

CÁLCULO DA PERDA DE SOLOS EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA SOB CULTIVO DE FRUTÍFERAS, NO MUNICÍPIO DE VALINHOS, SÃO PAULO, BRASIL.

Antonio Carlos Vitte. Professor Departamento de Geografia, UNICAMP, Campinas (SP), Brasil. CP 6152, CEP 13083-970. e-mail: vitte@uol.com.br.

Palavras-Chave: Erosão dos Solos; Bacia Hidrográfica; Fruticultura.

1.0 - INTRODUÇÃO

Este artigo visa contribuir com os estudos relativos aos processos erosivos, por meio da estimativa de perda de terra em uma bacia hidrográfica sob o cultivo de frutíferas, utilizando a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE).

Embora a erosão dos solos seja um processo natural de esculturação da crosta terrestre, sendo condicionada por fatores como a chuva, o relevo, a cobertura vegetal e o solo, é consenso entre os pesquisadores que a aceleração do processo erosivo está relacionada à introdução das atividades humanas, particularmente as agrícolas. Nesse sentido, o avanço dos estudos relativos à erosão dos solos tornam-se cada vez mais importantes para a preservação das terras agricultáveis ainda disponíveis, sendo que, o uso de equações empíricas é um valioso instrumento para estes estudos, especialmente pela possibilidade da utilização em escala universal.

- Estimativa de perdas de terra: são desenvolvidos todos os trabalhos necessários para a aquisição dos fatores que compõem a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) para posterior aplicação e obtenção dos resultados.

- Resultados e Discussão: são interpretados e discutidos os resultados dos fatores condicionantes das taxas de perdas de terra, e analisados quais os que exerceram maior influência sobre os valores obtidos para estas taxas.

- Considerações Finais: são apresentados os principais aspectos da pesquisa desenvolvida, como, a relevância do desenvolvimento de pesquisas relativas à erosão dos solos; o fator que compõe a Equação Universal de Perdas de Solo que mais despertou a atenção; dificuldades encontradas durante o desenvolvimento da pesquisa e os fatores limitantes do uso da Equação Universal de Perdas de Solo.

A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ESTUDO

Segundo CUNHA (1997), é possível encontrar na bibliografia existente diversos conceitos para bacia hidrográfica, sendo que, a maioria tem em comum a noção de um curso fluvial que recebe água da precipitação, diretamente sobre o espelho d'água, e do escoamento superficial de determinada área, a qual é definida através dos pontos altitudinais mais elevados, ou seja, os divisores de água. Além disso, estas definições enfatizam o fato destas águas sempre convergirem para um ponto comum, a foz. Outra semelhança nas citações de vários autores, é que os cursos fluviais de uma bacia hidrográfica também são alimentados pela água oriunda do escoamento sub-superficial e pelo lençol freático.

Isso demonstra, quanto ao conceito de bacia hidrográfica, que não existem divergências significativas, constatando-se apenas maior ou menor ênfase em determinados aspectos desta unidade espacial, em função do enfoque considerado por cada autor em particular.

Oficialmente a utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento ocorreu nos Estados Unidos em 1933 com a criação da *Tennessee Valley Authority* (TVA). Desde então, os estudos que têm como unidade de base as bacias hidrográficas, proliferaram-se pelos mais diversos seguimentos da ciência moderna que visam o planejamento ambiental.

No Brasil, o uso da bacia hidrográfica nos trabalhos de pesquisa se intensificou somente nas últimas décadas. Essa intensificação pode ser atribuída à criação da lei de Política Agrícola – Lei nº 8.171/91 – que em seu artigo 20 determina que “as bacias hidrográficas constituem-se em unidades básicas de planejamento do uso, da conservação e da recuperação dos recursos naturais” (MACHADO, 1998). Posteriormente, a importância da bacia hidrográfica como unidade de estudo se acentuou com a criação da Lei nº 9.433/97 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (em seu art. 1º, V, a Lei nº 9433/97 aponta que a aplicação do quadro normativo hídrico terá como unidade territorial, a “bacia hidrográfica”).

O PROCESSO EROSIVO

De acordo com CUNHA (1997), a erosão dos solos é um processo normal no desenvolvimento da paisagem, sendo responsável pela remoção do material de superfície através do vento, gelo ou água. Sob estas condições, a erosão é considerada um processo natural. Por outro lado, a erosão acelerada dos solos ocorre em intensidade superior à erosão normal, sendo atribuída usualmente, ao resultado das atividades humanas sob determinadas condições de clima, vegetação, solos e relevo.

A erosão enquanto processo, é resultante da dinâmica de um determinado sistema ambiental que está em desequilíbrio provocado por interferências naturais ou antrópicas em um de seus fatores. Esse desequilíbrio é resultado do balanço ecodinâmico¹ de um determinado sistema ambiental (TRICART, 1977).

Para TRICART (1977), um sistema ambiental está em desequilíbrio, quando a morfogênese, ou erosão, predomina sobre a pedogênese, caracterizando um meio ecodinâmico instável. Por outro lado, nos meios onde ocorre o domínio da pedogênese sobre a morfogênese, estes caracterizam-se pelo equilíbrio dinâmico e estável.

Na concepção de TRICART (1977), o desequilíbrio de um sistema ambiental ocorre em função de condições naturais, como mudanças climáticas ou estruturais, ou pela intervenção humana, com a organização do espaço.

De acordo com BERTONI e LOMBARDI NETO (1990), a chuva é um dos fatores de maior importância para a erosão, sendo que a intensidade, a duração, e a frequência, são as propriedades mais importantes que afetam o processo erosivo. Nesse sentido, resultados obtidos por SUAREZ CASTRO (1972) mostram que para uma mesma chuva com um total de 21mm, a perda de terra produzida por uma intensidade de 7,9 mm foi cem vezes maior que uma de 1mm. Considerando-se que a duração da chuva é o complemento da intensidade, a combinação de ambas determinará a chuva total. Por outro lado, a frequência das chuvas influenciará nas perdas de solo mesmo com chuvas de menor intensidade. Caso os intervalos sejam curtos, o solo terá um alto teor de umidade, o que favorece o escoamento superficial.

Quanto ao relevo, a maior influência está no comprimento e na declividade das vertentes. As mais íngremes facilitam a erosão dos solos na medida em que aumentam o escoamento superficial. Experimentos de campo realizados por BERTONI *et al.*(1972), apresentados no quadro 1, demonstram que em uma rampa de 50 metros, nos primeiros 25 metros perdeu-se 13,9 t/ha de solo; nos segundos 25 metros, 25,9 t/ha, isto é, quase o dobro. Em uma rampa de 75 metros, os terceiros 25 metros perderam 38,8 t/ha, aproximadamente três vezes mais que os primeiros. E finalmente, em uma rampa de 100 metros, os últimos 25 metros perderam 51,4 t/ha, ou seja, quase quatro vezes mais que os primeiros 25 metros.

A cobertura vegetal, em função da densidade, pode oferecer maior ou menor proteção ao solo, interferindo na intensidade da erosão. Através de dados obtidos pela Seção de Conservação do Solo do Instituto Agrônomo de Campinas, BERTONI e LOMBARDI NETO (1990) apontam que as perdas variam de acordo com o tipo de uso do solo, como mostra o quadro 2.

¹ O balanço ecodinâmico é o estudo das relações entre os vários elementos que compõem um sistema ambiental, o qual se dá usando-se o instrumental lógico dos sistemas, a partir da relação morfogênese/pedogênese

Quadro 1: Efeito do comprimento de rampa nas perdas de solo.

Comprimento de rampa	1° s	2°	3°	4°	Média
	25m	25m	25m	25m	
m	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
25	13,9	-	-	-	13,9
50	13,9	25,9	-	-	19,9
75	13,9	25,9	38,8	-	26,2
100	13,9	25,9	38,8	51,4	32,5

Fonte: BERTONI *et al.* (1972)

Quadro 2: Efeito do tipo de uso do solo sobre as perdas por erosão. Médias ponderadas para três tipos de solo do Estado de São Paulo.

