequenos canais por onde a água pode se infiltrar. Além disso, a vegetação oferece importante adição de matéria orgânica ao

solo, melhorando sua estrutura e conseqüentemente sua capacidade de reter água e a diminuição das enxurradas, já que a cobertura vegetal oferece atrito ao escoamento superficial.

O desmatamento e o mal uso do solo são responsáveis pelas mudanças nos regimes de escoamento das águas, implicando num aumento da velocidade do escoamento superficial e início ou acentuação dos processos erosivos. Esse processo pode levar à erosão laminar quando não há concentração dos fluxos, ou, à erosão em sulcos, quando os fluxos estão concentrados. Pode-se ocorrer a formação de ravinas quando as águas subsuperficiais estão envolvidas no processo, formando voçorocas e *piping*.

### 3.2.3 Relevô

Quando levamos em consideração o relevô de uma região um dos principais fatores para a deflagração do processo erosivo é a geometria de suas formas, ela irá regular não só a declividade e a orientação das vertentes, mas também os fluxos preferencias da água, tanto superficialmente como subsuperficialmente. Os fatores que mais influenciam no relevô são a declividade e o comprimento da rampa, quanto maior a rampa e sua declividade, maior será sua capacidade erosiva, pois a velocidade que o escoamento da água atinge é bem maior. Porém, podem ocorrer casos onde a declividade e o comprimento da rampa não são as principais variáveis. Uma encosta com baixa declividade e/ou comprimento de rampa também pode sofrer com processos erosivos pelo escoamento superficial, contanto que essa vertente esteja sujeita a uma grande vazão de escoamento superficial. A forma do declive (côncavo ou convexo, homogêneo ou deformado) também influi na erosão.

Colangelo (1996), apresenta o modelo de feições mínimas, no qual são englobadas não só as variáveis mais comuns (como comprimento de rampa e declividade), mas também outras, associadas, por exemplo, à geometria e às formas do relevô. Com o modelo é possível associar a evolução do relevô às suas formas e conseqüentemente ao processo erosivo.

### 3.2.4 Solos

Os solos são um dos principais fatores naturais relacionados à erosão, pois serão eles que irão oferecer menor ou maior resistência ao processo erosivo. A textura, densidade e estrutura vão definir a permeabilidade intrínseca do solo, assim como características químicas, biológicas e mineralógicas serão as que irão influenciar na resistência ao processo erosivo.

A textura (tamanho das partículas) influencia na infiltração e absorção de água, ditando o potencial de enxurradas. Assim, um solo arenoso com muitos poros tem maior permeabilidade, permitindo toda a infiltração das águas. Porém, como o solo arenoso não possui argila e material cimentante (matéria orgânica e óxido de ferro), grandes quantidades deste solo podem ser carregadas mesmo em pequenas enxurradas. A estrutura é como as partículas do solo estão organizadas, dando forma aos agregados, influenciando na absorção da água, na infiltração e na capacidade do arraste de partículas do solo. Os responsáveis pela estrutura são a argila, matéria orgânica e polímeros de ferro. Eles são responsáveis por deixar os agregados estáveis na presença de água e são muito importantes para dar coesão às partículas do solo contra a erosão. Solos argilosos ou arenosos com mais matéria orgânica tem sua estrutura fortalecida, podendo assim, armazenar mais água e aumentando sua resistência ao arraste de partículas.

A profundidade do solo também é um fator relevante no armazenamento de água. Os solos mais profundos possuem maior capacidade de retenção de água, porém, mesmo os solos profundos quando muito saturados (em episódios muitos longos de chuva) podem desenvolver erosão nos locais de escoamento concentrado.

A densidade é um fator importante, pois podemos correlacioná-lo com o manejo de solo. A densidade aumenta à medida que os macroporos diminuem, diminuindo também a infiltração de água no solo e aumentando a erosão superficial. A compactação do solo devido a técnicas de manejo predatórias aumentam a densidade do solo e conseqüentemente, a erosão, pois a capacidade de infiltração de água no solo é reduzida.

As características químicas do complexo sortivo, proporção entre cátions bivalentes e monovalentes, definem a evolução e estabilidade da estrutura. A composição catiônica do complexo sortivo pode ser afetada por processos de lixiviação, pela absorção das plantas e pela introdução de diferentes

concentrações desses elementos através de adubação, calagem ou deposição de resíduos. Um exemplo da deposição de resíduos é o plantio de cana, onde o vinhoto é utilizado como adubo, inserindo assim grandes quantidades de potássio no solo. Essa prática faz com que o solo não consiga se estruturar, gerando camadas adensadas em maiores profundidades, o que leva à redução drástica da permeabilidade da água no solo e dos sistemas radiculares. Solos com alto teor de ferro e alumínio (como no caso dos latossolos, encontrados em grande parte do mundo intertropical) apresentam estruturas em microagregados, aumentando a porosidade entre as partículas e conseqüentemente a quantidade de água que pode ser absorvida pelo solo.

