

JOSIANE CRISTINA NOGUEIRA WALTRICK

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA P-INDEX NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA
DO CAMPESTRE – COLOMBO (PR)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Qualidade e Sustentabilidade Ambiental, Linha de Pesquisa Física, Manejo e Qualidade do Solo e da Água, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Nerilde Favaretto
Co-Orientadores: Prof. Dr. Jeferson Dieckow
Prof. Dr. Luiz Cláudio de Paula Souza

CURITIBA

2011

JOSIANE CRISTINA NOGUEIRA WALTRICK

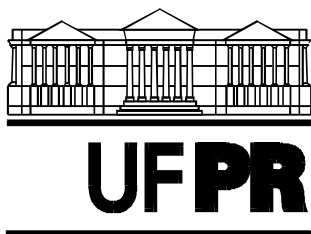
**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA P-INDEX NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
CAMPESTRE – COLOMBO(PR)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Qualidade e Sustentabilidade Ambiental, Linha de Pesquisa Física, Manejo e Qualidade do Solo e da Água, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.

Orientadora: Prof^a Dr^a Nerilde Favaretto

CURITIBA

2011



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO)
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-3350-5648
Página: www.pgcisolo.agrarias.ufpr.br/
E-mail: pgcisolo@ufpr.br

P A R E C E R

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pela candidata **JOSIANE CRISTINA NOGUEIRA WALTRICK**, sob o título: "**Aplicação da Metodologia P-Index na Microbacia Hidrográfica do Campestre-Colombo, PR**", requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo – Área de Concentração: Qualidade e Sustentabilidade Ambiental, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e arguido a candidata, são de Parecer pela “**APROVAÇÃO**” da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração: "Qualidade e Sustentabilidade Ambiental"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 10 de fevereiro de 2011.

Prof^a. Dr^a. Nerilde Favaretto, Presidente, Presidente

Eng^o. Agr^o. Dr. Oromar João Bertol, I^o. Examinador

Prof. Dr. Jeferson Dieckow, II^o. Examinador

Prof. Dr. Volnei Pauletti, III^o. Examinador

*Dedico este trabalho ao meu
esposo Paulo Cesar Waltrick, e aos
meus pais, João S. Nogueira
e Luzia C. Nogueira pelo apoio.*

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Prof^a Dr^a Nerilde Favaretto pelo estímulo, confiança, a acima de tudo pela cooperação, amizade e oportunidade de convivência e aprendizado.

Aos co-orientadores Prof. Dr. Luiz Cláudio de Paula Souza pela ajuda na construção dos mapas e levantamento de solos, e Prof. Dr. Jeferson Dieckow pelo auxílio na definição das metodologias.

Aos meus pais: João Soares Nogueira e Luzia Capelini Nogueira pela confiança, carinho e apoio.

Aos meus irmãos: Giovani Nogueira e Rosemara Nogueira pelo apoio incondicional e carinho.

Ao meu esposo Paulo Cesar Waltrick pelo incentivo, paciência e compreensão.

Aos funcionários do Departamento de Solos da UFPR pelo aprendizado e auxílio nas coletas e análises de solos e em especial a Prof^a Dr^a Fabiane Machado Vezzani por acreditar que eu poderia conseguir e ao Prof. Dr. Volnei Pauletti pelo auxílio nas coletas e preciosa colaboração nas sugestões para melhorar esta pesquisa.

Ao pesquisador Eng^o. Agr^o. Dr. Oromar João Bertol pela possibilidade de aprimorar este trabalho por meio de suas contribuições.

Aos agricultores da comunidade Campestre, Colombo-PR pelas informações, cooperação, acolhida e liberdade para desenvolver esse estudo na área.

A SUDERSHA e ao Sr. Nilson Antônio de Moraes pela disponibilização dos dados pluviométricos.

Aos companheiros de jornada, PGCS/UFPR, em especial aos colegas Jairo Calderari pela paciência e transferência de conhecimento no auxílio na construção dos mapas e Michele Ribeiro Ramos pelo incentivo e contribuição no fornecimento de dados.

Ao Prof. Dr. Valmiqui Costa Lima e a colega de trabalho e estudo Prof^a Olinda Soares de Jesus pela confiança apresentando o caminho.

Aos Coordenadores do Núcleo Regional de Educação da Área Metropolitana Norte: Prof. Sérgio Fernandes Stacheski, Prof^a Zélia Maria Alberti Nadolni e Prof^a Paula Perini Piffer pela compreensão e auxílio no trabalho.

“É melhor tentar e falhar, que preocupar-se a ver a vida passar.
É melhor tentar, ainda que em vão que sentar-se, fazendo nada até o final.
Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias frios em casa me esconder.
Prefiro ser feliz embora louco, que em conformidade viver.”
Martin Luther King

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA P-INDEX NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CAMPESTRE – COLOMBO(PR)

Autor: Josiane Cristina Nogueira Waltrick

Orientador: Prof^a Dr^a Nerilde Favaretto

Co-Orientadores: Prof. Dr. Jeferson Dieckow e

Prof. Dr. Luiz Cláudio de Paula Souza

RESUMO: Planejamento e gestão adequados a cada bacia tornam-se ações essenciais no intuito de amenizar a poluição das águas devido às consequências do uso intenso do solo. Nesse sentido os objetivos deste trabalho foram: 1) estimar a vulnerabilidade de perda de fósforo (P) na Microbacia Hidrográfica do Campestre, Colombo – PR, aplicando cinco versões de P-Index (índice de fósforo –IP); 2) comparar os dados estimados com os dados analíticos de P determinados na água do rio e no escoamento superficial de encostas agrícolas coletados na área de estudo nos anos de 2007 e 2008; e 3) avaliar o efeito do uso e cobertura do solo e do fator conectividade na estimativa de perda de P. A área de estudo é caracterizada pela agricultura intensiva com cultivo de olerícolas, presença de solos rasos, taxas elevadas de aplicação de fertilizantes minerais e orgânicos e alta declividade. Diante deste cenário um elevado potencial de perda de fósforo nas áreas de uso agrícola é esperado. Os dados de IP nas diferentes versões foram obtidos a partir do cruzamento dos planos de informação referentes aos fatores de transporte e fonte de P, utilizando o software IDRISI 15.0. Além de serem aplicadas em toda a microbacia, foram também por sub-bacias (A, B e C) e por encosta agrícola (65 encostas). Os resultados de IP foram similares nas cinco versões, ambas classificaram a área agrícola da microbacia como vulnerabilidade muito alta, sendo a versão de Montana e Nebraska as de maior rigor. O aumento da percentagem de área agrícola e a diminuição do fator conectividade (distância da área agrícola ao rio e/ou largura da faixa de vegetação nativa) interferiram nos resultados de IP, aumentando o risco de perda de P. Os valores estimados de IP apresentaram baixa correlação com os dados de P-total obtidos na água do rio da microbacia, no entanto refletiu melhor o que aconteceu nas encostas. Estes dados indicam a importância do uso do solo de acordo com sua potencialidade e a necessidade de adoção de práticas de conservação como plantio em nível bem como uma melhor gestão de P, principalmente na redução da taxa de aplicação.

Palavras-chave: perda de P; mata ciliar; uso do solo; erosão; escoamento superficial.

APPLICATION OF METHODOLOGY P-INDEX IN THE WATERSHED OF CAMPESTRE - COLOMBO (PR)

Author: Josiane Cristina Nogueira Waltrick

Advisor: Prof^a Dr^a Nerilde Favaretto

Co-Advisor: Prof. Dr. Jeferson Dieckow e

Prof. Dr. Luiz Cláudio de Paula Souza

ABSTRACT: Watershed appropriated planning and management in catchement are essential actions to mitigate water pollution as a consequence of intensive soil use. In this sense the objectives of this study were: 1) to estimate the vulnerability to phosphorus (P) loss in the Campestre watershed, Colombo - PR, applying five versions of P-Index PI; 2) to compare the estimated data with P analytical data determined in river water and agricultural runoff from hillsides in the study area collected between 2007 and 2008; 3) to assess the effect of the soil use and coverage as well as the connectivity factor in estimating P loss. The study area is characterized by intensive farming with horticultural crops, presence of shallow soils, high rates of mineral and organic fertilizers and high slope. In this scenario a high phosphorus loss from agricultural areas is expected. The PI in the different versions were obtained from crossing information plans regarding the factors of P transport and source, using the software IDRISI 15.0. Besides being applied across the watershed, they were also applied by sub-basin (A, B and C) as well as by farm hillsides (65). The PI results were similar among the five versions, both rated the agricultural area of the watershed as very high vulnerability, and the version of Montana and Nebraska have the highest accuracy. The increase in the percentage of cropland and reduced connectivity factor (distance from the agricultural area to the river and / or width of native vegetation) affected the results of PI, increasing the risk of loss of P. The estimated values of PI showed poor correlation with data obtained from total-P in the river, however better reflect what happened on the farm hillsides. The results indicated the importance of land use according to its potential and the need to adopt conservation practices such as contour planting, as well as a better P management P, especially on reducing the application rate.

Key words: P loss, riparian vegetation, land use, erosion, runoff.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. REDE DE DRENAGEM E REPRESENTAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA MICROBACIA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR).....	15
FIGURA 2. MAPA DE USO DO SOLO E REPRESENTAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO,(PR).....	17
FIGURA 3. MAPA DE DECLIVIDADE DA MICROBACIA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR).....	18
FIGURA 4. TEOR DE P MEHLICH I, EM mg dm^{-3} , NO SOLO NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO (PR) EM ESCALA ADAPTADA DA SBCS (2004) E EGHBALL & GILLEY (2001).....	26
FIGURA 5. TAXA DE PERDA DE SOLO, EM $\text{t ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, NA MICROBACIA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR) EM ESCALA ADAPTADA DE LEMUNYON & GILBERT (1993).....	28

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. ÁREA (ha e %) DOS USOS DO SOLO DISTRIBUÍDOS POR SUB-BACIAS REFERENTES AOS PONTOS DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA MICROBACIA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR).....	16
TABELA 2. ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (ha) E PORCENTAGEM DESTA ÁREA OCUPADA COM VEGETAÇÃO NATIVA E DEMAIS USOS DO SOLO NAS SUB-BACIAS REFERENTES AOS PONTOS DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR).....	17
TABELA 3. ÁREA (ha e %) POR CLASSES DE DECLIVE NAS SUB-BACIAS DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR).....	18
TABELA 4. ÁREA (ha e %) DAS CLASSES DE SOLOS DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR).....	19
TABELA 5. VERSÃO DE P-INDEX PENSILVÂNIA (LEMUNYON & GILBERT,1993).....	20
TABELA 6. VERSÃO DE P-INDEX DO ALABAMA (NRCS, 2001).....	21
TABELA 7. VERSÃO DE P-INDEX DO NOVO MEXICO (FLYNN et al., 2000).....	22
TABELA 8. VERSÃO DE P-INDEX DE MONTANA (FASCHING, 2006).....	23
TABELA 9. VERSÃO DE P-INDEX DE NEBRASKA (EGHBALL & GILLEY, 2001).....	24
TABELA 10. INTERPRETAÇÃO DO RISCO DE PERDA DE P PARA CADA VERSÃO DE P-INDEX.....	25
TABELA 11. CLASSE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM FUNÇÃO DA DECLIVIDADE E DA PERMEABILIDADE DO SOLO.....	28

TABELA 12. QUANTIDADE DE ÁREA AGRÍCOLA E SUA DISTÂNCIA DO RIO EM PORCENTAGEM DA ÁREA, NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR).....	29
TABELA 13. P-INDEX DA MICROBACIA TOTAL E SOMENTE DA ÁREA AGRÍCOLA NAS DIFERENTES VERSÕES DE P-INDEX APLICADAS NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR).....	31
TABELA 14. VALORES DE IP, (%) DA ÁREA DISTRIBUÍDA POR CLASSE DE VULNERABILIDADE NAS TRÊS VERSÕES DE P-INDEX QUE APRESENTAM OS FATORES: DISTÂNCIA DA ÁREA AGRÍCOLA AO RIO E PRESENÇA DA FAIXA DE VEGETAÇÃO NATIVA.....	31
TABELA 15. CLASSES DE IP (%) APRESENTADAS PELAS CINCO VERSÕES APLICADAS NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR).....	34
TABELA 16. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DE CINCO VERSÕES DE P_INDEX COM OS DADOS ANALÍTICOS DE P-TOTAL NA ÁGUA DO RIO, FORNECIDOS POR RIBEIRO (2009).....	35
TABELA 17. COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ENTRE OS VALORES ESTIMADOS DE ÍNDICE DE FÓSFORO (IP) E OS DADOS ANALÍTICOS DE CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO OBTIDOS NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE TRÊS ENCOSTAS NOS ANOS DE 2007 E 2008 NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR), FORNECIDOS POR RAMOS (2009)	36
TABELA 18. COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ENTRE OS VALORES ESTIMADOS DE ÍNDICE DE FÓSFORO (IP) E OS DADOS ANALÍTICOS DE PERDA DE ÁGUA E SOLO DE TRÊS ENCOSTAS NOS ANOS DE 2007 E 2008 NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR), FORNECIDOS POR RAMOS (2009).....	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1 – Localização e caracterização da área de estudo.....	15
2.2 – Metodologia do P-Index.....	19
2.3 – Obtenção dos fatores constituintes do P-Index.....	25
2.4 - Obtenção do valor P-index.....	29
2.5- Correlação dos dados de P-Index com P na água.....	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
3.1- P-Index (IP) da microbacia nas diferentes versões.....	30
3.2 – P-Index das sub-bacias nas diferentes versões.....	32
3.3 – Correlação de P da água do rio e do escoamento das encostas agrícolas com os resultados de P-Index.....	33
4 . CONCLUSÕES.....	38
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
6. LITERATURA CITADA.....	39
7. APÊNDICE	42

1. INTRODUÇÃO

O aumento da produção e do consumo continua a redundar em crescentes impactos desfavoráveis ambientalmente. Quebrar a relação existente entre o crescimento econômico e os impactos ambientais causados pelo consumo e intensa utilização de recursos naturais é um desafio comum a todas as nações.