Tipo de uso	Perdas de solo (t/ha)
Mata	0,004
Pastagem	0,4
Cafezal	0,09
Algadoal	26,6

Fonte: BERTONI *et al.* (1972)

Estes resultados, além de demonstrarem a influência da densidade de vegetação no processo de erosão dos solos, também permitem indicar que as perdas variam em função das atividades empregadas no preparo do solo. Por outro lado, atualmente os problemas relacionados à degradação ambiental têm sido alvo da mobilização de dirigentes do setor público e de grupos representativos da sociedade civil, e sem dúvida, dentre as questões ambientais, a erosão dos solos está entre as que tem causado maior preocupação (VITTE, 1997). Com isso, reforça-se a necessidade da compreensão dos processos responsáveis pela erosão, a fim de que se possa ter um entendimento sobre *como* e *porque* ela ocorre, e dessa forma poder associar o desenvolvimento com a conservação do solo.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do córrego “Espírito Santo”, afluente da margem direita do médio curso do Ribeirão dos Pinheiros e está localizada entre as coordenadas 7463.000 e 298.000 UTM e, 7460.000 e 301.000 UTM, no município de

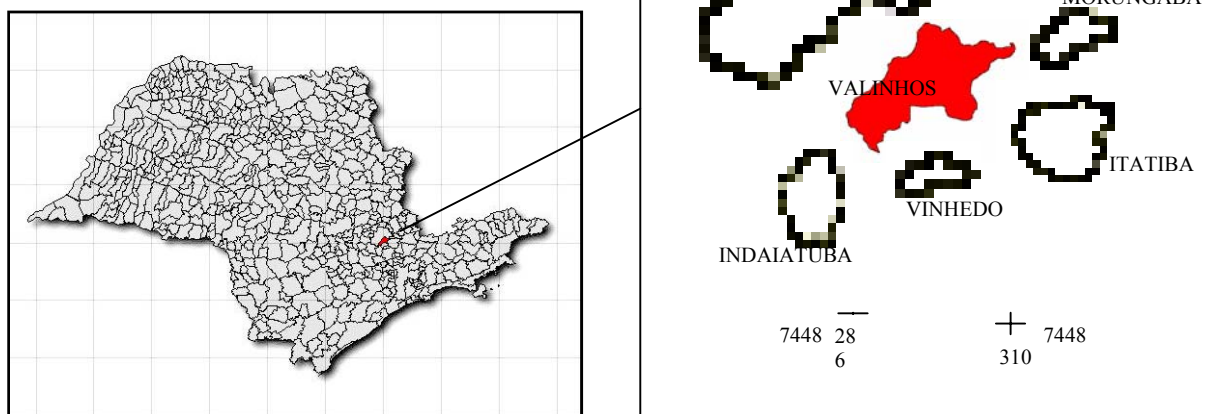
(TRICART, 1977).

Valinhos (SP), situado à 7 km de Campinas (SP) e à 90 km de São Paulo, capital, e que faz fronteira com Campinas, Indaiatuba, Itatiba, Morungaba e Vinhedo (figura 1).

Valinhos faz parte da Região Metropolitana de Campinas (RMC)², criada pela Lei Complementar nº 870, de 19/06/2000. De acordo com dados do Censo 2000, os municípios integrantes da RMC ocupam uma área de 3348 km² (1,3% da área total do estado) e possuem 2,3 milhões de habitantes (6,3% da população estadual).

O município de Valinhos possuía, em 2000, população de 82.973 habitantes, sendo 78.506 correspondentes à população urbana e o restante, 4.467, à população rural, o que representa um índice de urbanização de 94,6%.

Figura 1: Localização de Valinhos e municípios adjacentes, no Estado de São Paulo



Fonte: IBGE

O município de Valinhos³

O primeiro marco histórico do município de Valinhos registra a concessão da Sesmaria de Ribeirão do Pinheiro a Alexandre Simões Vieira em dezembro de 1732. Na época a região era "passagem forçada" para Minas Gerais e Goiás e este caminho era usado pelos Bandeirantes em sua busca de ouro e pedras preciosas. Eles percorriam as margens do Ribeirão Pinheiros, onde surgiram os primeiros pousos na Região de Campinas.

Quando a sesmaria foi outorgada, Campinas ainda era bairro pertencente a Jundiáí. Com a chegada de Francisco Barreto Leme, em 1741, inicia-se o povoado, até que em 1774

² A RMC é constituída pelos municípios de Americana, Artur Nogueira, Campinas, Cosmópolis, Engenheiro Coelho, Holambra, Hortolândia, Indaiatuba, Itatiba, Jaguariúna, Mote-Mor, Nova Odessa, Paulínia, Pedreira, Santa Bárbara d'Oeste, Santo Antônio de Posse, Sumaré, Valinhos e Vinhedo.

³ PIRES, M., 2000. Valinhos – Tempo e Espaço. Publicações da Academia Campineira de Letras, nº 37. Campinas - SP.

o bairro é elevado a distrito, tornando-se município posteriormente. A partir daí, é imprecisa a data em que foi fundada a Vila de Valinhos, embora neste período já se constatasse o desenvolvimento através das grandes fazendas que viriam se estabelecer na região. Nestas fazendas, inicialmente, o principal produto cultivado era a cana-de-açúcar, mas com a chegada do café, este a suplantou.

No entanto, o verdadeiro desenvolvimento de Valinhos só começou com a implantação da estrada de ferro Campinas-Jundiaí que trouxe consigo os primeiros estabelecimentos comerciais e as bases de uma indústria que se fortaleceu ao longo dos anos. Durante todo o período de desenvolvimento de Valinhos, a cultura do café foi de extrema importância, tendo na sua estação ferroviária um papel econômico importantíssimo, pois com a precariedade das estradas e as cargas sendo transportadas por animais, os trens passaram a ter grande importância no transporte de café em grãos para o Porto de Santos.

Apesar da reduzida extensão territorial e do relevo bastante irregular, Valinhos tem obtido grande destaque no setor agrícola. Isso porque o município especializou-se na produção de “frutas nobres”, importante seguimento do setor agrícola por ser um dos ramos mais tecnificados da agricultura e altamente rentável por unidade de área.

Valinhos além de ser o maior produtor de figo roxo do estado de São Paulo, condição que lhe conferiu o título de “Capital Nacional do Figo Roxo”, o município também é considerado um dos maiores produtores de goiaba *in natura*, e apresenta ainda significativa evolução no cultivo de outras frutas, como é o caso do pêssego.

Esse bom desempenho se deve ao fato destas culturas se adaptarem bem às características físicas do município, as quais são apresentadas na seqüência.

Geologia

Segundo o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), em Valinhos a litologia predominante é do Complexo Amparo (Proterozóico inferior), (figura 2), incluindo gnaisses a biotita, hornblenda e granada com grau variável de migmatização, associados a migmatitos de estruturas diversas, com intercalações não individualizadas de quartzitos, xistos, anfibolitos, gonditos e mataultrabasitas, além de incluir migmatitos bandados de paleossomas granulíticos e anfibolíticos, granulitos diversos migmatizados, migmatitos homogêneos, anatexitos, com pequenos *resisters* de biotita, gnaisses e quartzitos.

O Maciço de Morungaba, entre Valinhos, Morungaba e Pedreira, configura-se como um bloco tectonicamente soerguido em meio a metamorfitos migmatizados dos complexos Itapira e Amparo. Trata-se de uma culminação granítica tardia da evolução petrológica das rochas Varginha e Socorro, em seus termos metamórfico-migmatíticos (IPT, 1981).

Geomorfologia

Segundo o IPT (1981), o município de Valinhos está situado na zona de transição entre o Planalto Atlântico, sub-zona do Planalto de Jundiaí, e a Depressão Periférica, sub-zona do Médio Tietê. O relevo de Valinhos caracteriza-se por apresentar morros e morrotes predominando declividades médias a altas, acima de 15% com altitudes variando de 600 a 650 metros, próximos aos principais cursos d'água, e 850 a 950 metros nos topos mais elevados, como a Serra dos Cocais.

O relevo de morros está dividido em Mares de Morros, o qual, apresenta topos arredondados, vertentes com perfis convexos a retilíneos. Segundo TROPMAIR (2000), três elementos dominam e dinamizam o geossistema de Mar de Morros, a saber: o clima com temperatura e precipitação elevada, o relevo que se apresenta de forma vigorosa e os solos rasos e lixiviados de encosta (litossolos e latossolos vermelho-amarelos fase rasa). Este último grupo apresenta textura argilo-arenosa com predomínio de areia (70%), pequena profundidade (1,2m) e bastante ácido (pH 4,5).

O geossistema de Mar de Morros apresenta, de acordo com TROPMAIR (2000), paisagens bem marcantes pelo vigor do relevo e do clima quente e úmido. Ambos, relevo e clima influem diretamente na estrutura, nas inter-relações e na dinâmica da paisagem que foi intensamente modelada pela ação antrópica. Já os Morros com Serras restritas apresentam topos arredondados, vertentes com perfis retilíneos, por vezes abruptos e presença de serras restritas. No relevo de Morrotes predominam os do tipo alongados paralelos, com topos arredondados, vertentes com perfis retilíneos a convexos.

O município de Valinhos apresenta drenagem de alta densidade, padrão dendrítico à retangular, vales abertos à fechados, planícies aluvionares interiores desenvolvidas. Os rios que se destacam nesta área são: Atibaia, Tietê (médio curso), Piracicaba (alto curso), Jaguari, Jundiaí, Mogi Guaçu e Pardo.