Outro importante fator é o gradiente textural. Solos com alto gradiente textural são mais suscetíveis a enxurradas, pois os horizontes superficiais são geralmente arenosos (maior permeabilidade), enquanto os horizontes subsuperficiais possuem um maior teor de argila, gerando uma diferença na permeabilidade e criando uma barreira para a infiltração da água.

As características do substrato rochoso, como a natureza da alteração e grau de fraturamento, são condicionantes importantes para a erosão, pois as principais áreas de voçoroca no país estão associadas às formações geológicas sedimentares (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990; COLANGELO, 1996; OLIVEIRA e BRITO et al., 1998; e SALOMÃO, 1999).

#### **4. ANÁLISE SOBRE A EROSÃO EM DIFERENTES AMBIENTES**

Neste tópico tratarei sobre as diferentes variáveis que aceleram o processo erosivo em ambientes urbanos e rurais. Além disso, veremos que muitas vezes, em nome do preservacionismo, a contenção da erosão pode ser utilizada como pretexto para defender os interesses da especulação imobiliária nas grandes cidades.

##### **4.1 EROSÃO NO MEIO RURAL**

No âmbito rural o processo erosivo acelerado por variáveis antrópicas é um grande problema. Pois leva a perda de nutrientes dos solos, diminuindo sua fertilidade, ou na pior das hipóteses levando a seu esgotamento. No Brasil,

pouco se discute o impacto da erosão na perda de solos, pois os solos tropicais costumam ser muito extensos, mas é um problema presente que representa real ameaça.

A perda de solos é algo extremamente preocupante, pois o solo é um recurso natural finito (se pensarmos que os solos se formam no ritmo do tempo geológico e não no tempo da vida humana), e é sobre ele que se desenvolvem as atividades essenciais para a manutenção da vida humana, como a obtenção de alimentos e de energia (carvão, álcool e biodiesel). Essas atividades respondem pela maior ocupação das terras produtivas. Os sistemas agropecuários atuam comprometendo a constituição, organização e o funcionamento do solo, além do impacto causado pela redução dos ecossistemas.

Segundo Bidwell e Hole (1965), a raça humana influencia todos os aspectos da formação do solo (rocha mãe, topografia, clima e organismos), e altera sua formação desde os proto-hominídeos, que ao cavarem o solo davam início à interferência do homem na formação e na destruição dos solos. Posteriormente o homem começou a alterar o solo em sua constituição, retirando mais nutrientes do que a reposição natural é capaz de gerar pelo acúmulo de sais, substâncias básicas, elementos traço, como o boro, e elementos químicos, como o sulfato de cobre. O acúmulo desses elementos advém do manejo dos solos pelos seres humanos, podendo levar, por exemplo, à salinização. A alteração mecânica, como na formação de terraços ou canais de irrigação, também levou à exposição de solos deficientes em nutrientes e à subsidência. Além disso, a remoção da camada orgânica causa maior exposição a insolações, geadas, ventos e compactação por máquinas e rebanhos. Em alguns casos, a compactação por máquinas pode reduzir a permeabilidade do solo em até 93%. O manejo efetuado pelo homem por meio do controle dos tipos de plantas e organismos que se proliferariam em dito solo, levam a diminuição da matéria orgânica, pela diminuição de organismo benéficos, como minhocas.

O preparo mecânico e a correção química do solo, que via de regra são calculadas em função da necessidade da planta e não da capacidade de absorção do solo, e a adição de substâncias químicas (agrotóxicos), comprometem ainda mais o seu funcionamento. Tanto a correção química do



solo quanto a adição de agrotóxicos podem alterar drasticamente a constituição e atividade do sistema coloidal do solo, concorrendo para a desestabilização da estrutura e comprometendo o funcionamento hidrodinâmico. A desfloculação da argila e quebra das ligações e dos agentes cimentantes/micelas de argila, leva a desestabilização da estrutura. Esse fenômeno culmina em processos de iluviação (transporte e acumulação de argila em horizontes subsuperficiais, acarretando no “endurecimento” destes horizontes), que por sua vez também é tratado mecanicamente, com subsolagem.

Com isso, ocorrerá a degradação da estrutura do solo, propiciando a intensificação dos processos erosivos, que com o passar do tempo (dependendo do relevo) podem evoluir de erosão laminar chegando a processos mais intensos, como as voçorocas.

Considerando que o Brasil tem como grande parte de suas exportações produtos agrícolas<sup>1</sup> e o modelo do latifúndio monocultor (na maior parte das vezes associado a técnicas predatórias de manejo do solo) é o mais difundido no nosso país, a aceleração da erosão por fatores antrópicos é comum, o que leva a grandes perdas de solo.