As águas superficiais e subterrâneas vêm sofrendo significativo impacto da atividade humana, com concentrações de poluentes superiores aos limites máximos permitidos pela legislação brasileira. Dentre as várias atividades poluentes, a agricultura tem uma grande influência, principalmente no transporte de poluentes do solo para água via escoamento superficial.

Para assegurar altos níveis de produção agrícola são adicionadas taxas cada vez mais elevadas de fertilizantes orgânicos e inorgânicos, provocando excedentes que podem vir a integrar corpos d'água (Fasching, 2006). No caso de fertilizantes orgânicos, a dose recomendada normalmente é de acordo com as necessidades de nitrogênio, elevando assim, o teor de fósforo no solo e, conseqüentemente sua concentração no escoamento superficial (Sharpley & Halvorson, 1994). A adição de nutrientes sem equilíbrio, leva ao acúmulo no solo a concentrações superiores à estabelecida para o crescimento das plantas (Gburek et al., 2000) o que vem ocorrendo com relação ao P, especialmente em áreas com aplicação de dejetos de animais (Eghball & Gilley, 2001; Shigaki et al., 2006b). O fósforo é caracterizado como um elemento de baixa mobilidade no solo e tem sido considerado o elemento limitante na eutrofização de águas superficiais.

Com o uso intenso do solo vê-se a necessidade de planejamento e gestão adequados para cada microbacia, com intuito de diminuir a poluição das águas, procurando, assim, melhores práticas de adubação e manejo (Sharpley et al., 2001; Shigaki et al., 2006a).

Em resposta a estas preocupações, alguns países como os E.U.A. têm desenvolvido orientações quanto à aplicação de fósforo e o gerenciamento de microbacias hidrográficas baseadas no potencial de transporte de P, via superfície.

O P-Index (índice de fósforo ou IP) é uma ferramenta que auxilia na identificação de áreas onde as fontes de P coincidem com um elevado risco de sua transferência aos corpos d'água, classificando o risco em uma escala de muito baixo ao excessivo, por meio do cruzamento de fatores de fonte e de transporte.

O P-Index tem sido usado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos como um princípio à recomendação de práticas agrícolas considerando os aspectos ambientais da microbacia, utilizando-se de parâmetros que podem servir de base para planejamento de práticas de manejo, uso e conservação do solo e água, auxiliando na tomada de decisões, apresentando-se como mais uma ferramenta para auxiliar os agricultores e técnicos no controle do movimento do fósforo em suas áreas, podendo evitar desfavoráveis impactos ambientais.

Desta forma, o presente estudo, propõe: i) estimar o IP na microbacia hidrográfica do Campestre – Colombo (PR) em cinco versões (Lemunyon & Gilbert, 1993; Flynn et al., 2000; NRCS, 2001; Eghball & Gilley, 2001 e Fasching, 2006); ii) comparar os dados estimados de IP entre as diferentes versões; iii) avaliar o efeito do uso e cobertura do solo e do fator conectividade na estimativa de IP; iv) comparar os dados de IP estimados com os dados analíticos de P determinados na água do rio e no escoamento superficial de encostas agrícolas coletados na área de estudo nos anos de 2007 e 2008.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada na microbacia hidrográfica do Campestre (Figura 1), integrante do rio Capivari e este à Bacia do Ribeira. Possui uma área de 1.010 ha e está situada no Município de Colombo, Região Metropolitana Norte de Curitiba – PR. O clima é classificado, de acordo com Köppen, como Cfb, subtropical úmido mesotérmico, com verões frescos, sem estação seca definida (INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E FLORESTA, 1987). Quanto a sua geologia, faz parte da Formação Capiru do Grupo Açungui, constituído por filitos, quartzitos e diques de diabásio (MINEROPAR, 1997).

O total médio anual de precipitação dos últimos 22 anos é de 1.479 mm, obtido mediante dados de precipitação média diária da estação Colombo, latitude 25° 17' 15" (7202050,0289- UTM), longitude 49° 13' 50" (678155,2649- UTM), fornecidos pelo Instituto das Águas do Paraná (SUDERHSA).

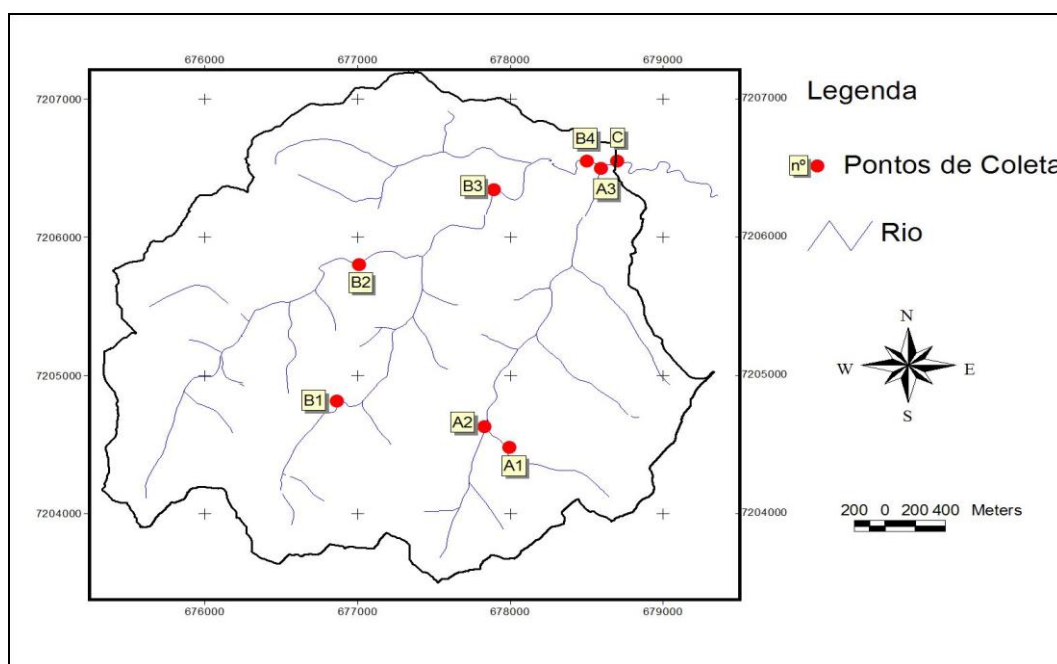


Figura 1. Rede de drenagem e representação dos pontos de monitoramento da qualidade da água na Microbacia do Campestre, Colombo (PR)

O uso e cobertura do solo foi obtido de fotografias aéreas coloridas na escala de 1:30.000 (SUDERHSA, 2000), sendo realizada verificação a campo a partir dos dados de Almeida (2003). A microbacia é constituída por 67,2% de vegetação arbórea (44% nativa e

23% reflorestamento – bracatinga e eucalipto), 13% de campo (vegetação rasteira utilizada ou não para alimentação de animais), 0,6% de outros usos (pequenos vilarejos, áreas de banhado e solo exposto utilizada para exploração de minérios) e 18,6 % de agricultura (caracterizada por agricultura familiar) (Figura 2). A Tabela 1 apresenta o uso e cobertura nas sub-bacias, as quais representam os pontos de monitoramento da qualidade da água na microbacia do Campestre. A sub-bacia A, representada pelo A3, faz referência às sub-bacias A1, A2 e A3 (respectivos pontos de coleta de água). A sub-bacia B refere-se às sub-bacias B1, B2, B3 e B4 (respectivos pontos de coleta), sendo que B4, representa toda a sub-bacia B. A sub-bacia C representa a microbacia (sub-bacia A mais sub-bacia B).

Tabela 1. Área (ha e %) dos usos do solo distribuídos por sub-bacias referentes aos pontos de monitoramento da qualidade da água na microbacia do Campestre, Colombo (PR)

Sub-bacias	Coordenadas (UTM) (Meridiano – 51))		Área de contri- buição (ha)	Uso do solo									
	X	Y		Vegetação nativa		Reflorestame- nto		Agricultura		Campo		Outros usos	
				ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
A1	677997,9	7204479,0	35	26	74	4	11	0	0	6	17	0	0
A2	677833,7	7204628,2	134	64	48	37	28	8	6	25	19	2	1,5
A3 ⁽¹⁾	678595,3	7206497,2	331	164	50	89	27	28	8	48	15	2	0,6
B1	676865,9	7204811,5	99	42	42	4	4	32	32	21	21	1	1
B2	677013,2	7205802,6	267	61	23	140	52	13	5	54	20	0	0
B3	677893,9	7206343,0	515	225	44	82	16	118	23	87	17	2	0,4
B4 ⁽²⁾	678504,4	7206552,4	675	274	41	144	21	163	24	90	13	5	0,7
C ⁽³⁾	678702,4	7206553,3	1010	440	44	234	23	192	19	138	14	6	0,6

⁽¹⁾ Refere-se ao total da sub-bacia A;

⁽²⁾ Refere-se ao total da sub-bacia B;

⁽³⁾ Refere-se a microbacia total.

Fonte: Ribeiro (2009)

A maioria das propriedades contidas na microbacia não adota práticas conservacionistas, utiliza o sistema de preparo do solo convencional com aração e gradagem motomecanizadas, plantio morro abaixo, sem presença de barreiras físicas, aplicação de agrotóxicos e adubação com cama de aves e fertilizantes minerais, porém algumas propriedades utilizam o sistema de cultivo orgânico cujo preparo do solo, principal, é realizado com tração animal e utilizam somente fertilizante orgânico (cama de aves). As culturas predominantes são: abobrinha (*Cucurbita pepo* L.), acelga (*Beta vulgaris* L.), alface (*Lactuca sativa*), beterraba (*Beta vulgaris* L.), brócolis (*Brassica oleracea* var. *Italica plenck*), couve (*Brassica oleracea* L.), couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), feijão-vagem

(*Phaseolus vulgaris* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), pimentão (*Capsicum annuum*.) e tomate (*Lycopersicon esculentum*.).

A área de preservação permanente (APP) foi delimitada pelo mapa de uso, aplicando a rotina buffer do software IDRISI 15.0 segundo Eastman (1999), estabelecendo a distância de 30 metros para cada lado do canal de drenagem (CONAMA, 2005). A Tabela 2 apresenta o uso e cobertura dentro da área de preservação permanente nas sub-bacias.