Pedologia

Em 1999 o Centro Nacional de Pesquisa em Solos – EMBRAPA – SOLOS e o Centro de Solos e Recursos Agroambientais do Instituto Agronômico – CSRA – IAC lançaram o “Mapa Pedológico Abrangente do Estado de São Paulo” em substituição ao mapa de solos elaborado pela antiga Comissão de Solos do Ministério da Agricultura a partir do Levantamento de Reconhecimentos de Solos do Estado de São Paulo, de 1960.

O método adotado para elaboração foi o da compilação, aproveitando o acervo de informações produzido por instituições como a Embrapa Solos, IAC, Projeto Radam Brasil etc. O mapa elaborado consistiu fundamentalmente da identificação, distribuição e

delimitação cartográfica das unidades de mapeamento, seguida da estruturação, composição e ordenação da legenda, inicialmente na escala de trabalho 1:250.000 e posteriormente reduzida para a escala 1:500.000 e conversão para o recém editado Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

Para este trabalho utilizou-se o relatório e o mapa do Levantamento de Reconhecimentos de Solos do Estado de São Paulo (1960), por apresentar maior discriminação das unidades pedológicas em relação ao mapeamento de 1999, além de visitas de reconhecimento da área de estudo.

Podzólico vermelho amarelo

Os podzólicos vermelho amarelos são solos bem drenados, com seqüência de horizontes A-E-B-C, com nítida diferenciação entre os horizontes, com teor de argila do horizonte B bem mais elevado que os horizontes superficiais, são ácidos e com saturação de bases baixa. Em Valinhos encontra-se uma unidade de mapeamento:

- **Podizólico Vermelho Amarelo Orto (PV):** ocupa 45% da área total do município e localiza-se no Planalto Atlântico. O relevo desta unidade é montanhoso ou forte ondulado e os materiais de origem são granitos e gnaisses..

Podzolizados com cascalho

Os solos podzolizados com cascalho (Pc) são solos com morfologia semelhante à do podzólico vermelho amarelo orto (PV). Diferenciam-se por apresentar grande quantidade de cascalhos ao longo de todo o perfil e por possuírem na maior parte dos casos, saturação em bases alta.

Essa unidade ocupa 40% da área total do município e ocorre no Planalto Atlântico. O relevo varia de forte ondulado a montanhoso, sendo comum a presença de matacões à superfície do terreno e o material de origem são granitos de granulação grosseira

Latossolo Vermelho Amarelo

Os latossolos vermelho amarelos são solos bem drenados, com seqüência de horizontes A-B-C, e apresentam pequena diferenciação entre horizontes. A relação textural (% de argila do horizonte B/% de argila do horizonte A) é em torno de 1,3. São ácidos e apresentam saturação de bases baixa e baixos teores de óxido de ferro. Em Valinhos encontra-se uma unidade de mapeamento:

- **Latossolo Vermelho Amarelo Orto (LV):** são solos argilosos e profundos. Localizam-se no Planalto Atlântico em relevo montanhoso e tem como material de origem granitos e gnaisses.

Litosol

De modo geral, esta unidade ocupa as partes mais altas de um relevo montanhoso e é constituída por solos pouco desenvolvidos com seqüência A, D ou A, C e D, em que o fator tempo e o relevo acidentado, destacam-se sobre os demais fatores de formação do solo.

Aluviais

Esta unidade é constituída por solos formados por material não consolidado, de deposição recente, apresentando-se em camadas estratificadas, sem relação genética entre si. Neles, apenas o horizonte A se encontra presente, os demais não são bem diferenciados, pois os agentes de formação, principalmente o clima e os fatores biológicos, ainda não tiveram tempo suficiente para agir sobre os sedimentos depositados.

As características das diversas camadas que constituem o perfil do solo variam de acordo com o material sedimentar que a formou. De modo geral estes solos sempre ocupam as encostas mais baixas da região, situando-se nos fundos dos vales, formando os terraços dos rios.

Clima

Segundo a classificação de Köppen, é possível identificar duas divisões climáticas no município de Valinhos:

Cfa: clima mesotérmico úmido, sem estiagem, em que a temperatura média do mês mais quente é maior do que 22°C. O mês mais seco apresenta mais de 30mm de chuva. Este tipo de clima é característico do sul do país, no entanto, estende-se para o norte, nas zonas elevadas, em especial no sul de São Paulo.

O mês de julho é o mais seco, com totais pluviométricos acima de 30mm, enquanto janeiro é o mês mais chuvoso. O índice pluviométrico desse tipo climático varia entre 1100 e 1700mm

Cfb: clima mesotérmico e úmido sem estiagem em que a temperatura média do mês mais quente não atinge 22°C. O índice pluviométrico para este tipo climático varia de 1100 a 2000mm e é encontrado nas serras mais elevadas.

Os dados pluviométricos para Valinhos foram obtidos da estação meteorológica D3-002 Salto Grande (Lat. 22° 55' Long. 46° 53'). O período de análise foi de 1974 a 1994, por apresentar dados com melhor homogeneidade.

Após a definição do período homogêneo realizou-se a tabulação dos dados para identificar possíveis anomalias pluviiais. Foi realizado também o cálculo dos desvios positivos e negativos através do desvio-padrão em torno da média. Os resultados foram organizados em gráficos que proporcionam uma visão da variabilidade anual e sazonal do

comportamento pluviométrico em Valinhos (SP). A tabela 1 e os gráficos 1, 2 e 3 apresentam os dados de chuva para o período mencionado.

Através destes dados constatou-se que no município de Valinhos a precipitação média anual registrada no período foi de 1504,2 mm. A estação chuvosa estende-se de outubro a março, onde ocorrem cerca de 72% da precipitação média anual, enquanto que o período de maior estiagem é entre os meses de julho e agosto, representando apenas 5% da precipitação média anual.

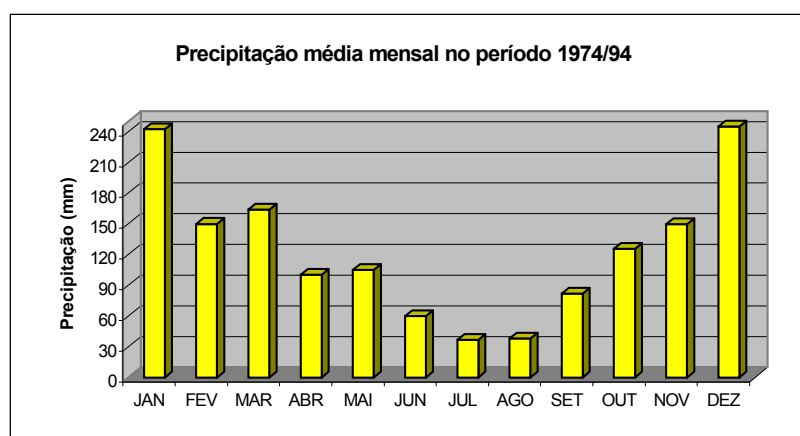
BACIA: ATIBAIA
 NOME: SALTO GRANDE
 ESTAÇÃO METEOROLÓGICA PREFIXO: D3-002
 LAT:22° 55' LONG: 46° 53'

Tabela 1: Chuva média mensal para o período 1974 - 1994

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Média Anual	Total anual
1974	348.7	70.7	107.7	83.3	7.2	122.0	0.0	11.4	48.5	153.1	175.3	244.2	114.3	1372.1
1975	180.4	239.2	91.7	29.0	20.2	4.9	33.6	0.0	26.9	171.8	227.3	288.9	109.5	1313.9
1976	194.2	296.8	213.7	102.1	149.2	91.4	162.5	125.8	222.7	111.0	230.4	178.8	173.2	2078.6
1977	305.9	74.7	119.5	152.4	9.6	44.0	13.5	29.6	163.5	75.5	164.9	346.1	124.9	1499.2
1978	100.0	76.5	126.7	9.6	75.1	56.3	110.4	2.3	38.7	97.1	260.1	156.5	92.4	1109.3
1979	141.5	127.5	117.1	90.0	112.2	3.1	54.2	78.4	103.0	185.3	139.8	168.0	110.0	1320.1
1980	232.7	122.9	53.9	241.5	17.6	87.6	7.0	55.8	60.9	65.4	117.2	256.4	109.9	1318.9
1981	278.0	94.2	124.7	38.7	12.9	74.8	17.2	12.4	27.6	266.5	235.1	223.2	117.1	1405.3
1982	376.3	150.3	178.0	43.9	39.5	165.6	41.1	64.1	7.4	260.3	137.9	276.7	145.1	1741.1
1983	391.9	364.4	249.0	187.4	282.9	216.4	47.8	10.6	278.4	192.4	175.3	266.2	221.9	2662.7
1984	252.4	41.9	72.8	198.9	116.2	0.6	7.2	155.2	174.9	32.6	144.6	246.9	120.4	1444.2
1985	198.1	162.5	218.0	118.1	87.6	28.5	10.3	19.8	110.5	68.1	94.5	221.2	111.4	1337.2
1986	151.1	187.5	241.8	60.9	162.3	3.1	52.5	147.9	34.5	127.8	220.8	317.6	142.3	1707.8
1987	336.5	179.7	224.5	83.1	254.1	104.0	11.5	11.5	91.3	84.9	96.4	170.9	137.4	1648.4
1988	276.4	143.7	223.9	100.1	136.9	32.6	0.0	0.0	6.8	159.7	133.8	251.0	122.1	1464.9
1989	261.3	207.1	70.0	73.6	16.2	57.3	178.3	26.6	71.4	38.5	268.1	135.1	117.0	1403.5
1990	355.3	102.8	231.0	52.1	57.5	16.9	151.8	40.3	94.7	109.7	79.3	188.1	123.3	1479.5
1991	436.5	230.2	426.5	208.6	41.1	38.9	25.7	6.0	72.8	147.1	138.0	274.5	170.5	2045.9
1992	200.7	80.6	172.6	50.5	88.7	8.0	39.8	22.6	118.0	246.4	247.5	170.3	120.5	1445.7
1993	259.8	275.8	113.5	97.4	137.5	48.3	0.8	48.0	205.3	94.5	128.7	185.8	133.0	1595.4
1994	251.9	171.5	0.0	72.5	52.9	42.3	46.5	0.0	0.0	0.0	121.4	353.1	92.7	1112.1
M. Mensal	263.3	161.9	160.8	99.7	89.4	59.4	48.2	41.3	93.2	128.0	168.4	234.3		