No uso agrícola, esses processos erosivos tem sido tratados por práticas mecânicas como plantio em nível, cordões de contorno e terraços, que visam restringir a formação e intensificação do escoamento superficial.

## 4.2 EROSÃO NO MEIO URBANO

Veremos como o processo erosivo pode ser acelerado no ambiente urbano, uma vez que é nas cidades onde a maior parte da população está concentrada, além de discutir como os problemas ambientais são utilizados no planejamento urbano para retirar a população de áreas de interesse imobiliário.

A geologia, a geomorfologia, a pedologia, a climatologia e a hidrologia são responsáveis pela espacialização dos fenômenos erosivos, porém, o mau uso do solo e a falta de planejamento urbano são os principais fatores que levam à aceleração da erosão. O traçado inadequado de vias urbanas, o sistema de drenagem deficitário (tanto na captação de águas quanto na dissipação) e a construção de loteamentos em locais inapropriados sob o ponto

<sup>1</sup> a cana-de-açúcar (safra 2016/2017), ocupou 9 milhões de hectares. E soja foi responsável por cerca de 28% das exportações brasileiras em 2015 (segundo Brasil e Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços).

de vista geotécnico, são algumas das alterações que influenciam o processo erosivo.

Na cidade de São Paulo a ocupação urbana destruiu a cobertura vegetal e removeu os horizontes superiores do solo, expondo os horizontes inferiores, que possuem material de fácil desagregação, gerando, assim, sedimentos. Esses sedimentos são carregados pelas enxurradas para dentro dos rios e são depositados em locais que possuem menor declividade, acarretando no assoreamento dos rios, como no caso do leito do Tietê. Além disso, a impermeabilização das áreas urbanas favorece um escoamento superficial muito mais rápido nesses locais, que em comparação às áreas não urbanizadas podem ter um aumento entre 300% a 400% do escoamento superficial. Todo esse volume a mais é incorporado à rede de saneamento básico pelas bocas de lobo, que muitas vezes não suportam essa quantidade ou não apresentam condições adequadas para sua incorporação. Salomão (1999) relata que no perímetro urbano a maior parte dos problemas de erosão ocorrem em solos de textura arenosa, relativamente profundos. Se considerarmos, então, o meio intertropical em que vivemos no Brasil os solos arenosos serão os mais afetados com o alto índice pluviométrico concentrado no verão. Como por exemplo, em 21 de fevereiro de 2016 choveu aproximadamente 57mm em duas horas, segundo dados da estação Mirante de Santana em São Paulo. Com esse volume de água a cidade de São Paulo já enfrenta problemas relacionados à dissipação da chuva pelo sistema de drenagem, além de que os solos arenosos estarão saturados e serão mais facilmente carregados pelas águas pluviais.

De forma geral, podemos resumir os problemas gerados pela erosão em alguns pontos relacionados. Segundo Salomão (1999), no meio urbano os problemas mais comuns são as ravinas e voçorocas, associadas ao escoamento superficial e aos solos profundos e de textura arenosa. A impermeabilização do solo também é fator determinante, pois a pavimentação acelera e concentra as enxurradas, acelerando o processo erosivo. A ocupação de áreas suscetíveis a voçorocas agrava riscos de acidentes além de transformar estas regiões em áreas de descarte de lixo. A erosão irá gerar os sedimentos que assorearão os cursos d'água e reservatórios das cidades,

causando muitas vezes problemas de enchentes ou de armazenamento de água.

No caso da cidade de São Paulo o discurso preservacionista serve muitas vezes à especulação imobiliária. Porém, os problemas de erosão aceleradas por influência antrópica tem sua intensificação com o aumento da urbanização do município de São Paulo.

A industrialização foi um fator que acelerou a urbanização e atraiu um contingente populacional cada vez maior para os centros urbanos. No caso de São Paulo, os baixos preços dos terrenos foram o principal atrativo, assim a periferia começa a despontar na década de 1940 como um grande negócio imobiliário. Terras ainda rurais do entorno da cidade eram parceladas e vendidas, na maior parte das vezes com documentação precária e sem obedecer os requisitos mínimos.

Essa ocupação levou a cidade a crescer, devido à especulação imobiliária sem o planejamento urbano apropriado, acarretando também na aceleração dos processos erosivos. O crescimento e espraiamento da ocupação das periferias das cidades deram nova dinâmica à paisagem, substituindo os usos do solo pré-existentes e provocando mudanças nela. Muitas vezes, essa ocupação se dá em locais impróprios (do ponto de vista geotécnico), aumentando as áreas de risco. O processo especulativo imobiliário afastou gradativamente a população com menor renda do centro da cidade, levando-a a ocupar áreas periféricas que estão livres. Muitas vezes, estas áreas possuem maior fragilidade ambiental e apresentam riscos eminentes.