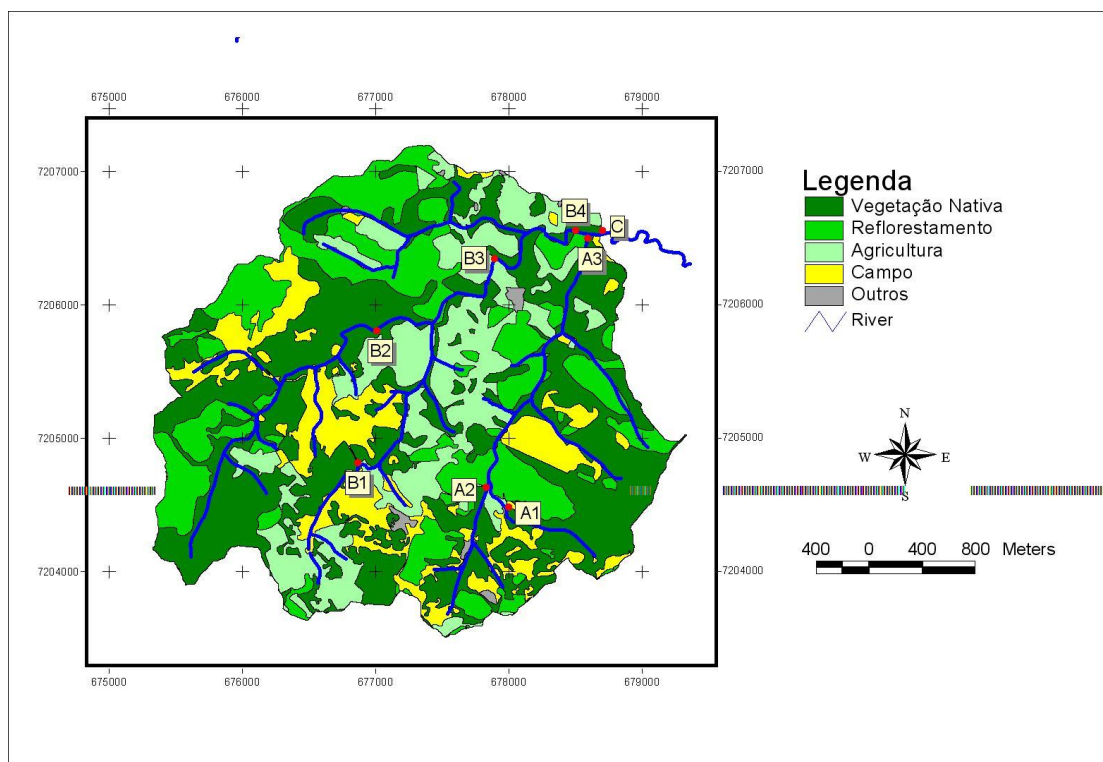


Figura 2. Mapa de uso do solo e representação dos pontos de monitoramento da qualidade da água na microbacia do Rio Campestre, Colombo, PR

Tabela 2. Área de preservação permanente (ha) e porcentagem desta área ocupada com vegetação nativa e demais usos do solo nas sub-bacias referentes aos pontos de monitoramento da qualidade da água na microbacia hidrográfica do Campestre, Colombo (PR)

	C		A		B		B3		A2		A1		B1		B2	
Uso	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Vegetação Nativa	76,8	56,9	26,6	60,1	49,3	55,1	35,3	55,0	11,5	69,7	4,5	94,3	1,7	19,5	20,9	66,7
Reflorestamento	20,2	15,0	9,9	22,3	10,1	11,3	4,2	6,6	0,9	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	7,2
Agricultura	19,7	14,6	2,9	6,4	16,9	18,9	11,9	18,5	1,1	6,9	0,0	0,0	3,7	41,9	1,7	5,2
Campo	17,5	13,0	4,5	10,2	12,9	14,4	12,7	19,9	2,5	15,2	0,3	5,7	3,4	38,6	6,5	20,9
Outros	0,8	0,6	0,4	0,9	0,4	0,4	0,0	0,0	0,4	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	135	100	44,3	100	89,4	100	64,1	100	16,4	100	4,8	100	8,9	100	31,4	100

Fonte: Ribeiro (2009).

A declividade (Figura 3 e Tabela 3) foi determinada a partir das cartas planialtimétricas fornecidas pela COMEC referentes ao ano de 1987 na escala de 1:10.000, com curvas de nível a cada 5 m, em meio digital (COMEC, 2002).

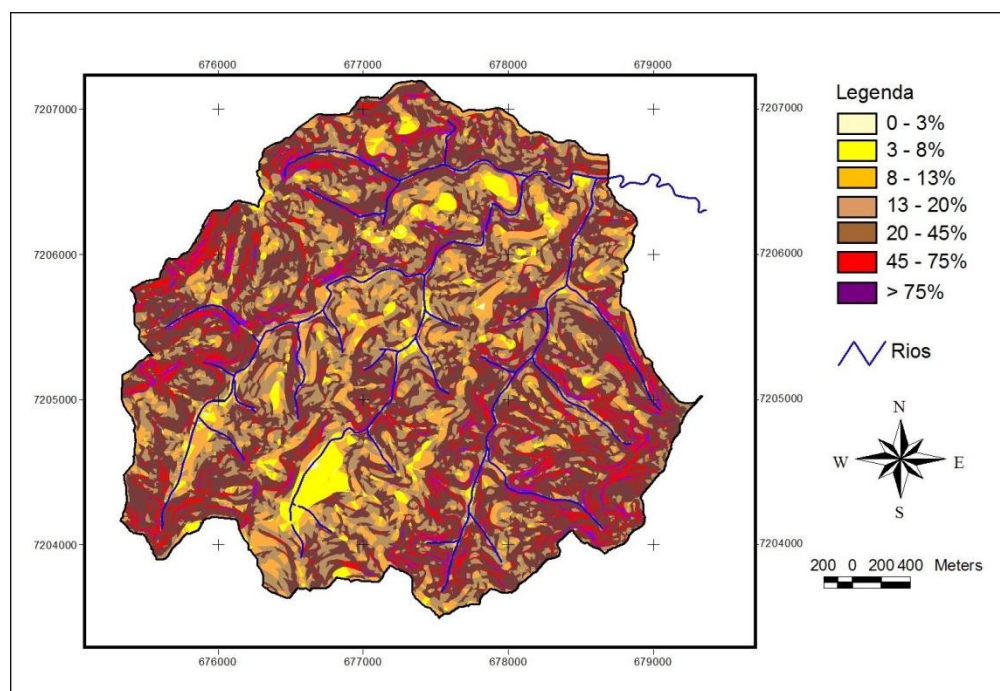


Figura 3. Mapa de Declividade da microbacia hidrográfica do Campestre, Colombo (PR)

Tabela 3. Área (ha e %) por classes de declive nas sub-bacias do Campestre, Colombo (PR)

Sub-Bacias		Classes de declive													
		0 - 3		3-8		8-13		13 - 20		20 - 45		45 - 75		>75	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
A1	Agricultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	0		0,2		0,8		4,3		20,2		7,3		2,7	
A2	Agricultura	0,1	0,8	0,6	6,5	2,9	33,2	2	22,9	2,9	34	0,2	2,3	0	0,5
	Total	0,2		2,4		12,3		25,1		69,2		19,7		5,8	
A	Agricultura	0,1	0,4	1,1	3,8	7,7	26,8	7,6	26,6	10,6	37	1,3	4,6	0,2	0,8
	Total	0,5		6,6		36,3		68,2		164,3		43,1		12,1	
B1	Agricultura	0,1	0,2	4,2	13	7,4	23,2	10,5	32,8	8,8	28	0,9	2,8	0,1	0,3
	Total	0,7		17		20,4		27,8		28,8		4,2		0,9	
B2	Agricultura	0,1	0,6	1,3	9,8	3,4	26,7	4,2	33,1	3,5	28	0,3	2	0	0,1
	Total	0,8		10		36,3		59,9		123		30,2		6,8	
B3	Agricultura	0,5	0,4	9,9	8,3	25,2	21,3	39,6	33,4	39,7	34	3,1	2,6	0,5	0,5
	Total	2,2		35		81,5		133		211,6		41,9		9,8	
B	Agricultura	0,5	0,3	14	8,7	32,2	19,8	51	31,3	58	36	5,8	3,6	1,3	0,8
	Total	2,5		44		104		170		284,4		56,6		14,1	
Total (C)	Agricultura	0,6	0,3	15	7,9	40,4	21	58,9	30,5	68,8	36	7,2	3,7	1,6	0,8
	Total	3,1		50		141		240		450		100		26,2	

Fonte: Ribeiro (2009).

O levantamento de solos (Tabela 4) foi realizado a partir da análise e interpretação de 14 perfis, em diferentes posições na paisagem, de acordo com uma classificação prévia baseada no relevo e no levantamento de solo da EMBRAPA (2006).

Tabela 4. Área (ha e %) das Classes de solos da microbacia hidrográfica do Campestre, Colombo (PR)

Classe de Solo	Área		Geologia
	ha	%	
LATOSSOLO BRUNO Distrófico típico (1)	26	2,6	diabásio
CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico (2)	17	1,7	quartzito
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (3)	344	34	filito
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (4)	68	6,7	filito
ASSOCIAÇÃO CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico + NEOSSOLO LITÓLICO Distro úmbrico típico (5)	228	22,6	quartzito + filito
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico(6)	81	8,0	quartzito
ASSOCIAÇÃO CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico + NEOSSOLO LITÓLICO Chernossólico (7)	53	5,2	filito
ASSOCIAÇÃO CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico + NEOSSOLO LITÓLICO Distro úmbrico típico (8)	139	13,8	quartzito + filito
NEOSSOLO LITÓLICO Distro úmbrico típico (9)	5	0,5	quartzito + filito
NEOSSOLO LITÓLICO Distro úmbrico fragmentário (10)	36	3,6	quartzito
GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico (11)	13	1,3	sedimentos holocênicos
Total	1010,3	100	

2.2 – Metodologia do P-Index

Foram utilizadas cinco versões de P-Index (Lemunyon & Gilbert, 1993; Flynn et al., 2000; NRCS, 2001; Eghball & Gilley, 2001 e Fasching, 2006) descritas nas Tabelas 5 a 9. Destas, três (Lemunyon & Gilbert, 1993; Flynn et al., 2000 e NRCS, 2001) já foram utilizadas em trabalho desenvolvido por Oliveira et al. (2007). O P-Index é obtido considerando os fatores de transporte e fonte de P distribuídos em categorias e pesos com base no impacto deste no transporte do fósforo na área. O fator de cada categoria é multiplicado pelo seu valor de risco, obtendo assim um fator de ponderação de risco para cada categoria. Avaliadas e somadas, apresentam a vulnerabilidade da área, em gravidade crescente, muito baixo para extremamente alto. A interpretação da vulnerabilidade de risco foi realizada de acordo com cada versão (Tabela 10).

Tabela 5.: Versão de P-Index Pensilvânia (Lemunyon & Gilbert,1993)

Fator	Peso	Classificação de Perda de Fósforo (valor)				
		Nulo (0)	Baixo (1)	Médio (2)	Alto (4)	Muito Alto (8)
Erosão do solo (t ha ⁻¹ ano ⁻¹) ⁽¹⁾	1,5	não aplicado	< 12	12 – 25	25 - 37	> 37
Erosão por Irrigação	1,5	não aplicado	Recuperação da água ou QS (produto da vazão e do declive) <6 para solos muito propensos à erosão ou QS <10 por outros tipos de solos	QS > 10 para solos resistentes à erosão.	QS > 10 para solos erodíveis.	QS > 6 para solos muito erodíveis.
Escoamento Superficial ⁽²⁾	0,5	insignificante	muito baixa ou baixa	médio	alto	muito alto
Teor de P no solo	1,0	não aplicado	baixo	médio	alto	excessivo
Taxa de aplicação de P mineral (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ ano ⁻¹) ⁽³⁾	0,75	não aplicado	1- 34	35 – 100	101- 168	> 168
Método de aplicação de P mineral	0,5	não aplicado	Colocado com plantador mais profundo que 5 cm ⁽⁴⁾	Incorporado imediatamente antes do plantio	Incorporado > 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície < 3 meses antes do plantio.	Aplicado em superfície > 3 meses antes do plantio.
Taxa de aplicação de P orgânico (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ ano ⁻¹) ⁽³⁾	1,0	não aplicado	1 – 34	35 – 67	68 – 100	> 100
Método de aplicação de P de origem orgânica	1,0	não aplicado	Injetado mais que 5 cm ⁽⁴⁾	Incorporado imediatamente antes do plantio.	Incorporado > 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície < 3 meses antes do plantio.	Aplicado em superfície para pastagem ou aplicado > 3 meses antes do plantio.

(1) – Unidades transformadas de t ac⁻¹ para t ha⁻¹ (x 2,4710439);

(2) – Baseado na saturação da condutividade hidráulica (Ksat) e porcentagem do declive da área;

(3) – Unidades transformadas de lbs ac⁻¹ para kg ha⁻¹;

(4) – Unidade transformada de polegadas em centímetros;

Tabela 6. Versão de P-Index do Alabama (NRCS, 2001)

Características de campo e Práticas de Gestão	Peso	Características de campo e Práticas de Gestão				
		Avaliações dos valores				
		Muito baixo/ baixo (0)	Médio (1)	Alto (2)	Muito alto (4)	Extremamente alto (8)
Características da fonte						
1 – Valor do teor de P no solo	1	muito baixo / baixo	médio	Alto	Muito alto	Extremamente alto
2 – Taxa de aplicação de P (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ ano ⁻¹) ⁽¹⁾	3	não aplicado	< 67	67 – 135	135 - 202	> 202
3 – Método de aplicação de nutrientes.	3	não aplicado	Injetado em profundidade > 5 cm ⁽²⁾	Incorporado imediatamente ou aplicado com sprinkler	Aplicado em superfície e incorporado < 30 dias.	Aplicado em superfície e não incorporado.
4 – Animais em pastejo	1	nulo	Sem acesso à água e / ou não alimentados em área sensível	Restrito acesso à água e/ou não alimentados em área sensível.	Ilimitado acesso à água e/ou alimentados em área sensível < 100 animais.	Ilimitado acesso à água e/ou alimentados em área sensível > 100 animais.
Características de Transporte						
5 – Sistema de saída subterrânea	3	nulo	Canais preferenciais a pelo menos 9 m ⁽³⁾ da faixa de filtro plantada.	Canais preferenciais em áreas plantadas	< 30 % da área com canais preferenciais em drenagem ou massas de água	> 30 % da área com canais preferenciais em drenagem ou massas de água
6- Taxa de erosão (t ha ⁻¹ ano ⁻¹) ⁽⁴⁾	3	< 7	7 - 12	12 – 25	25 - 37	> 37
7 – Grupo Hidrológico do Solo	3	-	Baixo (A)	Moderado (B)	Moderado alto (C)	Alto (D)
8 – Declive (%)	1	< 1%	1 – 3 %	3 – 5 %	5 – 8 %	> 8 %
9 – Aplicação de P da distância d'água (m) ⁽³⁾	3	> 122	61 - 122	30 – 61	15 - 30	< 15
10 - Largura da faixa de vegetação nativa. ⁽³⁾	2	≥ 15	9 - 14	6 – 8	3 - 5	< 3
Categorias que recebem água						
11 – Presença de ambientes críticos ou água degradada ⁽³⁾	3	área não pertence a microbacia	> 122	61 – 122	30 - 61	< 30