Fonte: Banco de dados pluviométricos do Estado de São Paulo - DAEE / Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Obras / Governo de São Paulo

Gráfico 1: Dados pluviométricos mensais da estação meteorológica D3-002 – Salto Grande



Fonte: Tabela 2

Gráfico 2: Dados pluviométricos anuais da estação meteorológica D3-002 – Salto Grande

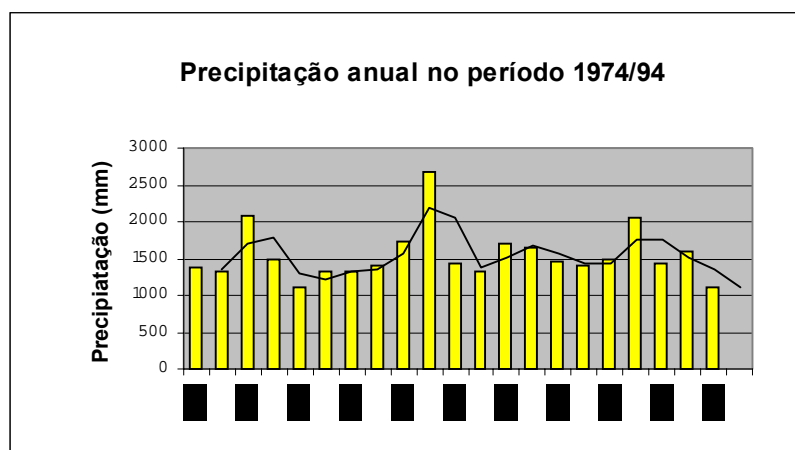
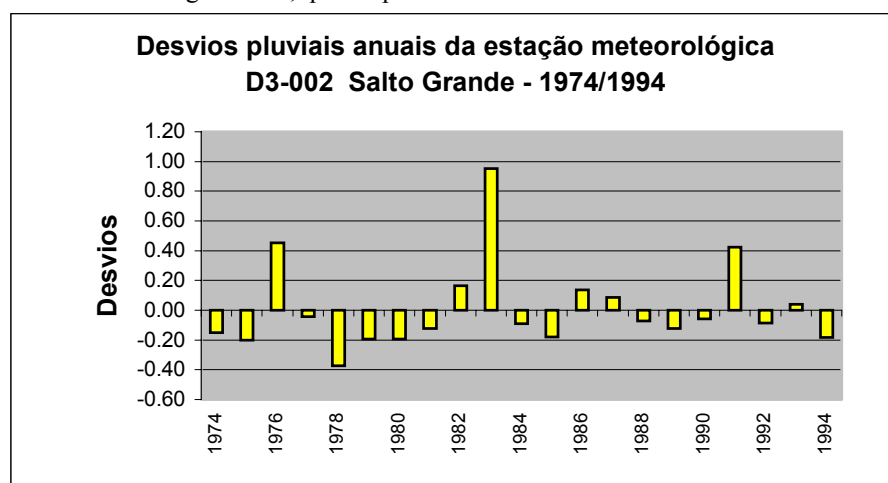


Gráfico 3: Desvios padrões dos dados pluviométricos anuais da estação meteorológica D3-002 Salto Grande, Lat. 22° 55' Long. 46° 53', para o período 1974 –1994



Fonte: Tabela 2

Estimativa de perda de solo

Os primeiros trabalhos sobre avaliação das perdas de solo através de equações foram desenvolvidos por cientistas norte-americanos na década de 40, na região do *Corn Belt* dos Estados Unidos.

De acordo com VITTE (1997), os experimentos desenvolvidos no meio-oeste americano durante o período de 1940-54 culminaram em equações que relacionavam as perdas de solo com os efeitos da declividade e do comprimento da rampa, de práticas conservacionistas e de fatores de uso e manejo do solo. Em 1946, um comitê americano revisou individualmente os fatores e dados existentes e após incluírem o fator de erosividade da chuva, produziram a equação de Musgrave que foi amplamente utilizada nas

estimativas de erosão em bacias hidrográficas incluídas em programas para controle de inundações.

No Brasil, os primeiros trabalhos sobre a *Equação Universal de Perdas de Solo* foram desenvolvidos por BERTONI *et al.* (1975), utilizando dados existentes para as condições do Estado de São Paulo. Desde então, diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos por várias instituições do país, dentre elas o Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, visando avaliar os fatores da equação não só para São Paulo, como também para outras regiões.

Nesse sentido, VITTE (1997) destaca a importância destes trabalhos em função da *Equação Universal de Perdas de Solo*, apesar de ser um valioso instrumento para predição, ter sua adoção limitada pelas dificuldades existentes na determinação dos parâmetros que a compõem, pois estes baseiam-se em resultados de parcelas experimentais que na maioria das vezes necessitam de grandes financiamentos, enquanto para atingir índices de predição estatisticamente confiáveis, é necessário um longo período de mensuração.

Segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), a falta de métodos para adaptar os valores dos fatores determinados, às propriedades das chuvas, às práticas agrícolas locais, à duração do período de desenvolvimento da cultura, além de outras variáveis, impossibilitou a difusão das equações à novas áreas. Este problema foi solucionado em 1954 no *Runoff and Soil-Loss Data Center, do Agricultural Research Service*, onde foi desenvolvida a atual equação de perdas de solo, através de análises que determinaram a inclusão de melhorias na equação, tais como: um índice de erosão da chuva; um método de avaliar os efeitos do manejo de uma cultura em função das condições climáticas locais; um fator quantitativo de erodibilidade do solo; um método que considere os efeitos de interpelações de certas variáveis como nível de produtividade, seqüência de culturas e manejo dos resíduos. Estas alterações propiciaram a aplicação generalizada da equação, de modo que o modelo passou a denominar-se *Equação Universal de Perdas de Solo* (USLE). Posteriormente, WICHMEIER & SMITH (1978) revisaram-na, atualizando e incorporando-lhe novos dados disponíveis, resultando na seguinte versão:

$$A = RKLSCP$$

onde:

A = perda média anual de solo (T/ha)

R = fator erosividade da chuva (Mj/ha.mm/ha)

K = fator erodibilidade do solo (Mj/ha.mm/ha)

L S = fator topográfico englobando a declividade e o comprimento das vertentes

C = fator uso/manejo dos solos

P = fator práticas conservacionistas

Segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), estas alterações possibilitaram a superação das restrições climáticas e geográficas contidas nos primeiros estudos, propiciando a aplicação generalizada da equação.

Comprimento e Grau do Declive (Fator LS)

A ação exercida pelas águas pluviais é condicionada por duas variáveis do relevo que constituem o fator topográfico: a declividade e o comprimento das vertentes.

De acordo com BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), o fator LS representa a relação entre as perdas de solo para um grau de declive e um comprimento de rampa qualquer e as perdas em uma parcela unitária com 25 metros de comprimento e 9% de declive. Estas medidas de comparação resultaram de pesquisas que permitiram representar matematicamente a relação existente entre as perdas de solo e o grau do declive (fator S) e as perdas de solo e o comprimento do declive (fator L). A resolução da equação para estimar as perdas de solo no entanto é facilitada quando se combinam os elementos L e S.