Esses locais raramente serão recuperados, pois a partir do momento em que os processos são deflagrados e a paisagem é degradada, podem ser necessários anos para recuperá-los. A ocupação humana em terrenos inadequados causa problemas de degradação ambiental e prejuízos econômicos e sociais, sobretudo a ocupação em áreas irregulares (principalmente em áreas íngremes), sendo uma das responsáveis pela aceleração da erosão no meio urbano. O problema da erosão do solo acarreta perda de solos agriculturáveis, de equipamentos urbanos, de obras civis e o assoreamento de reservatórios e cursos d'água.

Porém, temos de analisar esses casos com extrema cautela já que o planejamento urbano é associado aos interesses privados da construção do espaço urbano, e muitas vezes se apodera do discurso preservacionista para a obtenção de lucro. O discurso da preservação ambiental muitas vezes serve como pretexto para retirar certas populações de áreas de interesse imobiliário, manipulando o processo de organização do espaço urbano. A cidade não cresce desordenadamente, as construtoras influenciam onde grandes empreendimentos serão alocados, assim, algumas vezes, a questão da erosão no meio urbano é usada como desculpa para afastar certas populações de locais de interesse.

Logo, o debate sobre erosão (gerando degradação ambiental) provocada pela ocupação irregular no meio urbano é muito mais amplo, pois envolve a discussão da apropriação do espaço urbano e como as questões ambientais podem servir ao poder público para gerar gentrificação (COLÂNGELO, 1993; SALOMÃO, 1994; FCTH, 1999; KANIL, 2001; SEABRA, 2004; CATARUCCI, 2007; FRANCISCO, 2011; e PEREIRA, 2014).

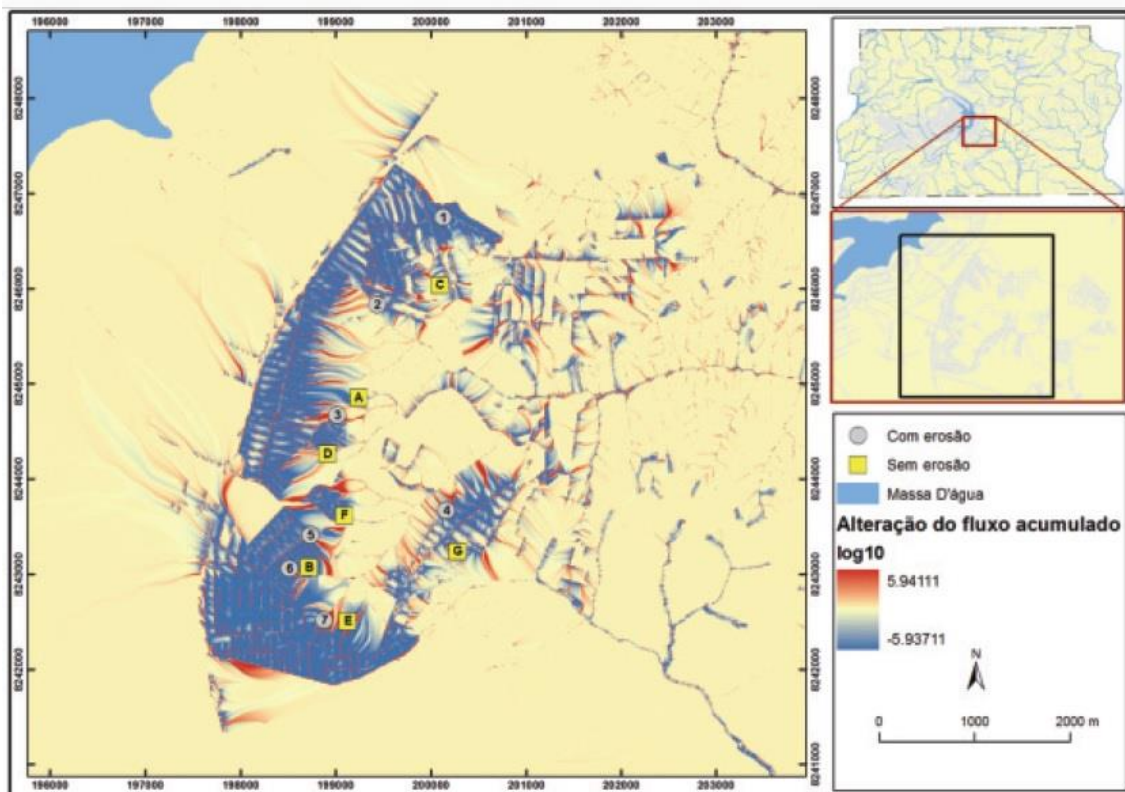
## **5. TÉCNICAS DE CONTROLE DA EROSÃO**

Como visto anteriormente, a erosão pode ser acentuada (tanto no meio rural como urbano), devido a práticas inadequadas adotadas pelo homem. Os trabalhos acadêmicos ou técnicos visam aplicar técnicas para controlar ou diminuir o processo erosivo que foi acelerado pela ação humana.