(1) – Unidades transformadas de lbs P₂O₅ ac⁻¹ ano⁻¹ para kg P₂O₅ ha⁻¹ ano⁻¹;

(2) – Unidade transformada de polegadas em centímetros;

(3) – Unidade transformada de pés em metros;

(4) – Unidade transformada de t ac⁻¹ ano⁻¹ para t ha⁻¹ ano⁻¹;

Tabela 7. Versão de P-Index do Novo México (Flynn et al.,2000)

Característica da Área	Peso	Nulo / muito baixo 0	Baixo 1	Médio 2	Alto 4	Muito Alto 8
Teor de P no solo (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	1	Muito baixo < 8	Baixo 8 - 15	Moderado > 15 – 23	Alto > 23 - 30	Muito alto > 30
Taxa de aplicação de P (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ ano ⁻¹) ⁽²⁾	1	Não aplicado	< 34	34 – 100	100 - 168	> 168
Método de aplicação de fósforo de fonte orgânica	1	Não aplicado	Injetado de 0,07 a 0,15m ⁽³⁾ abaixo da superfície.	Incorporado imediatamente antes do plantio.	Incorporado > 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície < 3 meses antes do plantio.	Aplicado em superfície > 3 meses antes do plantio.
Método de aplicação de P mineral	1	Não aplicado	Colocado com plantadeira mais de 0,05m ⁽³⁾ de profundidade.	Incorporado imediatamente antes do plantio	Incorporado > 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície < 3 meses antes do plantio.	Aplicado em superfície > 3 meses antes do plantio.
Distância da área agrícola ao rio (m) ⁽⁴⁾	1,5	> 305	> 153 - 305	61 – 153	9 - 61	< 9
Erosão do Solo (t ha ⁻¹ ano ⁻¹) ⁽⁵⁾	1,5	< 3	3 - 7	7 – 12	12 - 37	> 37
Escoamento Superficial	1,5	muito baixo	baixo	Médio	Alto	Muito alto
Erosão por irrigação	1,5	Não irrigado ou irrigação sem sulco.	QS ⁽⁶⁾ <6 para solos muito erodíveis ou QS <10 por outros tipos de solos.	QS > 10 para solos resistentes à erosão.	QS > 10 para solos erodíveis.	QS > 6 para solos muito erodíveis.
Manejo de pastejo	0,5	Não pastejado	Resíduos de culturas de pastejo	pastagem <30% matéria seca como suplemento alimentar.	Pastagem de 30 a 80% de matéria seca como suplemento alimentar.	Pastagem de 80 a 100% da matéria seca como suplemento alimentar.
Largura da faixa de vegetação nativa ⁽⁴⁾	1,5	> 30,5	20 - 30	6 – 20	< 6	Sem vegetação

(1)– Unidade transformada de ppm para mg dm⁻³;

(3)– Unidade transformada de polegadas para metros;

(5)- Unidade transformada de t ac⁻¹ para t ha⁻¹;(2) – Unidade transformada de lbs ac⁻¹ para kg ha⁻¹;

(4) – Unidade transformada de pés para metros;

(6) – Produto da vazão e do declive.

Tabela 8. Versão de P-Index de Montana (Fasching, 2006)

Fator	Nenhum (0)	Baixo (1)	Médio (2)	Alto (4)	Muito alto (8)	Peso
Erosão do solo ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) ⁽¹⁾	Não aplicado	< 12	12 - 25	25 - 37	> 37	1,5
Erosão por sulcos de irrigação	Não aplicado	QS >6 para solos muito erodíveis ou QS >10 por outros tipos de solos.	QS > 10 para solos resistentes à erosão.	QS > 10 para solos erodíveis.	QS > 6 para solos muito erodíveis.	1,5
Erosão por irrigação/sprinkler	Toda área 0-3% de declive, área arenosa ou área com pequeno indicativo ou sem presença de escoamento superficial, grande pulverização 3-8% silte	Média pulverização em solos siltosos 3-15% de declive, grande pulverização em solos siltosos 8 – 15% de declive e baixa pulverização em solos siltosos 3- 8%, grande pulverização em solos argilosos 3 – 15% de declive.	Média pulverização em solos argilosos 3- 8 % de declive, grande pulverização em solos argilosos > 15% de declive, média pulverização em solos siltosos > 15% de declive.	Media pulverização em solos argilosos > 8% de declive, baixa pulverização solo argilosos 3-8% declive, baixa pulverização em solos siltosos > 15% declive.	Baixa pulverização solos argilosos > 8% de declive.	0,5
Escoamento superficial	Não aplicado	Muito baixo ou baixo	médio	alto	Muito alto	0,5
Teor de P no solo $mg\ dm^{-3}$ ⁽²⁾	-	< 20	20 - 40	40 - 80	> 80	1,0
Método de aplicação de P mineral	não aplicado	Colocado com plantadeira ou injetado mais de $0,05m^{(4)}$.	Incorporado < 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície durante o crescimento.	Incorporado > 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície < 3 meses antes da cultura emergir.	Aplicado em superfície > 3 meses antes da cultura emergir.	1,0
Taxa de aplicação de P_2O_5 mineral ($kg\ ha^{-1}ano^{-1}$) ⁽³⁾	não aplicado	< 34	35 - 100	101 - 168	> 168	1,0
Método de aplicação de P orgânico	não aplicado	Injetado mais que $0,05m^{(4)}$	Incorporado < 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície durante o crescimento.	Incorporado > 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície < 3 meses antes da cultura emergir.	Aplicado em superfície de pastagem ou > 3 meses antes da cultura emergir.	1,0
Taxa de aplicação de P_2O_5 orgânico ($kg\ ha^{-1}ano^{-1}$) ⁽³⁾	não aplicado	< 34	35 - 100	101 - 168	> 168	1,0
Distância da área agrícola ao rio.	> 300	60 - 300		30 - 60	0 m ou aplicações são diretamente na superfície onde concentram o fluxo d'água.	1,0

(1)– Unidade transformada de $t\ ac^{-1}$ para $t\ ha^{-1}$;(3)– Unidade transformada de $lbs\ ac^{-1}$ para $kg\ ha^{-1}$;(2) - Unidade transformada de ppm para $mg\ dm^{-3}$;

(4) - Unidade transformada de polegadas para metros.

Tabela 9. Versão de P-Index de Nebraska (Eghball & Gilley, 2001)

Características da área	Peso	unidade	Nulo (0)	Baixo (0,5)	Médio (1)	Alto (1,5)	Muito Alto (2)
Erosão	4,0	$t\ ha^{-1}ano^{-1}$ ⁽¹⁾	Não aplicado	0 – 2,5	2,6 – 5,0	5,1 – 10,0	> 10,0
Escoamento Superficial	0,5	-	Nulo	baixo	Médio	Alto	Muito alto
Teor de P no solo	0,5	$mg\ dm^{-3}$ ⁽²⁾	Não aplicado	< 30	30 – 75	76 - 125	> 125
Taxa de aplicação de P_2O_5 mineral	0,5	$kg\ ha^{-1}ano^{-1}$	nulo	<15	15 – 40	41 - 65	> 65
	1,0						
Método de aplicação de P mineral		-	não aplicado	Colocado com plantadeira mais de 0,05m ⁽³⁾ .	Incorporado imediatamente antes do plantio	Incorporado > 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície < 3 meses antes do plantio.	Aplicado em superfície > 3 meses antes do plantio.
Taxa de aplicação de P_2O_5 orgânico	0,5	$kg\ ha^{-1}ano^{-1}$	nulo	< 30	30 – 55	56 - 80	> 80
	1,0						
Método de aplicação de P orgânico		-	não aplicado	Injetado mais que 0,05m ⁽³⁾ .	Incorporado imediatamente antes do plantio.	Incorporado > 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície < 3 meses antes do plantio.	. Aplicado em superfície de pastagem ou > 3 meses antes do plantio .

(1)– Unidade transformada de $Mg\ ha^{-1}$ para $t\ ha^{-1}$;(2) – Unidade transformada de $mg\ Kg^{-1}$;

(3) – Unidade transformada de cm em metros.

Tabela 10. Interpretação do risco de perda de P para cada versão de P-Index

Vulnerabilidade \ P-Index	Pensilvânia (Lemunyon & Gilbert, 1993)	Alabama (NRCS, 2001)	Novo México (Flynn et al, 2000)	Montana (Fasching, 2006)	Nebraska (Eghball & Gilley, 2001)
Muito baixo			0 – 10		
Baixo	< 8	< 65	10 – 17	< 11	<3
Médio	8 – 14	66 – 75	17 – 27	11 – 21	3 – 6,5
Alto	15 – 32	76 – 85	27 – 37	22 – 43	6,6 – 10
Muito alto	> 32	86 – 95	37 – 47	> 43	> 10
Excessivo/ Extremamente alto		> 96	> 47		

2.3 – Obtenção dos fatores constituintes do P-Index:

2.3.1 – Fonte

a) Teor de fósforo no solo – Determinou-se por meio de coleta a campo, de amostras compostas por 20 subamostras por encosta, retiradas na profundidade de 0 – 20 cm em 65 encostas agrícolas bem como em três encostas representativas de campo e cinco de vegetação arbórea da microbacia. As amostras foram secas ao ar, homogeneizadas e passadas em malha de 2 mm. Determinou-se o P Mehlich I de acordo com Pavan et al. (1992). O teor médio de P Mehlich I foi de 2,5 mg dm⁻³ nas áreas de vegetação arbórea, 2,7 mg dm⁻³ nas áreas de campo, e de 120,7 mg dm⁻³ nas áreas agrícolas, e variando de 9,1 a 325,2 mg dm⁻³ P (Figura 4). As classes de teor de fósforo foram obtidas, quando necessário para algumas versões de P-Index, de acordo com a % de argila no solo, segundo SBCS (2004) .

b) Taxa e método de aplicação de fósforo orgânico e mineral – Foram estimados por meio de entrevistas junto aos agricultores da microbacia hidrográfica e classificados de acordo com cada faixa apresentada entre as diferentes versões de P-Index. Em função do grande número de culturas e da grande rotatividade em cada encosta, consideraram-se couve-flor e acelga como culturas predominantes, por serem as de maior utilização na microbacia e também as de maior aplicação de fertilizante, tanto mineral como orgânico. Portanto, a partir dos dados coletados, considerou-se para todas as encostas agrícolas uma taxa de aplicação de 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ P₂O₅ na forma mineral e 960 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P₂O₅ na forma orgânica como cama de aves, ambos acima do recomendado (120 – 450 kg de P₂O₅ ha⁻¹)¹ de acordo com o teor de P no solo. O método de aplicação de fertilizante utilizado na microbacia é incorporação imediatamente antes do plantio, realizada manualmente.

¹ Adubação recomendada para o Brócolis e Couve-flor de acordo Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 10 ed. Porto Alegre, 2004.