Neste trabalho, o levantamento do comprimento das rampas foi realizado a partir do mapeamento, com base em carta topográfica na escala 1:10.000, da rede de drenagem e dos divisores de águas da bacia, seguido da secção do córrego “Espírito Santo” em sub-bacias. Em seguida, baseado na escala da carta topográfica, estabeleceu-se as classes de distâncias entre os interflúvios e os talvegues que foram aplicadas seguindo-se a inclinação do terreno.

Dessa forma, para cada sub-bacia foram determinadas uma ou mais classes de comprimento de rampa. Estes seguimentos foram denominados de “parcelas” e passaram a se constituir nas unidades básicas para o estabelecimento dos outros parâmetros da equação.

Em toda a bacia foram delimitadas 160 parcelas, das quais sobressaem-se as de comprimento de vertente até 100 metros e de 100 a 200 metros, com 42% e 32%, respectivamente. Os dados do quadro 3 e o mapa da figura 2 retratam a extensão das vertentes na bacia do córrego “Espírito Santo”.

Quadro 3: Intervalos das parcelas e suas respectivas quantidades e porcentagens

Classes (metros)	Nº absoluto	(%)
< 100	67	42
100 —† 200	51	32
200 —† 300	26	16
300 —† 500	11	7
500 —† 700	5	3

Com relação à declividade, utilizou-se o software ArcView GIS 3.2 para a geração do mapa clinográfico composto por seis intervalos de classes (figura 3). Posteriormente, a declividade de cada uma das parcelas foi obtida através da superposição do mapa básico que continha suas delimitações, ao mapa clinográfico. Em seguida multiplicou-se o valor intermediário de cada classe pela sua área correspondente em porcentagem. Ao final, dividiu-se a somatória dos totais pela somatória das áreas de cada classe, estabelecendo-se assim, o valor individual da declividade de cada parcela. A tabela 2 apresenta este cálculo para uma das parcelas.

Tabela 2: Cálculo da declividade para uma das 160 parcelas da bacia hidrográfica do córrego “Espírito Santo”.

Parcela 13			
Classes	Média das Classes	Área (%)	Total
0 - 5	2.5	5.1	12.75
5 - 10	7.5	46.4	348
10 - 20	15	38.2	573
20 - 30	25	10.3	257.5
30 - 40	35	0	0
40 - 60	50	0	0
		Σ =100	Σ =1191.25
		Declividade = 11.9	

Fonte: Trabalho de gabinete

Estabelecidos os valores de declividade e comprimento de vertente, VITTE (1997) propõe para o cálculo do fator topográfico, o modelo de WISCHMEIER e SMITH (1965), transcrito por BERTONI, LOMBARDI NETO e BENATTI JR (1975), adaptado para unidades métricas:

$$LS = L 0,5/100 (1,36 + 0,97 S + 0,13855 S^2)$$

Onde

L = comprimento da rampa em metros⁴

S = declividade, em porcentagem

Com os dados utilizados para a obtenção de LS, estruturou-se uma planilha no software Excel 7.0, obtendo-se em seguida seus respectivos valores. O fragmento desta planilha é apresentado no quadro 5. Em seguida, baseado nos valores obtidos para LS,

⁴ Para a aplicação dos valores de L, foram considerados os valores intermediários das classes, os quais são apresentados na 2ª coluna do quadro 5.

foram estabelecidas cinco intervalos de classes (quadro 4) que foram aplicados aos dados para a geração do mapa do fator LS na bacia (figura 4).

Quadro 4: Intervalos de classes e suas respectivas quantidades e porcentagens

	Intervalos de Classes				
	< 35	35 - 70	70 - 105	105 - 140	>140
Nº Absoluto	118	28	7	5	2
(%)	73.8	17.5	4.4	3.1	1.3

Fonte: Trabalho de gabinete

Quadro 5: Fragmento da planilha de cálculo do fator LS para as parcelas da bacia hidrográfica do córrego “Espírito Santo”

Parcela	Comp.Vertente (m)	Declividade (%)	LS
1	50	2.5	1.2
2	150	4.4	6.2
3	250	4.3	10.1
4	400	7.2	31.0
5	600	5.2	30.4
6	250	10.7	34.5
7	150	11.6	23.4
8	50	7.0	3.7
9	50	8.6	5.0
10	150	8.3	14.2
11	50	10.6	6.8
12	50	7.2	3.9
13	150	11.9	24.4
14	250	11.3	37.5
15	400	10.2	6.4
16	250	8.9	26.2
17	150	5.3	7.8
18	50	2.5	1.2
19	50	5	2.4
20	150	9.6	17.6
21	50	5.4	2.6
22	50	3.9	1.8
23	150	9.2	16.5
24	250	10.1	31.5
25	400	7.4	32.4
26	250	8.9	26.1
27	150	10.4	19.7
28	50	6.5	3.3
29	50	10.2	6.4
30	150	7.2	11.6
31	50	8.4	4.8
32	150	5.5	8.2
33	250	8.4	24.1
34	50	14.9	7.2
35	50	11.0	7.2

Fonte: Trabalho de gabinete

A distribuição do fator LS na bacia apresentou predominância dos valores abaixo de 35, correspondendo a 73,8% do total. Estas áreas também são caracterizadas por apresentarem os menores valores de declividade. Por outro lado, as áreas dotadas de maior declividade resultaram em valores mais elevados para LS.

Erosividade das chuvas (Fator R)

Segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), estudos realizados demonstram que o melhor índice para expressar a erosividade de uma chuva é o produto da energia cinética total pela sua intensidade. Esse fator foi denominado EI.

LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1980), encontraram alta correlação para a regressão linear entre o índice médio de erosão mensal e um coeficiente de chuva (modificado do coeficiente de chuva de Fournier). A relação obtida foi:

$$EI = 67,355(r^2/p)^{0,85}$$

em que:

EI = índice médio de erosão mensal;

r = precipitação média mensal em milímetros;

p = precipitação média anual em milímetros

A soma dos valores dos índices médios de erosão mensal corresponde ao índice médio de erosão anual, ou seja, ao fator R.

LOMBARDI NETO *et al.* (1980), utilizando esta equação, estabeleceram os valores de EI para cento e quinze locais previamente selecionados do estado de São Paulo. O mapa de isoerodentes⁵ (figura 5) para o Estado de São Paulo mostra os valores médios anuais de erosividade da chuva, e também o do fator chuva na equação de perdas de solo.

No mesmo trabalho, os dados de chuva sumarizados para compor o mapa de isoerodentes, também foram analisados para diferentes locais quanto ao potencial de erosão durante o ano. As porcentagens mensais do total anual do EI para um local foram comparadas com dados similares dos adjacentes, estabelecendo-se os valores médios das porcentagens. Em seguida foram separadas quatorze áreas relativamente homogêneas (figura 6) no Estado de São Paulo, onde a distribuição do potencial de erosão anual era uniforme (BERTONI & LOMBARDI NETO 1990).

Estas informações do mapa de isoerodentes e das curvas de distribuição do EI, facilitam a aplicação da equação de perdas de solo a medida que pode ser aplicada em qualquer área do Estado de São Paulo.

⁵ Linhas que ligam pontos de iguais potenciais de erosão

Para a determinação da erosividade das chuvas na bacia hidrográfica do córrego “Espírito Santo” foram utilizados dados de precipitação, obtidos através do Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo, da estação meteorológica D3-002 – Salto Grande (Lat. 22° 55’ Long. 46° 53’) referentes ao período de 1974 a 1994 (Tabela 1). Em seguida aplicou-se a equação $EI = 67,355 (r^2/p)^{0,85}$, proposta por LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER, obtendo-se o valor de R.

A tabela 3 mostra os EIs encontrados para o período analisado, a partir dos quais obteve-se o valor de 6.055 para R.

De acordo com os mapas das figuras 5 e 6, o município de Valinhos situa-se entre as linhas 6.500 e 6.750, e na área 6. Como os valores das isoerodentes foram obtidos em escala estadual, pode-se considerar que o valor de R para a bacia do “Córrego Espírito Santo” é compatível com os valores apresentados por BERTONI & LOMBARDI NETO (1990).