Uma das formas de monitoramento da erosão se faz por meio de sequências históricas de cartas topográficas, imagens aéreas e sensoriamento remoto. A partir daí é possível criar Modelos Digitais de Elevação (MDE) e comparar as mudanças da topografia do local ao longo do tempo, ajudando a identificar a dinâmica das mudanças da geomorfologia e conseqüentemente os locais onde a erosão é mais intensa, principalmente com modelos de elevação pré e pós urbanização.

Com o MDE em mãos é possível usar algoritmos que irão calcular a direção preferencial do escoamento superficial concentrado e locais de acúmulo de materiais. Ao final da confecção das cartas é feita um mapa que compara o fluxo acumulado antes e depois da urbanização, para

posteriormente ocorrer a checagem das voçorocas e ravinas em campo utilizando imagens do Google Earth, dos sensores GeoEye e Quickbird. Após essa etapa a carta final (**Figura 2**) é confeccionada, mostrando diferença de fluxo acumulado entre o mapa pré e o pós urbanização e a localização das ravinas e voçorocas(FREITAS et al, 2012).



**Figura 2** Diferença de fluxo acumulado entre o mapa pré e pós urbanização e localização das ravinas.  
Fonte: FREITAS et al, 2012

Em sua tese de doutoramento, Salomão (1994), elenca quatro etapas para definir e prevenir os processos erosivos. A tese é muito interessante pois utiliza em suas etapas o reconhecimento e caracterização das coberturas pedológicas da região estudada, no caso de seu estudo, do município de Bauru.

A primeira etapa do trabalho consiste em cruzar informações preliminares sobre a geologia, relevo e solos de locais que apresentam pré-disposição para a formação de ravinas e voçorocas, utilizando trabalhos de campo e dados disponíveis (como documentos cartográficos e imagens aéreas).

Com os dados da primeira etapa em mãos é possível escolher vertentes representativas para a caracterização pedológica da região (através de topossequências), do topo das vertentes até o fundo dos vales. As vertentes devem ser escolhidas pelas suas características diferenciadas (tipo de solo, forma do relevo e suscetibilidade a erosão), para o maior entendimento da região (escolhendo vertentes que sejam características da região estudada).

O estudo das topossequências oferece os subsídios necessários para a elaboração de hipóteses sobre o fluxo superficial e subsuperficial da água nos solos utilizando a textura, estrutura, densidade, geometria e arranjo do sistema poroso, condutividade hidráulica e retenção de água para entender a influência dos solos no comportamento hídrico e para diferenciar os possíveis locais de desenvolvimento de ravinas e voçorocas. Podemos ver um exemplo de topossequência na **Figura 3**.