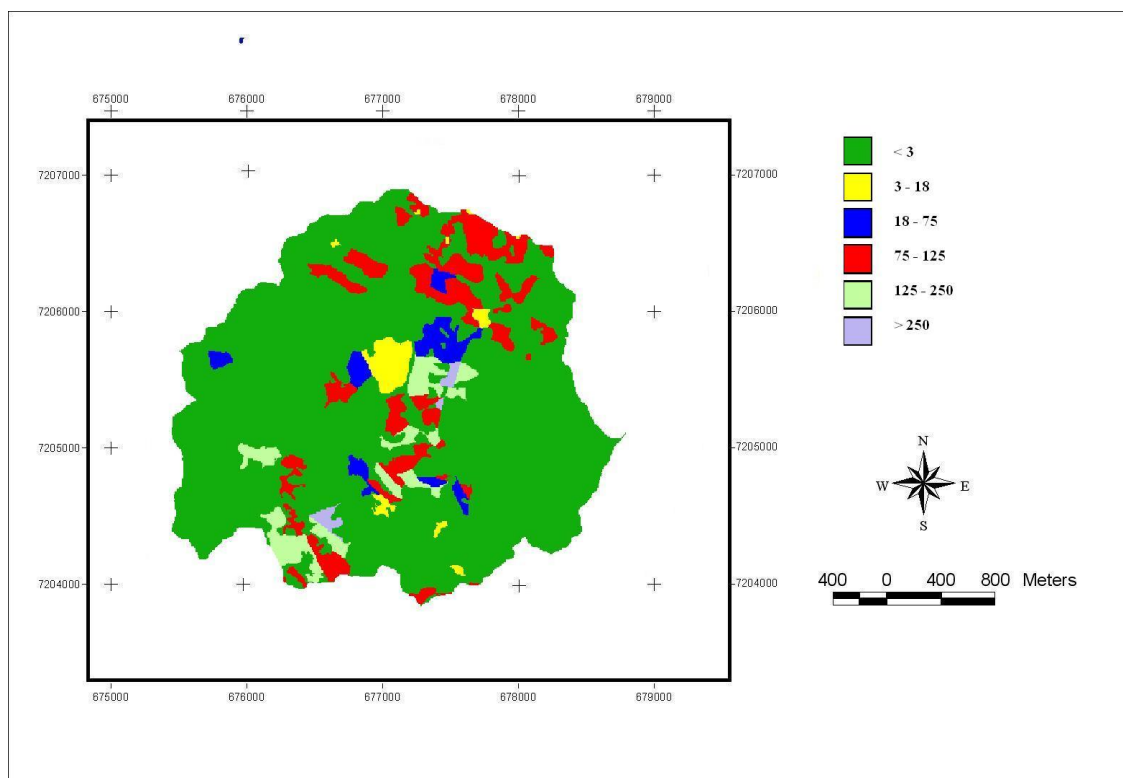


Figura 4. Teor de P Mehlich I, em mg dm^{-3} , no solo na microbacia do Rio Campestre, Colombo (PR) em escala adaptada da SBCS (2004) e Eghball & Gilley (2001)

2.3.2.– Transporte

a) **Erosão** – O fator de perda do solo foi obtido utilizando a equação universal de perda de solo revisada – RUSLE ($A = R.K.LS.CP$) (Renard et al., 1997), onde: A = perda de solo (em $\text{t ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$); R = fator de precipitação ($\text{MJ.mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$); K = fator de erodibilidade do solo ($\text{t h MJ}^{-1}\text{mm}^{-1}$); LS = fator topográfico (adimensional); C = fator de manejo de culturas (adimensional); e P = fator de práticas de proteção e manejo do solo (adimensional). A perda de solo foi obtida através do software IDRISI 15.0, utilizando planos de informações referentes aos fatores da RUSLE, os quais serão descritos a seguir.

a.1) Determinação dos fatores da RUSLE

- R = fator de precipitação: determinou-se por meio da equação 1 de Rufino (1993), região 8, utilizando séries históricas de registros pluviométricos da SUDERHSA (1988 – 2009), obtendo o valor de R da microbacia de $5.862 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$.

$$y = 3,39 + 4,15.Rc \quad [\text{Equação 1}]^2$$

- K = fator de erodibilidade do solo ($t \text{ h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$): determinado por meio da equação estabelecida por Roloff & Denardin (1994), obtendo 0,0362 a $0,0507 \text{ t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para (Cambissolos, Neossolos e Gleissolos) e $0,0150 \text{ t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para Latossolos.

$$K = 0,0437 \sqrt{Mm} + 0,0350 Fs - 0,0111Aa \quad [\text{Equação 2}]^3$$

$$K = 0,1038 \sqrt{Mm} - 0,0454 As \quad [\text{Equação 3}]$$

- LS = fator topográfico (adimensional): determinou-se através do software Arc View utilizando o modelo digital de elevação – MDE de acordo com Moore & Burch (1986) e Engel & Mohtar (2006)

$$LS = \left(\frac{AF}{22,13} \right)^{1,4} \cdot \left(\frac{\sin \theta}{0,0896} \right)^{1,3} \quad [\text{Equação 4}]^4$$

- C = fator de manejo de culturas: determinou-se de acordo com Bertoni & Lombardi Neto (1999)⁵. Obtendo para as áreas: agricultura (0,5225), vegetação arbórea (0,002) e campo (0,1). Nas encostas agrícolas, em função da grande diversidade considerou-se para o cálculo de C as culturas da couve-flor e acelga.

- P = fator de práticas de proteção e manejo do solo: foi determinado de acordo com Bertoni & Lombardi Neto (1999), utilizando o valor 1,0 para plantio morro abaixo e 0,09 para vegetação permanente.

A perda de solo na microbacia, obtida com a utilização da RUSLE, apresentou as maiores taxas nas áreas ocupadas por agricultura. Estimou-se que dos $192,8 \text{ ha}$ agrícolas, 175 podem estar perdendo mais que $37 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, coincidindo com as áreas de elevados teores de fósforo no solo.

² [Equação 1] y = índice de erosão da chuva em ($\text{MJ.mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); a = coeficiente linear; b = coeficiente angular; Rc = $p^2 P^{-1}$ [p = precipitação média mensal (mm); P = precipitação média anual (mm)], representando o quão erosiva é a chuva no período de um ano.

³ [Equações 2] - utilizada para cálculo de K de Latossolos e [Equação 3] para os demais. Mm é o parâmetro textural calculado pela fração silte multiplicada pela soma das frações silte e areia fina (g/g); Fs = teor de óxido de ferro extraído por ácido sulfúrico (g/g); Aa = As fração argila (g/g)⁻¹; As = teor de óxido de alumínio extraído por ácido sulfúrico (%).

⁴ [Equação 4] AF é a acumulação do fluxo expresso como o número de células da malha, sendo que a partir do delineamento da bacia processou-se a leitura; l é o tamanho da célula e θ é a declividade da rampa.

⁵ No cálculo de C foi necessário utilizar o fator correção: (1,0) devido ao preparo convencional com restos incorporados e (1,5) a baixa fertilidade do solo, totalizando (2,15) para este fator.

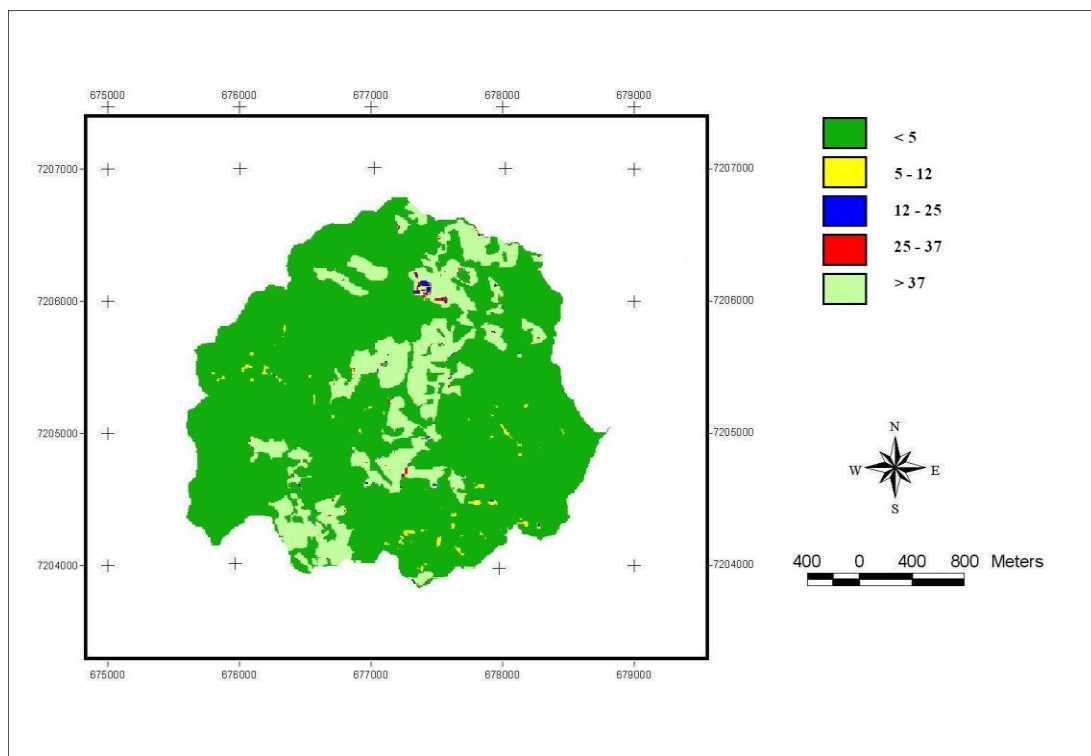


Figura 5. Taxa de perda de solo, em $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, na microbacia do Campestre, Colombo, PR em escala adaptada de Lemunyon & Gilbert (1993)

b) **Escoamento superficial** – Foi estimado em função da permeabilidade, (determinada pelo tipo de solo) e do declive de acordo com a Tabela 11 (Fasching, 2006). A permeabilidade foi definida de acordo com a drenagem do perfil estabelecida pelo manual de descrição e coleta de solo no campo (Santos et al., 2005), sendo os solos presentes na microbacia: Cambissolos, Neossolos, Gleissolos e Latossolos classificados como, respectivamente moderadamente drenado, moderadamente drenado, mal drenado e bem drenado. O declive foi obtido conforme descrito anteriormente.

Tabela 11. Classe de Escoamento Superficial em função da declividade e da permeabilidade do solo

Declividade (%)	Classe de Permeabilidade do Solo				
	Excessivo e fortemente drenado	Acentuadamente e bem drenado	Moderadamente drenado	Imperfeitamente drenado	Mal e muito mal drenado
Depressões	nenhum	nenhum	nenhum	nenhum	Nenhum
0 – 1	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Baixo	Baixo
1 – 5	Nenhum	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto
5 – 10	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
10 – 20	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
> 20	baixo	médio	alto	Muito alto	Muito alto

Adaptado de Fasching (2006); Oliveira (2007); Santos et al., (2005)

c) **Distância do rio até a lavoura e presença e largura de mata ciliar** - foram definidos a partir da interpretação do uso atual do solo, por meio do software SPRING. A distância da área agrícola ao rio foi definida como a distância entre o ponto mais próximo da área ao fluxo d'água, assim a largura definida também como espaço mínimo ocupado por vegetação arbórea.

Tabela 12. Quantidade de área agrícola e sua distância do rio em porcentagem da área, na microbacia hidrográfica do Campestre, Colombo (PR)

Distância da área agrícola até o rio (m)	Área	
	ha	%
< 30	80,7	42
30 – 60	44,5	23
60 – 300	18,1	9
> 300	49,5	26
Total	192,8	100

2.4 - Obtenção do valor P-Index

O valor de P-Index foi obtido de acordo com cada versão, a partir do cruzamento dos planos de informação referentes aos fatores de transporte e fonte de P, utilizando o software IDRISI 15.0. As cinco versões de P-Index além de serem aplicadas em toda a microbacia, também foram obtidas por sub-bacias (A, B e C) e por encosta agrícola (65 encostas).

2.5- Correlação dos dados de P-Index com P na água

Foram utilizados os dados estimados de P-Index, correlacionando-os com os dados analiticamente determinados de P-total coletados mensalmente nos pontos de monitoramento de qualidade da água do rio durante um ano (setembro de 2007 a setembro de 2008) fornecidos por Ribeiro (2009). Os dados de P index obtidos em três encostas (duas agrícolas e uma de vegetação arbórea nativa) foram correlacionados com as concentrações e perdas de P-total, P-particulado, P-solúvel e P-biodisponível, bem como com a perda de água e de solo coletados e determinados nestas mesmas encostas quinzenalmente, através de rodas de Cochocton, durante setembro de 2007 a setembro de 2008 fornecidos por Ramos (2009). A análise estatística utilizada foi a de correlação de Pearson pelo software SPSS versão 11.0 for Windows.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1- P-Index (IP) da microbacia nas diferentes versões

As cinco versões apresentaram similaridade em relação aos resultados de P-Index da microbacia, sendo que todas classificaram entre 75 a 81% da área como nível baixo e muito baixo (Tabela 13), indicando uma baixa vulnerabilidade de perda de fósforo para água. Estes resultados são justificados pela grande cobertura da área com vegetação arbórea (67% da área é ocupada por vegetação arbórea e apenas 19% por agricultura). Outrossim, ao analisar somente as áreas agrícolas, as quais provocam grande impacto desfavorável na qualidade da água de bacias hidrográficas (Lal, 1994), percebe-se que 79 a 100% da área apresenta vulnerabilidade de alto a extremamente alto (Tabela 13). Fatores como declividade podem estar contribuindo para níveis elevados de índice de P, visto que mais de 70% da área agrícola estão em declives acima de 13% (Tabela 3), contribuindo para elevadas taxas de perdas de solo (Figura 5) e água, conseqüentemente exercendo forte influência no transporte de fósforo (Eghball & Gilley, 2001). Além da declividade, os elevados teores de P no solo (Figura 4) e as altas taxas de aplicação de P nas áreas agrícolas, $400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ na forma mineral e $960 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de P_2O_5 como cama de frango, podem estar contribuindo para o elevado potencial de perda de P (Fasching, 2006).

Apesar da similaridade entre as versões, observa-se uma variabilidade na classificação das mesmas na microbacia (Tabela 13). A versão do Novo México é a que apresentou um maior número de classes, portanto mostrou uma maior estratificação e a de Nebraska, a de maior rigor, apresentando a menor área com vulnerabilidade baixa (75%) (Tabela 13). Isto deve-se, provavelmente, ao maior peso apresentado por esta versão ao fator erosão (4,0).

Em todas as versões, as áreas ocupadas por agricultura são as que apresentam maiores níveis de risco (Tabela 13), destacando-se as versões de Montana e Nebraska as de maior rigor, com 99 e 97% da área com vulnerabilidade muito alta, respectivamente. Já a versão do Alabama revela-se como menos restritiva, atribuindo apenas 62% destas áreas nesta categoria.