Tabela 3: Médias mensais dos índices de erosão (EI) obtidos através de $EI = 67,355 (r^2/P)^{0,85}$

ANO	EI MENSAL												EI MÉDIO ANUAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
1974	25.180,5	1.670,7	3.417,1	2.208,0	34,4	4.223,8	0,0	75,1	880,4	7.822,1	13.742,4	13.742,4	6.083,1
1975	8.521,1	13.765,4	2.697,3	381,0	206,1	18,5	489,4	0,0	335,3	12.621,6	18.974,3	18.974,3	6.415,4
1976	6.540,2	13.451,1	7.695,5	2.192,4	4.178,1	1.816,3	4.830,8	3.126,3	8.254,5	8.745,6	5.683,2	5.683,2	6.016,4
1977	18.693,0	1.701,5	3.782,0	5.718,3	52,0	691,9	92,8	352,7	6.444,3	6.538,4	23.058,8	23.058,8	7.515,4
1978	3.609,0	2.288,8	5.396,4	67,2	2.218,0	1.359,1	4.270,0	5,9	718,6	18.328,2	7.727,8	7.727,8	4.476,4
1979	5.616,2	4.704,6	4.071,0	2.602,4	3.785,7	8,5	1.098,9	2.058,2	3.273,3	5.502,0	7.519,4	7.519,4	3.980,0
1980	13.093,3	4.423,2	1.089,4	13.946,1	162,5	2.487,4	33,9	1.155,5	1.340,7	4.080,1	15.440,3	15.440,3	6.057,7
1981	16.786,0	2.666,6	4.295,8	587,7	90,8	1.801,8	148,1	84,9	330,8	12.624,1	11.557,1	11.557,1	5.210,9
1982	23.408,9	4.918,2	6.556,7	607,0	507,2	5.799,3	542,6	1.155,1	29,4	4.248,5	13.880,0	13.880,0	6.294,4
1983	17.480,3	15.446,6	8.085,2	4.987,2	10.044,4	6.369,2	488,9	37,8	9.774,3	4.452,2	9.057,4	9.057,4	7.940,1
1984	13.916,9	657,3	1.681,2	9.282,6	3.722,6	0,5	32,9	6.088,4	7.459,9	5.398,5	13.405,3	13.405,3	6.254,3
1985	9.842,6	7.028,4	11.582,0	4.085,4	2.458,5	364,5	64,6	196,2	3.648,6	2.796,7	11.872,5	11.872,5	5.484,4
1986	5.044,9	7.281,2	11.219,6	1.076,3	5.697,0	6,8	836,3	4.864,6	409,6	9.613,9	17.836,1	17.836,1	6.810,2
1987	20.278,9	6.980,8	10.191,5	1.881,4	12.579,9	2.755,0	65,2	65,2	2.207,9	2.421,6	6.409,6	6.409,6	6.020,6
1988	16.045,4	5.277,3	11.215,8	2.854,1	4.859,9	423,8	0,0	0,0	29,5	4.674,3	13.620,2	13.620,2	6.051,7
1989	15.124,5	10.187,1	1.611,4	1.754,8	133,9	1.146,6	7.897,7	311,1	1.666,6	15.799,7	4.927,8	4.927,8	5.457,4
1990	24.383,0	2.961,2	11.727,8	932,6	1.102,8	137,6	5.744,3	602,7	2.575,6	1.904,8	8.270,6	8.270,6	5.717,8
1991	26.266,1	8.851,2	25.251,3	7.486,1	473,1	430,9	213,0	18,0	1.250,4	3.708,7	11.938,3	11.938,3	8.152,1
1992	9.417,6	1.997,0	7.287,5	902,0	2.350,1	39,3	601,7	229,9	3.817,7	13.448,9	7.123,2	7.123,2	4.528,2
1993	13.431,4	14.867,7	3.286,5	2.533,9	4.553,5	769,0	0,7	760,9	9.001,1	4.069,3	7.596,5	7.596,5	5.705,6
1994	14.833,2	7.716,1	0,0	1.785,3	1.044,8	714,4	839,1	0,0	0,0	4.288,6	26.337,4	26.337,4	6.991,4

Fator R: 6.055

Fonte: Trabalho de gabinete

Erodibilidade do solo (Fator K)

É uma característica individual de cada solo que mede a sua susceptibilidade em sofrer erosão. O fator K corresponde a perda de solo por unidade do fator R.

O valor quantitativo do fator K é determinado experimentalmente em parcelas unitárias com 25 metros de comprimento e 9% de declive preparadas como se fossem receber uma cultura de milho com práticas de manejo para evitar o aparecimento de ervas daninhas, ou formação de crostas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

A obtenção experimental do fator K é muito demorada e custosa. LOMBARDI NETO & BERTONI (1975), estudaram uma série de perfis para dois agrupamentos de solo do Estado de São Paulo (B textural e B latossólico), considerando as seguintes características: argila natural, argila dispersa e umidade equivalente, e estabeleceram uma relação média de erosão (erodibilidade) para os horizontes superficiais e subsuperficiais para os dois grupamentos de solo do Estado (quadro 6).

Quadro 6: Erodibilidade de solos do Estado de São Paulo em t.h/MJ

SOLO	HORIZONTE SUPERFICIAL	HORIZONTE SUBSUPERFICIAL
COM B TEXTURAL		
Podzolizados com cascalho	0,055	0,027
Podzolizados de Lins Marília (v. Mar.)	0,049	0,023
Podzólico Vermelho Amarelo (v. Laras)	0,043	0,046
Podzolizados de Lins Marília (v. Lins)	0,035	0,023
Podzólico Vermelho Amarelo Orto	0,034	0,018
Podzólico Vermelho Amarelo (v. Piracic)	0,028	0,019
Mediterrâneo Vermelho Amarelo	0,023	0,021
Terra Roxa Estruturada	0,018	0,011
COM B LATOSSÓLICO		
Latossolo Vermelho Amarelo Orto	0,022	0,009
Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa	0,017	0,012
Latossolo Vermelho Amarelo raso	0,017	0,022
Latossolo Vermelho Escuro Orto	0,015	0,022
Solos de Campos do Jordão	0,015	0,013
Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa	0,013	0,007
Latossolo Vermelho Amarelo fase terraço	0,012	0,003
Latossolo Roxo	0,012	0,004
Latossolo Vermelho Amarelo Húmico	0,011	0,004

Fonte: BERTONI & LOMBARDI NETO (1990)

Os dados apresentados para os dois agrupamentos de solos mostram que, de maneira geral, os solos podzolizados são mais suscetíveis à erosão. No entanto, BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) ressaltam que embora alguns solos sejam mais erodíveis que

outros, a quantidade de solo perdida pela erosão é influenciada não somente pelo próprio solo, mas também pelo tratamento ou manejo que recebe.

Para a obtenção dos dados de solo da bacia hidrográfica do “Córrego Espírito Santo”, além do mapa do Levantamento de Reconhecimentos de Solos do Estado de São Paulo, foi elaborado um esboço morfopedológico da área (figura 7) na escala 1:10.000, pois a área da bacia não permitia a obtenção de dados mais detalhados, por não ser compatível com a escala original do Mapa de Solos do Estado de São Paulo.

A partir da identificação dos tipos de solo, os valores de K foram atribuídos baseados nos dados obtidos por BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) apresentados no quadro 7.

É importante ressaltar que através da elaboração do esboço morfopedológico foi identificado a presença de manchas de Litossol com afloramentos de rochas. Como esta unidade não é contemplada nos agrupamentos estudados por BERTONI & LOMBARDI NETO, o valor atribuído a ela foi baseado na aproximação das suas características às de outras unidades pedológicas abordadas no estudo. O quadro 7 apresenta os valores utilizados para cada tipo de solo.

Quadro 7: Tipos de solos encontrados na bacia hidrográfica do córrego “Espírito Santo” e seus respectivos valores de K.

Tipos de solo	Valores de K
Podzolizado com Cascalhos	0,055
Litossol + Rocha	0,055
Podzólico Vermelho Amarelo Orto	0,034
Latossolo Vermelho Amarelo Orto	0,022
Aluvial	0,0

Fonte: Trabalho de gabinete

Uma vez estabelecidos os valores para os tipos de solo, a erodibilidade foi calculada para cada uma das parcelas. Quando em uma parcela havia mais de um tipo de solo, a erodibilidade correspondia à média resultante de seus respectivos valores.

Uso e Manejo (Fator C) e Práticas Conservacionistas (Fator P)

O fator C corresponde ao efeito combinado dos diversos tipos de manejos possíveis de serem adotados e da proteção oferecida pela cobertura vegetal.

BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) ressaltam que as perdas de solo ocorridas em um terreno que é mantido continuamente descoberto podem ser estimadas pelo produto dos termos R, K, L e S. Porém, se a área estiver cultivada, estas perdas serão amenizadas devido à proteção que a cultura oferece ao solo. Essa redução também é condicionada pelas

combinações de cobertura vegetal, seqüência de cultura e práticas de manejo, além do estágio de crescimento e desenvolvimento da cultura. Dessa forma, os efeitos do uso e o manejo não podem ser avaliados individualmente.

STEIN *et al.* (1987, apud TAVARES & VITTE, 1993) determinaram valores para o fator C agrupando as diversas ocupações do solo pelo porte e pela porcentagem de cobertura do terreno, aliado ao conhecimento prévio sobre as etapas de preparo do solo, plantio, colheita e manejo dos restos culturais na área de estudo.

TAVARES (1986, apud TAVARES & VITTE, 1993) estabeleceu o fator C a partir da comparação de pesquisas que relatavam perdas de solo em diferentes culturas e manejos, possibilitando com isso, a hierarquização dos diversos usos em relação às proteções que eles ofereciam aos solos. A partir do conhecimento do valor de C para alguns deles, através de pesquisas já realizadas, os demais puderam ser estimados.