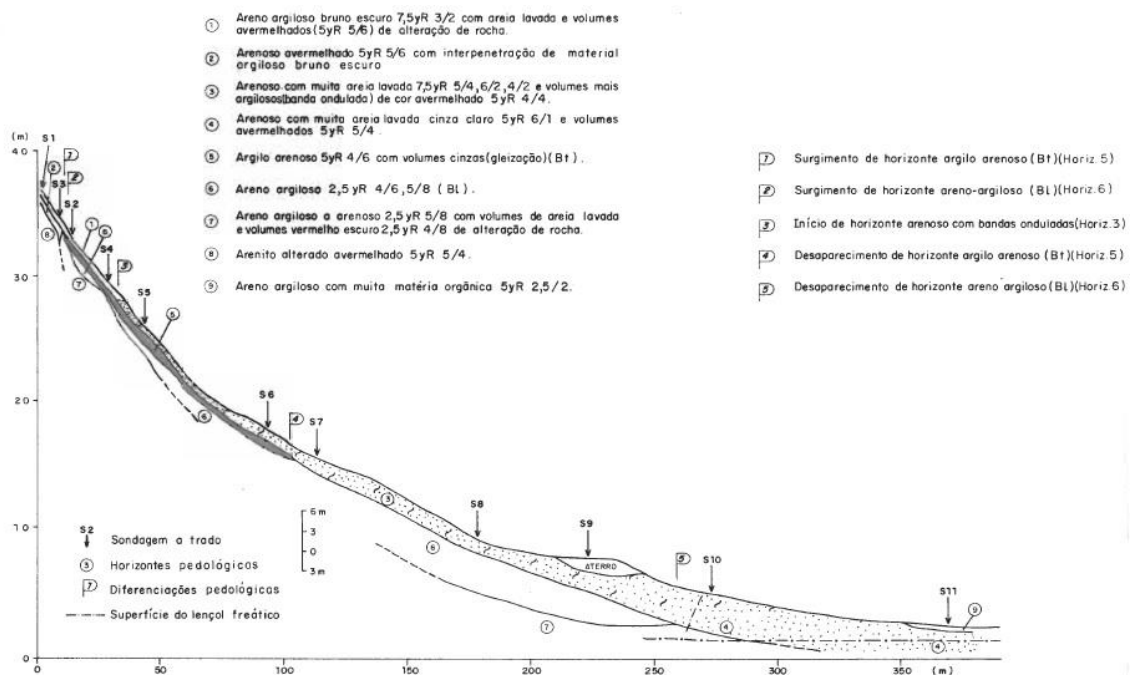


Figura 3 - Exemplo de perfil de topossequência, mostrando todos os pontos em que ocorreram tradagens e a classificação do material. Fonte: Salomão, 1994.

Topossequências são extremamente úteis para a análise da evolução do relevo e dos solos de uma dada região, servindo de testemunho das mudanças que as formas sofreram ao longo dos anos.

Como passo final, foi produzido um mapa de sistemas pedológicos, com compartimentos delimitados e homogêneos no qual cada chave apresentava um sistema distinto com comportamento hídrico característico. Este mapa de sistemas pedológicos sintetiza as características do meio físico e o comportamento hídrico, possibilitando relacioná-los com a potencialidade e surgimento das ravinas e voçorocas.

Os sistemas pedológicos foram relacionados com o uso do solo urbano ou rural para caracterizar a suscetibilidade dos terrenos aos processos erosivos lineares.

Ao propor medidas que mitigassem o processo erosivo no Paraná, Bragagnolo (1994), relaciona a erosão com outras esferas que são diretamente afetadas por esse problema (como por exemplo, o impacto gerado na arrecadação do Estado, já que a maior parte de sua renda vem do setor agrícola), além de elencar as estratégias utilizadas durante 15 anos no Paraná entre a década de 1980 e 1990 para reduzir a perda de Solos.

As estratégias adotadas na região noroeste do Paraná, com solos formados a partir do Arenito Caiuá, consistiram em: aumentar a cobertura vegetal do solo; aumentar a infiltração da água no solo; controlar o escoamento superficial da água; e controlar a poluição. Dependendo do nível tecnológico de cada propriedade foram utilizadas diversas técnicas diferentes, como mostrado no **quadro 1**.

Estratégias técnicas	Tecnologia disponível	Nível tecnológico do produtor	
Aumento da cobertura, diminuição do escoamento superficial e aumento da infiltração.	Preparo do solo e plantio em épocas diferenciadas em faixas	A - B - C	
	Adubação verde intercalada e cobertura morta em culturas perenes	B - C	
	Redução no número de operações no preparo do solo	B - C	
	Uso de herbicidas sem incorporação	C	
	Semeadura de adubo verde de inverno	A - B - C	
	Movimentação mínima de solo	B - C	
	Plantio de culturas para alimentação animal	A - B	
	Divisão de pastagens e distribuição de água e minerais	B - C	
	Aumento da cobertura e da infiltração.	Semeadura de adubo verde de inverno	A - B - C
		Consociação de adubo verde com cultura de verão	A - B
Consórcio de culturas de primavera-verão		A - B	
Uso de implemento de dentes		B - C	
Uso de implemento de discos (arado)		C	
Semeadura sem preparo		A - B - C	
Uso de picador de palha na colheita		C	
População adequada de plantas		A - B - C	
Uso adequado de corretivos		B - C	
Uso adequado de fertilizantes		B - C	
Uso de genótipos mais rústicos		A - B	
Adequação da época de plantio		A - B - C	
Reforma e manejo adequado de pastagens		A - B - C	
Diminuição do escoamento superficial	Preparo do solo em nível	B - C	
	Semeadura em nível	A - B - C	
	Tratos culturais em nível	A - B - C	
	Enleiramento em nível	A - B	
	Cordões de pedra	A - B	
	Cordões de vegetação permanente	A - B - C	
	Cordões em contorno	A - B - C	
	Terraceamento	B - C	
	Caixas de retenção	A - B - C	
	Canais escoadouros	C	
	Canaletas	C	
	Correção de estradas e carreadores	Comunitário	
	Açudagem	B - C	
	Controle da poluição	Abastecedores comunitários	Comunitário
Manejo de pragas		B - C	
Uso adequado de pesticidas		B - C	

Quadro 1 – Estratégias adotadas no trabalho. Fonte: Bragagnolo (1994)

O programa trabalhou com cada propriedade individualmente, além de atrelar todas as unidades de uma microbacia, o que possibilitou que os problemas fossem trabalhados em sua totalidade para aquela região. Algumas das microbacias trabalhadas foram as de Palmital no município de Paraíso do Norte, Rio do Campo no município de Campo Mourão, Córrego Piava no município de Umuarama e Ribeirão Barbosa no município de Alto Piquiri.