Das 42 versões de P-Index pesquisadas por Sharpley et al. (2003), 32 utilizam algum fator que justifica a importância da distância da área agrícola aos corpos d'água ou presença de faixa de vegetação na avaliação de risco no transporte de P. Dentre as versões aplicadas na microbacia, três apresentam alguns destes fatores: Alabama, NRCS. (2001); Montana, Fasching. (2006) e Novo México, Flynn et al. (2000) (Tabelas 6, 7 e 8).

Ao incluir o fator largura da área de vegetação nativa, o IP médio da microbacia, na versão do Alabama, passa de 24 para 25 permanecendo na mesma classe (baixo) (Tabela 14). Entretanto, o IP médio da agricultura passou de 84 para 93, elevando a classe de alto a muito

alto. Neste caso, a presença deste fator elevou o grau de vulnerabilidade da microbacia de 4% para 10,5%, classificando-a como excessivo/extremamente alto.

Tabela 13. P-Index da microbacia total e somente da área agrícola nas diferentes versões aplicadas na microbacia hidrográfica do Campestre, Colombo (PR)

Vulnerabilidade	Versões de IP									
	Pensilvânia (Lemunyon & Gilbert, 1993)		Montana (Fasching, 2006)		Novo México (Flynn et al., 2000)		Alabama (NRCS, 2001)		Nebraska (Eghball & Gilley, 2001)	
	microba cia	Agricul tura	microba cia	Agricul tura	microba cia	Agricul tura	microba cia	Agricul tura	microba cia	Agricul tura
Muito baixo					80,9					
Baixo	80,9		80,9		<0,1		82,5	5,5	74,5	0,3
Médio	<0,1	0,1	0,5		0,5	1,6	2,9	15,6	7,0	3,1
Alto	2,6	11,7	0,2	1,2	2,4	13,1	3,1	16,8	0,6	0,3
Muito Alto	16,4	88,2	18,4	98,8	4,8	24,7	1,0	5,5	17,9	96,3
Excessivo/Extre mamente alto					11,3	60,6	10,5	56,5		

Tabela 14. Valores de IP e % da área distribuída por classe de vulnerabilidade nas três versões de P-Index que apresentam os fatores distância da área agrícola ao rio e/ou presença da faixa de vegetação nativa

Versões de P-Index		Classes de PI					
		Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	Excessiv o/Extrem amente alto
Versão Alabama, NRCS, 2001	IP (%) ⁽¹⁾		82,6	4,2	2,7	6,4	4,1
	IP (%) ⁽²⁾		82,4	3,0	3,1	1,0	10,5
	IP microbacia ⁽¹⁾		24				
	IP microbacia ⁽²⁾		25				
	IP Agricultura ⁽¹⁾				84		
	IP Agricultura ⁽²⁾					93	
Versão Montana, Fasching, 2006	IP (%) ⁽³⁾		81,3	< 0,1	12,7	5,9	
	IP (%) ⁽⁴⁾		80,9	0,5	0,2	18,2	
	IP microbacia ⁽³⁾			11			
	IP microbacia ⁽⁴⁾			14			
	IP Agricultura ⁽³⁾				27		
	IP Agricultura ⁽⁴⁾					57	
Versão Novo México, Flynn et al., 2000	IP (%) ⁽⁵⁾	80,9	0,5	0,8	10,6	7,2	-
	IP (%) ⁽⁶⁾	80,9	< 0,1	0,5	2,4	4,8	11,3
	IP microbacia ⁽⁵⁾		10				
	IP microbacia ⁽⁶⁾		14				
	IP Agricultura ⁽⁵⁾				35		
	IP Agricultura ⁽⁶⁾						50

(1) – Ausência do fator: largura da faixa de vegetação nativa;

(2) – Presença do fator: largura da faixa de vegetação nativa;

(3) – Ausência do fator: distância da área agrícola ao rio;

(4) – Presença do fator: distância da área agrícola ao rio;

(5) – Ausência dos fatores: largura da faixa vegetação nativa e distância da área agrícola ao rio;

(6) – Presença dos fatores: largura da faixa vegetação nativa e distância da área agrícola ao rio;

Ao aplicarmos a versão Novo México observa-se similaridade ao incluir os fatores de conectividade (largura da área de vegetação nativa e distância da área agrícola ao corpo d'água), observa-se um comportamento similar a versão do Alabama, onde as áreas agrícolas mostram um aumento de vulnerabilidade, elevando o IP médio da microbacia de 10 para 14 e o da agricultura de (35) para (50), alterando a categoria de risco na área agrícola de alto para excessivo. Isto possivelmente deve-se ao fato de que apenas 57% das áreas de preservação permanente (APP) encontram-se ocupadas por vegetação nativa e 14,6% ocupadas por agricultura. Pellegrini et al. (2008), constatou que áreas agrícolas próximas aos corpos d'água e com ausência de mata ciliar proporcionam maior ação erosiva, encontrando concentrações de sedimentos seis vezes maior comparada com área na qual nascentes e cursos d'água estavam protegidos por floresta, observado, também, por Nair & Graetz (2004).

A inclusão do fator distância da área agrícola ao rio, na versão de Montana, também modifica a classificação da área agrícola. Nesta versão, quando não incluída a distância da área agrícola ao rio, a microbacia apresenta uma suscetibilidade média de perda de P, enquanto que quando o fator distância é considerado esta passa a ser considerada como muito alta. Isso possivelmente deve-se às encostas ocupadas por agricultura, uma vez que dos seus 192 ha, mais de 80 ha estão a menos de 30 m de distância do rio e apenas 50 ha, aproximadamente, estão acima dos 300 m de distância (Tabela 12). Bertoni & Lombardi Neto (1999) evidenciam que quando a aplicação de P é distante das áreas onde há escoamento de água em superfície, seu potencial de perda é reduzido.

3.2 – P-Index das sub-bacias nas diferentes versões.

Para averiguar a diferença espacial, a microbacia foi dividida em sub-bacias: A (A1, A2 e A3), B (B1, B2, B3 e B4) e C (A +B). De acordo com a Tabela 15 as versões de P-Index apontam que mais de 90% da sub-bacia A apresenta baixa vulnerabilidade de perda de fósforo, enquanto que na sub-bacia B aproximadamente 70% enquadram-se nesta categoria. A sub-bacia A possui menos de 8% de sua área ocupada por agricultura e 74% da área é coberta por vegetação nativa (Tabela 1) e ainda, apenas 6% da área de preservação permanente (APP) está ocupada por agricultura (Tabela 2). Já a sub-bacia B apresenta 24% da área ocupada por agricultura e 19% da APP também está ocupada por agricultura, o que justifica a maior vulnerabilidade de perda de P desta sub-bacia.

Apesar das pequenas variações observadas entre as versões de P-Index, todas foram sensíveis à variação do uso do solo, aumentado o IP quando houve aumento da área ocupada por agricultura.

A maioria das sub-bacias apresenta níveis médios de IP, de muito baixo a baixo, destacando-se a sub-bacia B1 que variou de médio a alto. Esta sub-bacia, entre todas, é a que apresenta maior área ocupada por agricultura (32%) (Tabela 1). Demonstrando que o uso do solo influencia significativamente nos resultados, fato também observado por Ribeiro (2009).

3.3 – Correlação da concentração de P da água do rio e do escoamento das encostas agrícolas com os resultados de P-Index.

Ao avaliar a contribuição dos componentes da paisagem e uso do solo na qualidade da água superficial na microbacia do Campestre, Ribeiro (2009) verificou que entre todos os parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados, concentrações de P-total superiores aos limites máximos permitidos pela legislação brasileira, indicando um potencial de eutrofização. O limite máximo permitido é de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$, Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005), para corpos d'água lóticos. A concentração de P-total encontrada foi $0,14 \text{ mg L}^{-1}$. Concentrações de P na água, em ambiente lântico, acima de $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ (Brasil, 2005) e $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ (Fasching, 2006; DANIEL et. al., 1998), geralmente aceleram a eutrofização.

Ao correlacionar os dados estimados pelas cinco versões de P-Index aplicadas na microbacia com a concentração de P-total coletada na água do rio mensalmente durante um ano nos pontos de monitoramento de qualidade (setembro de 2007 a setembro de 2008) fornecidos por Ribeiro (2009) observa-se baixos valores de correlação (Tabela 16). A versão que melhor correlação apresentou foi o de Nebraska, 0,23 para o valor médio da microbacia e para o valor médio da agricultura 0,49. As coletas de água na microbacia, na sua maioria, foram realizadas em dias sem ocorrência de precipitação, um dos fatores que, possivelmente, podem ter influenciado nesta baixa correlação.

Tabela 15. Classes de IP (%) apresentadas pelas cinco versões aplicadas na microbacia hidrográfica do Campestre, Colombo (PR)

247 Classes de IP (%) apresentadas pelas cinco vertentes apresentadas na Universidade Maragranes de Sanpedro, Colorado (2019)																							
Sub-bacias	Classes de IP (%)																						
	Pensilvânia Lemunyon & Gilbert, 1993				Montana Fasching, 2006				Novo México Flynn et al., 2000						Alabama NRCS, 2001				Nebraska Eghball & Gilley, 2001				
	2	3	4	5	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6	2	3	4	5
A	92,8	<0,1	1,2	6,1	92,8	0,6	0,1	6,6	92,8	<0,1	0,7	1,6	2,7	2,3	93,9	1,7	2,0	0,4	2,1	83,5	9,1	1,3	6,2
B	75,1	<0,1	3,4	21,5	76,3	0,5	0,4	22,9	75,1	<0,1	0,4	2,9	5,9	15,7	76,8	3,5	3,7	1,4	14,7	70,0	6,0	0,3	23,6
C	80,9	<0,1	2,7	16,4	80,9	0,5	0,2	18,2	80,9	<0,1	0,5	2,4	4,9	11,3	82,4	2,9	3,1	1,0	10,5	74,4	7,0	0,6	17,9

(1) muito baixo; (2) baixo; (3) médio; (4) alto; (5) muito alto; (6) excessivo/extremamente alto.

Tabela 16. Comparação dos resultados de cinco versões de P-Index com os dados analíticos de P-total na água do rio

			Pensilvânia Lemunyon & Gilbert, 1993		Montana Fasching, 2006		Novo México Flynn et al., 2000		Alabama NRCS, 2001		Nebraska Eghball & Gilley, 2001	
Sub-Bacia	P total (mg L ⁻¹) (1)		(3)	(4)	(3)	(4)	(3)	(4)	(3)	(4)	(3)	(4)
A	(A1)	0,12	4	-	5	-	5	-	11	-	2	-
	(A2)	0,16	6	29	9	56	8	46	16	85	2	13
	(A3)	0,13	6	39	8	57	8	46	16	86	2	13
B	(B1)	0,13	15	29	21	58	20	53	38	99	5	13
	(B2)	0,13	5	39	7	56	8	52	15	96	2	13
	(B3)	0,13	12	30	16	57	16	52	30	95	4	13
	(B4)	0,16	12	31	17	57	16	51	30	94	4	13
Total	(C) ⁽²⁾	0,14	11	39	14	57	14	50	25	93	3	13
Correlação com P-total			0,20	0,33	0,22	0,47	0,18	0,42	0,18	0,41	0,23	0,49

(1) – P-total médio avaliado na água do rio na microbacia do Campestre, coletado mensalmente nos pontos de monitoramento, durante um ano (set/2007 – set/2008), fornecidos por Ribeiro (2009)

(2) – Sub-bacia C representa a soma das sub-bacias A e B.

(3) – IP –valor médio da Agricultura;

(4) – IP – valor médio da microbacia.

Ramos (2009), ao analisar indicadores de qualidade de água do escoamento superficial no final de três encostas com produção olerícola, dentro da área de abrangência deste estudo, durante o período de um ano, encontrou maiores concentrações de P total nas encostas com sistema de produção convencional, apresentando também maiores perdas de solo e água. Para as encostas com sistema orgânico, convencional e de mata, os valores médios obtidos, respectivamente, foram: P-total (0,92; 9,48 e 0,30 mg L⁻¹), P-particulado (0,54; 5,30 e 0,16 mg L⁻¹), P-solúvel (0,37; 4,18 e 0,14 mg L⁻¹), P-biodisponível (0,82; 4,63 e 0,18 mg L⁻¹), água (1,21; 1,98 e 0,32 mm) e solo (6,03; 113,58 e 6,03 kg ha⁻¹ ano⁻¹).

Ao correlacionar os dados de IP obtidos nestas mesmas encostas observa-se que a melhor correlação foi alcançada com concentração de P-biodisponível, entre todas as versões e as de menor correlação, em ordem decrescente foram P-solúvel e P-total (Tabela 17). Esses resultados apontam um potencial de degradação de curto prazo das águas dos rios em função do P-biodisponível estar prontamente disponível para as plantas e organismos aquáticos.