Com relação à cobertura vegetal, a proteção oferecida por ela durante o seu ciclo vegetativo é gradual. Em função disso, para efeito de praticidade, BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) dividiram essa proteção em cinco estágios:

- período D (preparo do solo): do preparo do solo até o plantio;
- período 1 (plantio): do plantio até o primeiro mês após o plantio;
- período 2 (estabelecimento): do primeiro até o segundo mês após o plantio;
- período 3 (crescimento e maturação): do final do segundo mês após o plantio até a colheita;
- período 4 (resíduos): da colheita até o novo preparo do solo.

Desta forma, as intensidades de perdas de solo são computadas para cada um desses estágios e para cada cultura, sob várias condições.

Segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), para a obtenção do valor C, as intensidades de perdas de solo de cada período são relacionadas com dados relativos à chuva, isto é, em relação à porcentagem de distribuição do índice de erosão (EI) anual para determinado local.

O fator P é a relação entre a intensidade das perdas esperadas com o uso de determinada prática conservacionista e as perdas que ocorrem quando a cultura foi plantada no sentido do declive.

De acordo com BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), as práticas conservacionistas mais comuns para culturas anuais são: plantio em contorno, plantio em faixas de contorno, terraceamento e alternância de capinas.

BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) lembram ainda que em áreas terraceadas costuma-se levar em conta não só o valor P para plantio em contorno como também a redução do comprimento de rampa (L) que vai alterar o fator LS.

CUNHA (1997) ressalta que os efeitos dos dois fatores (C e P) podem ser avaliados conjuntamente devido à estreita relação entre ambos. A avaliação conjunta de C P é

contemplada segundo a proposta de STEIN *et al.* (1987, apud CUNHA, 1997) apresentada no quadro 8.

Quadro 8: Uso da terra e valores para C P

Uso da Terra	Valores de C P
Mata	0,00004
Silvicultura	0,0001
Citrus	0,02
Café	0,02
Cana-de-açúcar	0,5
Pastagem	0,01
Cultura anual	0,02

Fonte: CUNHA (1997)

Para a atribuição do valor de C P na área da bacia do córrego “Espírito Santo” foram consideradas algumas peculiaridades das culturas predominantes na área, em especial a aplicação de cobertura morta sobre o solo. Este tipo de prática é adotada anualmente após o período de poda, sendo que a área onde a cultura está instalada recebe em cada aplicação uma cobertura, em média, de 10 cm de espessura, permitido que o solo fique totalmente coberto.

Em função desta prática adotada, o valor atribuído a C P não pode ser o mesmo que é atribuído para outras culturas como o café ou os cítrus. Embora todas sejam culturas permanentes, as condições de exposição do solo são distintas. Dada a relevância do grau de proteção oferecido ao solo é possível atribuir a C P um valor similar ao de mata, ou seja, 0,00004.

Aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE)

Os dados obtidos para cada fator, foram inseridos em uma planilha de cálculo do software Excel 7.0, onde aplicou-se a equação para cada uma das parcelas. O quadro 9 apresenta um fragmento desta planilha.

A partir dos dados obtidos para a estimativa de perda de terra, foram determinadas as seguintes classes:

	≤ 0.5 ton/ha/ano
0.5	— 1.0 ton/ha/ano
1.0	— 1.5 ton/ha/ano
1.5	— 2.0 ton/ha/ano
	≥ 2.0 ton/ha/ano

A análise dos resultados mostra que, de maneira geral, as estimativas de perda de solo na bacia do córrego “Espírito Santo” são baixas. Considerando-se a área total da bacia, 84% apresenta estimativa de perda de solo menor ou igual 0.5 ton/ha/ano. Mesmo considerando as áreas com declividade mais acentuada, onde a suscetibilidade à erosão é maior, as perdas de solo não apresentaram valores elevados. A figura 8 ilustra as perdas de terra estimadas para a bacia.

Quadro 9: Fragmento da planilha de cálculo elaborada para estimativa de perdas de terra por erosão na bacia hidrográfica do córrego “Espírito Santo”

Parcela	R	K	LS	CP	EPS*
16	6055	0.017	26.2	0.00004	0.11
17	6055	0.017	7.8	0.00004	0.03
18	6055	0.017	1.2	0.00004	0.00
19	6055	0.017	2.4	0.00004	0.01
20	6055	0.017	17.6	0.00004	0.07
21	6055	0.017	2.6	0.00004	0.01
22	6055	0.0	1.8	0.00004	0.00
23	6055	0.017	16.5	0.00004	0.07
24	6055	0.017	31.5	0.00004	0.13
25	6055	0.017	32.4	0.00004	0.13
26	6055	0.017	26.1	0.00004	0.11
27	6055	0.017	19.7	0.00004	0.08
28	6055	0.017	3.3	0.00004	0.01
29	6055	0.034	6.4	0.00004	0.05
30	6055	0.035	11.6	0.00004	0.10
31	6055	0.036	4.8	0.00004	0.04
32	6055	0.037	8.2	0.00004	0.07

33	6055	0.038	24.1	0.00004	0.22
34	6055	0.039	7.2	0.00004	0.07
35	6055	0.040	7.2	0.00004	0.07
36	6055	0.041	10.0	0.00004	0.10
37	6055	0.042	36.7	0.00004	0.37
38	6055	0.045	10.3	0.00004	0.11
39	6055	0.055	11.8	0.00004	0.16
40	6055	0.055	27.0	0.00004	0.36

Fonte: Trabalho de gabinete

* Estimativa de perdas de solo em ton/ha/ano

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho desenvolvido na bacia do córrego “Espírito Santo” apontou que das 160 parcelas mapeadas, 43% apresentam rampas com até 100 metros de comprimento, e em 31% o comprimento varia entre 100 e 200 metros, enquanto que a declividade predominante oscila entre 20 e 40%.

De acordo com BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), esses dois componentes do relevo exercem acentuada influência sobre a erosão, pois, o tamanho e a quantidade do material em suspensão arrastado pela água dependem da velocidade com que ela escoar, e essa velocidade é uma resultante do comprimento da lançante e do grau de declive do terreno.

Quanto aos tipos de solo, predominam os que são constituídos de horizonte B textural, que de acordo com estudos realizados por BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), torna o solo mais suscetível à erosão. Pela ordem aparecem: o Podzólico Vermelho Amarelo, o Litossol com presença de rocha exposta e o Podzolizado com Cascalho.

Com relação ao uso, a área da bacia é ocupada quase que em sua totalidade pelo cultivo de frutíferas (figo, goiaba, uva), que por serem culturas permanentes, exigem menos emprego de atividades no preparo do solo. Mas em contrapartida, são culturas que têm em comum no manejo, o uso da poda anual. Isso significa que a densidade foliar destas culturas não é constante durante o ciclo produtivo anual, conseqüentemente, ocorrem variações na interceptação foliar, por ocasião das chuvas. As figuras 9 e 10 apresentam a mesma área com a cultura do figo em períodos distintos.

Este aspecto é de extrema importância – embora sejam raros os trabalhos que falam sobre a quantidade interceptada por cada tipo de vegetal – pois é sabido que a cobertura vegetal, em função de sua densidade, pode oferecer maior ou menor proteção ao solo.

Por outro lado, os dados pluviométricos analisados no período de 1974/94 para Valinhos, mostram que a precipitação média anual do município é de aproximadamente

1500mm. Há predominância de um período chuvoso que se estende de outubro a março, onde ocorrem cerca de 72% da precipitação média anual, sendo que, as maiores incidências de chuva concentram-se nos meses de dezembro e janeiro.

A composição destes dados preliminares, embora não fossem suficientes para a obtenção de resultados conclusivos, davam indícios de tratar-se de uma área propícia à erosão dos solos.

Para que as perdas de solo da bacia pudessem ser estimadas, fez-se uso da Equação Universal de Perdas de Solo. De acordo com os dados obtidos, 84% da área total apresentou uma perda estimada de 0.5 ton/ha/ano, enquanto apenas 1% apresentou estimativa de perda de solo acima de 2.0 ton/ha/ano, sendo que esta área é caracterizada pela presença de declividade acentuada e litossol com rocha exposta.