O aumento da cobertura vegetal do solo foi feito com adubo verde, que além de proteger o solo do impacto direto das gotas de chuva, reduzindo o processo erosivo, ainda aumenta a infiltração (pelo sistema radicular e pela atividade da endopedofauna, que irá aumentar os poros) da água no solo e propõe uma rugosidade na superfície que contingencia a intensidade dos fluxos superficiais. Além disso a adubação verde é responsável pela fixação de nitrogênio no solo, que será utilizado posteriormente pelas culturas com valor econômico mais elevado e reduz a necessidade da utilização de fertilizantes. As estradas foram readequadas, reduzindo drasticamente o escoamento de água nas mesmas (diminuindo a força da água e conseqüentemente a erosão), e a matéria orgânica proveniente de dejetos animais foi aproveitada e distribuída.

Essa forma de manejo do solo (tratando as propriedades individualmente e em conjunto, a partir de microbacias), segundo o estudo, poupou ao estado do Paraná e aos agricultores um gigantesco capital, além de frear os processos erosivos e a poluição de mananciais na região.

É importante destacar que independente do método utilizado para o controle da erosão é sempre importante pensar em como os processos agem na paisagem, no geral. Se o problema for tratado em áreas pequenas, como em propriedades, muitas vezes o processo erosivo será intensificado em outras áreas.

Para pensar em técnicas de manejo é necessário pensar na dinâmica da paisagem, tentando chegar a uma situação de equilíbrio com outros fatores, como o relevo, a vegetação e dinâmica da água. Quando os problemas são tratados de forma isolada as medidas tornam-se paliativas.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do trabalho pudemos observar diversas variáveis que são responsáveis por acelerar um processo natural, a erosão. A apropriação do espaço leva à remoção dos ecossistemas com o intuito de gerar o uso do solo necessário para o homem. Entretanto, esse movimento da início à aceleração dos processos erosivos, assim, a sociedade tem um papel dualista na relação com a erosão. Ela é responsável por acelerar os processos, devido às modificações que provoca, e, ao mesmo tempo, dita as técnicas que são necessárias para estabilizar o processo erosivo e aproximá-lo novamente da velocidade que este possuía em equilíbrio.

É importante salientar que não existe concretamente uma fórmula que pode ser sempre aplicada para todos os casos de erosão. Em muitos casos a intencionalidade da abordagem generalista acaba por acelerar o processo erosivo. No meio rural, por exemplo, quando medidas de controle a erosão são aplicadas em somente uma das propriedades de uma região isto leva ao acúmulo do fluxo da água, que afetará outras propriedades. Por esse motivo, abordagens sérias de combate a erosão devem ser trabalhadas de maneira que se relacionem com o meio, levando em conta o todo, como, por exemplo, setores de uma bacia hidrográfica. Várias técnicas de combate a erosão tentam apenas remediar o problema que está posto no momento (o agora), adotando medidas paliativas para a resolução dos problemas. Quando a tentativa de compreensão dos mecanismos naturais que propiciavam o equilíbrio do ambiente são deixadas de lado ou não são levadas em consideração, as medidas irão somente frear os processos em alguns locais ou, muitas vezes, fazer com que o problema seja amplificado em regiões próximas.

Nos países subdesenvolvidos o solo é importante como fonte de renda, tanto para a agricultura voltada para o mercado internacional, quanto para a subsistência. Historicamente as maiores parcelas de terras, os grandes latifúndios, tem seu uso voltado para a produção de commodities com base na produção mecanizada e manejo predatório do solo. Algumas vezes as técnicas tradicionais de manejo do solo são julgadas como errôneas e são substituídas por técnicas e insumos vendidos por grandes empresas.

No meio urbano é importante salientar que existem diversos interesses da sociedade atrelados à questão da conservação da natureza, que está intimamente ligada ao processo erosivo e a todos os problemas que ele deflagra ou colabora para que ocorram nas cidades.

Ideias sobre conservação do meio ambiente e conseqüentemente sobre a conservação de solos, seguem os interesses de grupos específicos, que detêm o poder estatal ou o monopólio de novas técnicas que são vendidas. Desta maneira, o conservacionismo em países em desenvolvimento é utilizado em prol dos interesses privados, a fim de gerar lucro com a compra de novos insumos e técnicas, e não como tentativa eficaz de manejo. Os modelos de análise dos problemas sobre erosão de solos nos países emergentes, no geral, seguem os seguintes passos: identificação do problema erosivo pelo uso do solos dos nativos (as técnicas tradicionais de manejo); aplicação de soluções genéricas para a resolução do problema (com insumos e técnicas disponíveis no mercado, e não as apropriadas ao local); e culpar os agricultores por não seguirem as soluções propostas.