Tabela 17. Coeficiente de correlação entre os valores estimados de Índice de Fósforo (IP) e os dados analíticos de concentração de fósforo obtidos no escoamento superficial de três encostas nos anos de 2007 e 2008 na microbacia hidrográfica do Campestre, Colombo (PR), fornecidos por Ramos (2009)

Microbactera marigramata de Campinas, Coromoto (P1), recolhidos por Ramos (2002)								
	P-Index (valores de IP)							
	Pensilvânia a Lemunyon & Gilbert, 1993	Montana Fasching, 2006		Novo México Flynn et al., 2000		Alabama NRCS, 2001		Nebraska Eghball & Gilley, 2001
		(1)		(2)		(3)		
P-biodisponível x IP	0.63	0.62	0.63	0.43	0.63	0.48	0.64	0.60
P-solúvel x IP	0.56	0.56	0.56	0.35	0.57	0.41	0.58	0.53
P-particulado x IP	0.58	0.57	0.58	0.37	0.58	0.42	0.59	0.54
P-total x IP	0.57	0.56	0.57	0.36	0.57	0.42	0.58	0.54

(1)– Valores de IP estimados excluindo o fator: distância da área agrícola ao rio;

(2)– Valores de IP estimados excluindo os fatores: distância da área agrícola ao rio e largura da faixa de vegetação nativa.

(3)– Valores de IP estimados excluindo o fator: largura da faixa de vegetação nativa;

Na correlação do IP com as perdas de água e solo (Tabela 18) observam-se melhores resultados para as perdas de água (média entre as versões de 0,9) (Tabela 18), indicando uma maior influência do escoamento superficial em relação a perda de solo na definição do P index, destacando-se como principal via de transporte de P de solos agrícolas para corpos d'água (Delaune et al, 2004).

Então a aplicação do P-Index deve ser por encostas, pois apresentam valores que representam melhor a realidade (Tabela 18). As baixas correlações de valores de IP com o P obtido analiticamente são devido à média das várias situações encontradas na microbacia.

Tabela 18. Coeficiente de correlação entre os valores estimados de Índice de Fósforo (IP) e os dados analíticos de perda de água e solo de três encostas nos anos de 2007 e 2008 na microbacia hidrográfica do Campestre, Colombo (PR), fornecidos por Ramos (2009)

P-Index (valores de IP)								
	Pensilvânia Lemunyon & Gilbert, 1993	Montana Fasching, 2006	Novo México Flynn et al., 2000			Alabama NRCS, 2001	Nebraska Eghball & Gilley, 2001	
		(1)	(2)			(3)		
Perda de água X IP	0,90	0,89	0,90	0,80	0,90	0,88	0,90	0,90
Perda de solo X IP	0,52	0,51	0,52	0,36	0,52	0,49	0,53	0,52

(1)– Valores de IP estimados excluindo o fator: distância da área agrícola ao rio;

(2)– Valores de IP estimado excluindo os fatores: distância da área agrícola ao rio e largura da faixa de vegetação nativa.

(3)– Valores de IP estimados excluindo o fator: largura da faixa de vegetação nativa;

Ao compararmos os resultados de IP médio com os resultados obtidos na água do rio, leva a inferir que as encostas mostram-se como áreas de maior vulnerabilidade poluidora, o mesmo encontrado por Ramos (2009) ao observar que a água do rio apresentava uma qualidade melhor comparada a água das encostas, possivelmente em função da grande área de vegetação arbórea presente na microbacia. Logo quando barreiras (presença de vegetação nativa) são utilizadas para proteger as áreas de encosta, seu potencial de perda pode ser reduzido (Bertoni & Lombardi Neto, 1999), assim como adoção de práticas conservacionistas, minimizando a erosão, conseqüentemente diminuindo o transporte de P-particulado (Novais & Smith, 1999), fonte de poluição a longo prazo.

4. CONCLUSÕES

1- As cinco versões apresentaram similaridade em relação aos resultados de P-Index ao classificarem a microbacia como nível baixo e muito baixo, indicando uma baixa vulnerabilidade de perda de fósforo para água; porém nas áreas agrícolas, todas as versões indicaram vulnerabilidade muito alta, sendo a versão de Montana e Nebraska as de maior rigor.

2- A presença do fator conectividade (distância da área agrícola ao rio e/ou largura da faixa de vegetação nativa) interferiu positivamente nos resultados de P-Index. Já o aumento de percentagem da área agrícola proporcionou o aumento do P-Index, ou seja, elevação do risco de perda de P.

3. – Os valores estimados de P- Index apresentaram baixa correlação com os dados de P-total na água da microbacia, no entanto refletiram melhor o que aconteceu nas encostas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicam que a adoção de práticas conservacionistas como plantio em nível, construção de barreiras físicas e redução da taxa de aplicação de fósforo são necessárias para diminuir a vulnerabilidade da microbacia no movimento do fósforo em superfície. A metodologia P-Index pode ser considerada como uma boa ferramenta para estimar perda de P para água, porém para ser utilizada no Brasil ainda há necessidade de novas pesquisas para verificar a versão que melhor se adapta ou adequar uma específica para nossas condições climáticas, declives e solos.

6. LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, L. Mudanças técnicas na agricultura: perspectivas da transição agroambiental em Colombo – PR. **Tese de doutorado**. Universidade Federal do Paraná. 2003.
- BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4 ed. São Paulo, Editora Ícone, 1999, 355p.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Humano e Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005**. Brasília, 23p. 2005.
- COMEC. Região Metropolitana de Curitiba. Levantamento aerofotogramétrico. Escala 1:10.000, 1987. **Plano de desenvolvimento integrado da Região Metropolitana de Curitiba**, 2001.
- DELAUNE, Paul B.; MOORE, Philip A.; CARMAN, Dennis K.; SHARPLEY, Andrew N.; HAGGARD, Brian E. & DANIEL, Tommy. Development of a phosphorus index for pastures fertilized with poultry litter – Factors affecting phosphorus runoff. **J. Environ. Qual.** 33: 2183-2191, 2004.
- EASTMAN, J. R. **Guide to GIS and image processing**. Worcester, Clark University, 193p, 1999.
- EGHBALL, B. e GILLEY, J. E. Phosphorus risk assessment index evaluation using runoff measurements. **J. Soil Water Conserv.** 56:202-207, 2001.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006.
- ENGEL, B. Estimating soil erosion using RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) Using ArcView. 2003. Environmental Systems Research Institute, Inc. ArcView Gis 3.2. USA, 1982 – 2000. Sistema de Mapeamento de Superfícies.
- FASCHING, Richard. A. Phosphorus index assessment for Montana. Ecological Sciences – Agronomy Technical Note. Natural Resources Conservation Service. N.80.1 **Nutrient Management**. Agronomy Technical Note MT-77 (Rev.3), 2006.
- FLYNN, R.; SPORCIC, M. e SCHEFFE, L. **Phosphorus Assessment tool for New Mexico**. U.S. Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service (NRCS). Technical Note Agronomy-57. Publications Distribution Center, NRCS, Albuquerque, New México, 4pp, 2000.
- GBUREK, William J.; SHARPLEY, Andrew N.; HEATHWAITE, Louise & FOLMAR, Gordon. Phosphorus Management at the Watershed Scale: A Modification of the Phosphorus Index. **J. Environ. Qual.** 29:130-144, 2000.
- INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ (SUDERHSA). **Fotografias aéreas coloridas**. Escala 1:30.000. Curitiba, 2000.

- INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E FLORESTA. **Atlas do Estado do Paraná**. 1987, 73p.
- KLEINMAN, Peter J. A.; SHARPLEY, Andrew N.; MOYER, Barton G. & ELWINGER, Gerald. Effect of Mineral and Manure Phosphorus sources on Runoff Phosphorus. **J. Environ. Qual.** 31:2026- 2033, 2002.
- LAL R. & STEWART, B. A. Soil process and water quality. In: R. LAL & B. A. STEWART (Eds) **Soil processes and water quality**. CRC Press, Boca Raton, FL., p.163-222, 1994.
- LEMUNYON, J.L.; GILBERT, R.G. The concept and need for a phosphorus assessment tool. **Journal of Production Agriculture**. USA. 6:483-486, 1993.
- MINEROPAR. **Mapeamento Geológico** – Geotécnico nas folhas CONGE A 100, A 103, A 093. Projeto Geotécnica – Região Metropolitana de Curitiba. Curitiba, 1997.
- MOORE, I & BURCH, G. Physical basis of the lenght-slope factor in the universal soil loss equation. **Soil Science Society of America Journal**. v.29, 6: 1624-1630, 1986.
- NAIR, V. D. & GRAETZ, D.A. Agroforestry as na approach to minimizing nutrient loss from heavily fertilized soils: the Florida experience. **Agroforestry Systems**. 61/62:269-279, 2004.
- NOVAIS, Roberto de Faria & SMYTH, T. Jot. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. ed.1, Viçosa, MG : UFV, DPS, 1999, 399p.
- NRCS – Natural Resources Conservation Service. Phosphorus index for Alabama: A planning tool to asses and manage P movement. Auburn: U. S. Department of Agriculture – Natural Resources Concervation Service. 2001. 5p. **Agronomy Technical Note** AL-72.
- OLIVEIRA, Mariana Fiorini Medeiros; FAVARETTO, Nerilde; ROLOFF, Gláucio & CRISTOVÃO, V. S. Fernandes. Estimativa do potencial de perda de P através da metodologia “P-Index”. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V.14, 3:267-273, 2010.
- PAVAN, M. A.; BLOCH, M. de F.; ZEMPULSKI, H. da C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina. IAPAR, circular n.76, 1992.
- PELLEGRINI, João Batista Rossetto; SANTOS, Danilo Rheinheimer do; GONÇALVES, Celso Silva; COPETTI, André Carlos Cruz & BORTOLUZZI, Edson Campanhola. Adsorção de fósforo em sedimentos e sua relação com a ação antrópica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 32:2639-2646, 2008.
- RAMOS, Michele Ribeiro. **Atributos Físicos e Perda de Solo, Água e Nutrientes em Enconstas sob Sistema de Produção de Hortaliças Convencional e Orgânico**. Curitiba. Universidade Federal do Paraná, 77p. 2009. (Dissertação de Mestrado).
- RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A., McCOLL, D. L.; YODER, D. C. **Predicting soil erosion by water. A guide to conservation planning with the revised**

Universal Soil Loss Equation. USDA. Agricultural Handbook nº 703. US Government Printing Office, Washington D. C., EUA. 1997.

ROLLOF, G.; DENARDIN, J. E. Estimativa simplificada da erodibilidade do solo. In: **Resumos da X Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e Água.** 1994.

RUFINO, R. L.; BISCAIA, R. C. M.; MERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná através da pluviometria: terceira aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** 17: 439-444, 1993.

SANTOS, Raphael David dos; LEMOS, Raimundo Costa de; SANTOS, Humberto Gonçalves dos; KER, João Carlos & ANJOS, Lúcia Helena Cunha dos. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo.** 5 ed. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

SHARPLEY, A N. & HALVORSON, A. D. The manegement of soil phosphorus availability and its impacto n surface water quality. **Advances in Soil Science**, 7-90, 1994.

SHARPLEY, A. N.; McDOWELL, R. W. & KLEINMAN, J. A. Phosphorus loss from land to water: Integrating agricultural and environmental management. **Plant Soil.** 237:287-307, 2001.

SHARPLEY, A. N.; WELD, J. L.; BEEGLE, D. B.; KLEINMAN, P. J. A.; GBUREK, W. J.; MOORE JR, P. A.; MULLINS, G. Development of phosphorus indices for nutrient management planning strategies in the United States. **J. Soil Water Conserv.** 58, 2003.

SHIGAKI, Francirose; SHARPLEY, Andrew & PROCHNOW, Luis Ignácio. Source-related transport of phosphorus in surface runoff. **J. Environ. Qual.** 35:2229- 2235, 2006a.

SHIGAKI, Francirose; SHARPLEY, Andrew & PROCHNOW, Luis Ignácio. Rainfall intensity and phosphorus source effects on phosphorus transport in surface runoff from soil trays. **Science of the Total Environment.** 2006b.

SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina/** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 10.ed, Porto Alegre: SBCS, 2004. 400p.

WISCHMEIER, W. H; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses:** a guide to conservations planning. Washington: USDA, 1978.