Assim, os dados obtidos demonstram que as taxas de perda solo foram muito baixas. Estes resultados podem ser atribuídos às práticas conservacionistas que são adotadas anualmente para as culturas de figo, uva e goiaba, que baseiam-se na incorporação de restos culturais e a formação de uma camada superficial de “cobertura morta”. Esta camada impede o contato direto das gotas de chuva com o solo, funcionando como um meio armazenador de água que viabiliza a maior taxa de infiltração em detrimento da taxa de escoamento superficial nas vertentes. Além do que, a mineralização desta matéria orgânica atua no sentido de fornecer maior estabilidade aos agregados do horizonte superficial, e conseqüentemente, maior resistência deste horizonte aos processos erosivos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da pesquisa para o cálculo da estimativa de perdas de solo na bacia hidrográfica do córrego “Espírito Santo”, em suas várias etapas, permite fazer algumas considerações, a saber:

a) Dentre as questões relacionadas à degradação ambiental, a erosão dos solos é uma das mais preocupantes. Dada a sua complexa cadeia de causas e conseqüências, torna-se cada vez mais relevante o desenvolvimento de pesquisas visando um diagnóstico preciso dos problemas relativos à erosão. Nesse sentido, a utilização de técnicas para prever as perdas de solo ou identificar o potencial erosivo de determinada área, constituem-se em um instrumento essencial para que se possa associar o desenvolvimento com a conservação do solo e, conseqüentemente, a preservação ambiental.

b) Embora a Equação Universal de Perdas de Solo seja um importante instrumento para predição, as dificuldades encontradas para a determinação dos fatores que a compõem, limitam sua adoção. No entanto, esse agravante tende a diminuir em função das

pesquisas desenvolvidas por diversas instituições do país, em especial no Estado de São Paulo.

De qualquer forma, quando é desenvolvido um estudo que classifica e hierarquiza a erosão em uma determinada área, para que os resultados sejam extrapolados para outras áreas, é preciso considerar que para sua obtenção foram empregadas técnicas seletivas e avaliação subjetiva, as quais variam conforme a área e a visão do pesquisador.

Por outro lado, na aplicação da equação pelo método cartográfico, os valores atribuídos aos fatores naturais nem sempre são exatos, pois neste processo perdem-se alguns detalhes. Por esse motivo, neste trabalho adotou-se o termo “estimativa” de perdas de solo.

c) Dos fatores que compõem a Equação Universal de Perdas de Solo, o que mais despertou atenção durante o desenvolvimento das pesquisas foi o C P.

Para a determinação do fator C (Uso e Manejo dos Solos), o ideal é que sejam realizados experimentos de campo. Porém, devido ao tempo escasso para o desenvolvimento do trabalho, e considerando-se que os fatores C e P mantêm estreita relação entre si, optou-se por aplicar o mesmo procedimento usado por CUNHA (1997), e adotar a proposta de STEIN *et al* (1987) que avalia os dois fatores conjuntamente. Outro aspecto que motivou a adoção deste procedimento, foi o fato de não haver na bibliografia utilizada, estudos que indiquem valores para as práticas conservacionistas utilizadas nas culturas que predominam na bacia.

Pela proposta de STEIN *et al* (1987), dentre os valores atribuídos aos diversos usos da terra, o menor é para mata nativa. Isso se justifica pelo fato de que nestas áreas, em alguns casos, a camada de matéria orgânica chega a 50 cm de espessura. Conseqüentemente, nestes locais, a ação do escoamento superficial é reduzida, prevalecendo os escoamentos sub-superficial e subterrâneo.

Comparativamente, a camada de “cobertura morta” aplicada anualmente sobre o solo onde as culturas estão instaladas, cumpre o mesmo papel da matéria orgânica existente na mata nativa. Este fato pôde ser confirmado nos trabalhos de reconhecimento de campo, quando foi possível identificar a inexistência de sinais característicos dos processos erosivos, mesmo com a predominância de solos suscetíveis à erosão e declividade acentuada.

Desta forma, o grau de proteção oferecido ao solo permitiu atribuir a C P um valor semelhante ao estipulado por STEIN, para mata nativa.

d) Para a realização de trabalhos dessa natureza, os materiais cartográficos, como mapas temáticos e cartas topográficas, constituem-se em fontes básicas de informações para o desenvolvimento satisfatório das pesquisas. Porém, este tipo de estudo muitas vezes exige

escalas que possibilitem maior riqueza de detalhes, que no entanto, nem sempre são fáceis de se obter.

Nesse sentido, a maior dificuldade encontrada durante o desenvolvimento das pesquisas foi a escassez de material cartográfico na escala 1:10.000, em especial, as cartas pedológicas. Apesar de existirem diversos trabalhos envolvendo o mapeamento dos solos, principalmente no Estado de São Paulo, a grande maioria, são editados na escala 1:100.000, onde os solos são mapeados em associações, o que acaba por dificultar a sua utilização em trabalhos onde os detalhes são alcançados somente através de escalas maiores.

BIBLIOGRAFIA

- BERTONI, José e LOMBARDI NETO, Francisco. “Conservação do solo”. São Paulo – SP. Ícone, 1990, 355p.
- CENTRO NACIONAL DE ENSINO E PESQUISAS AGRONÔMICAS. Comissão de Solos. “Levantamento de Reconhecimento de solos do Estado de São Paulo”. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 1960, 634p.
- CUNHA, Cenira Maria Lupinacci da., “Quantificação e mapeamento das perdas de solo por erosão com base na malha fundiária”. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 1997, 93p.
- CUNHA, Sandra Baptista da, GUERRA, Antonio José Teixeira. Degradação ambiental. In: GUERRA, Antonio José Teixeira e CUNHA, Sandra Baptista da (org.). “Geomorfologia e Meio Ambiente”. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, 394p.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. “Geomorfologia”. São Paulo: Edgard Blücher, 2ª edição, 1980, 188p.
- DAEE. “Banco de dados pluviométricos do Estado de São Paulo (atualizado até 1997)”. DAEE, Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Obras, Governo do Estado de São Paulo, CD ROM, 1999.
- GUERRA, Antonio José Teixeira. Processos erosivos nas encostas. In GUERRA, Antonio José Teixeira e CUNHA, Sandra Baptista da. “Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos”. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995, p. 149-209.
- GUERRA, Antonio José Teixeira. O início do processo erosivo. In: GUERRA, Antonio José Teixeira, SILVA, Antonio Soares da, BOTELHO, Rosângela Garrido Machado (org.). “Erosão e conservação dos solos, conceitos, temas e aplicações”. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, 340p.
- IPT “Mapa Geológico do Estado de São Paulo”, 1981
- IPT “Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo”, 1981
- JOIA, Paulo Roberto. “Novas trajetórias da alta tecnologia no Brasil, sob a influência da ação do Estado: uma análise do pólo tecnológico de Campinas, SP”. Tese de Doutorado, IGCE, UNESP – Rio Claro, 2000, p. 163-170.

- LOMBARDI NETO, Francisco, BERTONI, José. "Erodibilidade dos solos paulistas". Campinas, SP, Instituto Agrônômico, 1975. 12p. Boletim Técnico, 27.
- LOMBARDI NETO, Francisco, MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. *In*: "Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo", 3, Recife, 1980. Anais...fl. 13.
- LOMBARDI NETO, Francisco, SILVA, I. R. & CASTRO, O. M. Potencial de erosão das chuvas do Estado de São Paulo. *In*: "Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo", 3, Recife, 1980. Anais...fl. 13-A.
- MACHADO, Paulo Affonso Leme. "Direito Ambiental Brasileiro 7ª edição, revista, atualizada e ampliada de acordo com as Leis nºs 9.433/97 e 9.605/98". São Paulo, Malheiros Editores Ltda, 1998, p. 359-361.
- OLIVEIRA, Ana Maria Franklin de. "Os dilemas da municipalização da saúde no contexto de uma região metropolitana: o caso de Campinas". Tese de Doutorado, Instituto de Economia, UNICAMP, Campinas, 1995, p. 6-36.
- PIRES, Mário. "Valinhos – Tempo e Espaço". Publicações da Academia Campinense de Letras, nº 37. Campinas, 1978, 131p.
- SEMEGHINI, Ulisses Cidade. "São Paulo no Limiar do Século XXI: Cenários da Urbanização Paulista – Regiões Administrativas". Fundação SEADE e Secretaria de Planejamento e Gestão. São Paulo, 1982, 197p.
- TRICART, Jean. "As relações entre a morfogênese e a pedogênese". Campinas, Notícia Geomorfológica, 1968, p. 5-18.
- TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977, 91p.
- VEIGA, José Eli da. "Problemas da transição à agricultura sustentável". Est. Econ. São Paulo, v. 24, nº especial, 1994, p. 9-29.
- VERDI, Adriana Renata. "Metropolização de Campinas: possibilidades no entorno da Grande São Paulo". Dissertação de Mestrado, FFLCH – USP, 1997, p. 68-104.
- TAVARES, Antonio Carlos, VITTE, Antonio Carlos. "Erosão dos solos e assoreamento de represas: o caso de Monte Aprasível (SP)". Geografia, 18 (1), 1993, p. 51-95.
- VITTE, Antonio Carlos. "Metodologia para cálculo de perdas de solo em bacias de drenagem". Bol. Par. de Geociências, nº 45, Ed. da UFPR, 1997, p. 59-65.