Como dito por Stocking (1995), o conhecimento científico tem papel fundamental pois é a partir dele que as novas técnicas, que serão comercializadas, são criadas e instauradas, funcionando como meio para um fim, no caso, o de garantir os interesses de empresas. Porém, o conhecimento científico também possibilita o movimento contrário, no qual podemos entender os processos instaurados pelo interesse privado e a partir do seu entendimento possibilitar o enfrentamento à má utilização do solo.

Logo, o geógrafo possui papel fundamental nesse processo, pois é ele quem possui o arcabouço necessário para a análise das variáveis que formam o espaço, tanto do conhecimento do meio natural, quanto o das relações instauradas pela sociedade. Possibilitando assim relacionar os interesses privados em áreas fragilizadas com o processo de gentrificação, onde muitas vezes, a população mais pobre acaba sendo removida em nome do conservacionismo ambiental travestido dos interesses privados.

## Referências bibliográficas

BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo – SP. Ícone, 1990, 355p

BIDWELL, O.W., e F.D. HOLE. Man as a factor of soil formation. **SOIL SCIENCE** 99, 1965. p. 65 - 72.

BRAGAGNOLO, N. Uso dos solos altamente suscetíveis à erosão. In. **SOLOS ALTAMENTE SUSCETÍVEIS À EROSÃO**. PEREIRA, Vicente de Paula, ed. (1994). Jaboticabal, FCAV – UNESP/SBCS: 1994. p. 3 – 16.

BRASIL. Ministério da Indústria, comércio exterior e Serviços: **Estatísticas de comércio exterior**. Disponível em <http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/> acesso em 24/10/2016

BRASIL. **Safra de cana 2016/17 cresce em produção e área**, disponível em <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2016/04/safra-de-cana-2016-17-cresce-em-producao-e-area> acesso em 27/04/2017

CANIL, K. . Metodologia para elaboração da Carta de Risco de Erosão do Município de Franca, SP. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO**, 7., 2001, Goiânia. Anais.... São Paulo:: ABGE, 2001. p. 1-10.

COLÂNGELO, A. C. Processos de Escoamento Superficial em Áreas Urbanas: Caracterização e Modelos Aplicados a Cidades Mediterrâneas Espanholas. In: V SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 1993, São Paulo. Anais do V Simpósio de Geografia Física Aplicada. São Paulo, p.73-79,1993.

COLANGELO, A C. **O Modelo de Feições Mínimas, ou das Unidades Elementares de Relevo**: um suporte cartográfico para mapeamentos

geoecológicos. São Paulo. Revista do Departamento de Geografia. 1996. p. 29 – 40.

FCTH – Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica. **Diretrizes Básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. São Paulo, 1999. Disponível em:<  
[http://www.fau.usp.br/docentes/deptecnologia/r\\_toledo/3textos/07drenag/dren-sp.pdf](http://www.fau.usp.br/docentes/deptecnologia/r_toledo/3textos/07drenag/dren-sp.pdf)>. Acesso em 04/10/2017.

FRANCISCO, A. B. **A Erosão no Extremo Oeste Paulista e Seus Impactos no Campo e na Cidade**. Paraná. Revista GEOMAE. 2011. p. 57 – 68.

FREITAS, L. F.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; e GOMES, R. A. T. Relacionamento entre a mudança da rede de drenagem devido à construção de estruturas urbanas e o surgimento de voçorocas e ravinas no bairro do Jardim Botânico no Distrito Federal. **Revista Brasileira De Geomorfologia**. v.13, n.4, 2012. P.419-433.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática**, disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>  
Acesso em 23/11/2016

OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de. (Org.). **Geologia de Engenharia**. 1ed. SÃO PAULO: ABGE - São Paulo, 1998, v. 1.

PEREIRA, M. F. **Carta de risco a movimentos de massa associado às condições atuais de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica das Furnas, município de Santana de Parnaíba, São Paulo**. São Paulo, 2014.

SALOMÃO, F. X. T.. **Processos Erosivos Lineares em Bauru (Sp): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural**. 1994. Tese (doutorado). Universidade de São Paulo. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Departamento de geografia. São Paulo, 1994.

SALOMÃO, F. X. de T. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos**: Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

SALOMÃO, F. X. T; CANIL, K.; RODRIGUES, S. P. Exemplo de aplicação da geologia de engenharia no controle preventivo e corretivo dos processos erosivos. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 39-56, 2012.

SEABRA, O. C de L. São Paulo: a Cidade, os Bairros e a Periferia. In . **Geografias de São Paulo: Representação e Crise da Metrópole**, CARLOS, A. F. A. & OLIVEIRA, A.U.(org.). São Paulo: Contexto, v.1, p. 271-311, 2004.