7 – APÊNDICE

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. MAPA DA DIVISÃO DAS ENCOSTAS AGRÍCOLAS DA MICROBACIA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR).....	91
FIGURA 2. MAPA DAS CLASSES DE SOLOS E LINHA DE DREAGEM DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA, COLOMBO (PR).....	92
FIGURA 3. MAPAS COM A ESTIMATIVA DE PERDA DE FÓSFORO UTILIZANDO AS DIFERENTES VERSÕES DE P-INDEX APLICADAS NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR).....	93
FIGURA 3.1. P-INDEX DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR), VERSÃO LEMUNYON & GILBERT, PENSILVÂNIA, 1993.....	93
FIGURA 3.2. P-INDEX DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR), VERSÃO FASCHING, MONTANA, 2006.....	94
FIGURA 3.3. P-INDEX DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR), VERSÃO NRCS, ALABAMA, 2001.....	95
FIGURA 3.4. P-INDEX DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR), VERSÃO FLYNN et al., NOVO MÉXICO, 2000.....	96
FIGURA 3.5. P-INDEX DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR), VERSÃO EGHBALL & GILLEY, NEBRASKA, 2001.....	97

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. CÁLCULO DE C (RUSLE) DE ACORDO COM A METODOLOGIA DE BERTONI & LOMBARDI NETO (1999) PARA A MICROBACIA DO CAMPESTRE – COLOMBO (PR).....	45
TABELA 2. CORREÇÃO DO FATOR C (RUSLE). DADOS SUGERIDOS POR BERTONI & LOMBARDI NETO (TRABALHO NÃO PUBLICADO), APRESENTADOS POR SANTA CATARINA, 1994	46
TABELA 3. DADOS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO DE 1988 A 2009 FORNECIDOS PELA SUDERHSA PARA O CÁLCULO DE R (RUSLE) DE ACORDO COM RUFINO (1993), REGIÃO 8. ESTAÇÃO: COLOMBO – SE COPEL, MUNICÍPIO DE COLOMBO, LATITUDE: 25° 17’ 15” (7202050,0289), LONGITUDE: 49° 13’ 50” (678155,2649), ALTITUDE: 977M, TIPO: PPRT; SUDERHSA.....	47
TABELA 4. TABELA 4. APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO DE RUFINO (1993), REGIÃO 8, PARA OBTENÇÃO DOS EI ₃₀ MÉDIOS MENSAIS DOS ÚLTIMOS 22 ANOS NA MICROBACIA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR).....	48
TABELA 5. CÁLCULO DE K (RUSLE), PARA A MICROBACIA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR), DE ACORDO COM A ROLOFF & DENARDIN (1994)	49
TABELA 6. DESCRIÇÃO DOS PERFIS DE SOLO.....	50
TABELA 7. ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO NA MICROBACIA DO CAMPESTRE – COLOMBO (PR), ÁREA (HA); USO DO SOLO E TEOR DE P (MEHLICH I).....	64
TABELA 8. VARIAÇÃO DOS PESOS APRESENTADAS PELAS VERSÕES DE P-INDEX UTILIZADAS NA MICROBACIA DO CAMPESTRE, COLOMBO (PR)) E VARIAÇÃO DOS PESOS.....	65
TABELA 9. VARIAÇÃO DO PESOS APRESENTADOS PELAS VERSÕES DE P-INDEX AO FATOR EROÇÃO.....	66
TABELA 10. VARIAÇÃO DO PESOS APRESENTADOS PELAS VERSÕES DE P-INDEX AO FATOR ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	67
TABELA 11. CLASSIFICAÇÃO DAS CLASSES DE PERMEABILIDADE DO SOLO DE ACORDO COM A DECLIVIDADE. ADAPTADO DE FASCHING, 2006, OLIVEIRA, 2007 E LEMOS ET AL, 2005.....	67

TABELA 12. VARIAÇÃO DO PESOS APRESENTADOS PELAS VERSÕES DE P-INDEX AO FATOR TEOR DE FÓSFORO NO SOLO.....	68
TABELA 13. INTERPRETAÇÃO DO TEOR DE FÓSFORO NO SOLO EXTRAÍDO PELO MÉTODO MEHLICH-1, CONFORME TEOR DE ARGILA _SBCS/2004. ADAPTADO DE OLIVEIRA, 2007.....	68
TABELA 14. VARIAÇÃO DO PESOS APRESENTADOS PELAS VERSÕES DE P-INDEX AO FATOR TAXA DE P_2O_5 MINERAL.....	69
TABELA 15. VARIAÇÃO DO PESOS APRESENTADOS PELAS VERSÕES DE P-INDEX AO FATOR MÉTODO DE APLICAÇÃO DE P_2O_5 MINERAL....	70
TABELA 16. VARIAÇÃO DO PESOS APRESENTADOS PELAS VERSÕES DE P-INDEX AO FATOR TAXA DE P_2O_5 ORGÂNICO.....	71
TABELA 17. VARIAÇÃO DO PESOS APRESENTADOS PELAS VERSÕES DE P-INDEX AO FATOR MÉTODO DE APLICAÇÃO DE P_2O_5 ORGÂNICO.	72
TABELA 18. VARIAÇÃO DO PESOS APRESENTADOS PELAS VERSÕES DE P-INDEX AO FATOR DISTÂNCIA DA ÁREA AGRÍCOLA AO RIO.....	73
TABELA 19. VARIAÇÃO DO PESOS APRESENTADOS PELAS VERSÕES DE P-INDEX A OUTROS FATORES, COMO: LARGURA DA FAIXA DE VEGETAÇÃO NATIVA, MANEJO DE PASTELO, PRESENÇA DE AMBIENTES COM ÁGUA COM HABITAT CRÍTICO E DECLIVE.....	74
TABELA 20. CÁLCULO DO P-INDEX, VERSÃO PENSILVÂNIA (LEMUNYON & GILBERT, 1993).....	75
TABELA 21. CLASSES DE PI POR ENCOSTA NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CAMPESTRE – COLOMBO (PR), NAS DIFERENTES VERSÕES DE P-INDEX.....	80

OBTENÇÃO DOS FATORES DA RUSLE

Tabela 1. Cálculo de C (RUSLE) de acordo com a metodologia de Bertoni & Lombardi Neto (1999) para a microbacia do Campestre – Colombo (PR)

mês	cultura	fase	(1) ⁶ RPS	precipitação (mm)	EI30 mensal ⁷	(2) Propor. Do EI30 anual ⁸	1x2 Unitário	total da cultura	fator de correção	C mensal corrigido ⁹	total corrigido da cultura ¹⁰
outubro	couve-flor	1	0,34	155	695	0,12	0,040	0,106	2,15	0,0860	0,2279
novembro	couve-flor	2	0,29	113	410	0,07	0,020			0,0430	
dezembro	couve-flor	3	0,13	151	645	0,11	0,014			0,0301	
janeiro	couve-flor	4	0,10	196	1,091	0,19	0,019			0,0409	
janeiro	couve-flor	5	0,07	196	1,091	0,19	0,013			0,0280	
fevereiro	acelga	1	0,34	147	630	0,11	0,037	0,095	2,15	0,0796	0,2043
fevereiro	acelga	2	0,29	147	630	0,11	0,032			0,0688	
março	acelga	3	0,13	133	520	0,09	0,011			0,0237	
março	acelga	4	0,10	133	520	0,09	0,009			0,0194	
março	acelga	5	0,07	133	520	0,09	0,006			0,0129	
abril	couve-flor	1	0,34	76	192	0,03	0,010	0,044	2,15	0,0215	0,0903
maio	couve-flor	2	0,29	95	282	0,05	0,014			0,0301	
junho	couve-flor	3	0,13	88	246	0,04	0,005			0,0108	
julho	couve-flor	4	0,10	109	360	0,06	0,006			0,0129	
julho	couve-flor	4	0,10	109	360	0,06	0,006			0,0129	
agosto	couve-flor	5	0,07	64	146	0,02	0,001		2,15	0,0022	
										TOTAL	0,5225

⁶ RPS – Razão de perdas de solo utilizada foi a da cultura do alho e também houve necessidade de utilizar a correção do fator uso e manejo;

⁷ EI30 mensal – aplicação da Equação de Rufino (1993) $y = a + bx$ ($y = 33,26 + 40,71x$) onde $x = Rc$ ($p^2 P^{-1}$), onde p é média de precipitação mensal de 1988 a 2009 e P é a média anual dos últimos 22 anos;

⁸ Percentagem de precipitação anual (soma-se os EI30 médios mensais = 5862 , 100%) e calcula-se a percentagem mensal de precipitação, ex: outubro (EI30 695 = 0,12%);

⁹ Multiplica-se o fator correção pelo valor unitário (2,15 x 0,040)

¹⁰ Soma-se o resultado do fator por cultura. -

Tabela 2. Correção do Fator C (RUSLE). Dados sugeridos por Bertoni & Lombardi Neto (trabalho não publicado), apresentados por Santa Catarina, 1994

Manejo	Fator de Correção
Preparo convencional, restos queimados	1,35
Preparo convencional, restos incorporados	1,00¹¹
Preparo reduzido, restos semi-incorporados	0,65
Sem preparo, restos na superfície	0,20
Fertilidade alta	0,80
Fertilidade média	0,90
Fertilidade baixa	1,15¹²
Rotação sem leguminosa e gramínea	0,90
Rotação com leguminosa	0,75
Rotação com gramínea	0,65
Consórcio de culturas	0,75

¹¹ Fator de correção utilizado para o cálculo de C na microbacia do Campestre – Colombo (PR)

¹² Fator de correção utilizado para o cálculo de C na microbacia do Campestre – Colombo (PR)

Tabela 3. Dados mensais de precipitação de 1988 a 2009 fornecidos pela SUDERHSA para o cálculo de R (RUSLE) de acordo com Rufino (1993), Região 8. Estação: Colombo – SE COPEL, Município de Colombo, Latitude: 25° 17' 15" (7202050,0289), Longitude: 49° 13' 50" (678155,2649), Altitude: 977m, Tipo: PPRT; SUDERHSA

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total anual
1988	154	134	112	107	320	53	8	0	81	136	28	133	1267
1989	187	121	69	114	74	69	140	43	169	89	65	202	1342
1990	361	106	183	135	91	86	236	146	114	125	185	64	1833
1991	166	115	169	77	39	139	5	58	29	211	79	210	1297
1992	56	125	180	35	246	20	142	102	54	77	102	56	1196
1993	206	163	140	105	237	83	167	27	459	207	111	101	2005
1994	210	153	95	105	94	121	131	4	9	164	195	165	1446
1995	460	237	137	60	54	113	117	58	167	144	71	204	1818
1996	206	203	240	38	2	105	72	94	183	229	102	205	1679
1997	266	100	56	14	55	171	66	58	171	197	217	133	1503
1998	218	92	293	150	49	102	152	179	332	198	19	166	1950
1999	264	324	89	51	42	89	164	5	100	142	80	97	1446
2000	113	163	54	7	27	157	73	109	207	115	110	254	1389
2001	139	191	198	81	123	125	145	64	91	233	66	125	1580
2002	170	148	83	47	99	38	41	108	143	110	188	105	1280
2003	141	139	154	101	33	98	101	17	136	65	170	287	1443
2004	155	116	130	88	146	83	121	22	53	167	112	176	1370
2005	133	88	128	85	91	78	78	72	245	181	77	52	1308
2006	151	115	77	24	14	31	47	49	192	62	163	80	1005
2007	177	173	129	111	162	15	120	24	46	134	157	267	1515
2008	144	126	130	100	52	110	19	112	50	256	79	87	1264
2009	242	93	74	29	49	60	255	55	250	166	206	115	1595
Média mensal (p)	196	147	133	76	95	88	109	64	149	155	117	149	1.479 ¹³
Rc (p ² P ⁻¹)	25,98	14,65	11,96	3,91	6,10	5,24	8,04	2,77	15,01	16,25	9,26	15,01	
El ₃₀	1091	630	520	192	282	246	360	146	645	695	410	645	5.862 ¹⁴

¹³ P = 1479 (média anual dos últimos 22 anos).

¹⁴ Valor de R em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹

Aplicação da Equação de Rufino (1993) convertida pelo SI:

$$y = a + b x$$

$$y = 3,39 + 4,15 x (9,81 \text{ m s}^{-2})$$

$$y = 33,26 + 40,71 x \text{ onde } x = R_c (p^2 P^{-1})$$

Tabela 4. Aplicação da Equação de Rufino (1993), Região 8, para obtenção dos EI₃₀ médios mensais dos últimos 22 anos na microbacia do Campestre, Colombo (PR)

y	33,26 + 40,71	x ($R_c = p^2 P^{-1}$)	R _c	33,26 + (40,71 . x)
EI30 janeiro	33,26 + 40,71	$196^2 1479^{-1}$	25,98	1.091
EI30 fevereiro	33,26 + 40,71	$147^2 1479^{-1}$	14,65	630
EI30 março	33,26 + 40,71	$133^2 1479^{-1}$	11,96	520
EI30 abril	33,26 + 40,71	$76^2 1479^{-1}$	3,91	192
EI30 maio	33,26 + 40,71	$95^2 1479^{-1}$	6,10	282
EI30 junho	33,26 + 40,71	$88^2 1479^{-1}$	5,24	246
EI30 julho	33,26 + 40,71	$109^2 1479^{-1}$	8,04	360
EI30 agosto	33,26 + 40,71	$64^2 1479^{-1}$	2,77	146
EI30 setembro	33,26 + 40,71	$149^2 1479^{-1}$	15,01	645
EI30 outubro	33,26 + 40,71	$155^2 1479^{-1}$	16,25	695
EI30 novembro	33,26 + 40,71	$117^2 1479^{-1}$	9,26	410
EI30 dezembro	33,26 + 40,71	$149^2 1479^{-1}$	15,01	645

Tabela 5. Cálculo de K (RUSLE), para a microbacia do Campestre, Colombo (PR), de acordo com a Roloff & Denardin (1994)

Classes de Solo	% silte	% areia fina	% argila	% Al ₂ O ₃	Mm	As	K	KI	classes_ declive	geologia
LATOSSOLO BRUNO Distrófico típico (1)	26,75	13,27	50,00	14,013	0.1071	0.14013		0.0150	ondulado	diabásio
CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico (2)	13,05	54,84	26,00	3,167	0,0885	0.03167	0.0165		Forte ondulado	quartzito
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (3)	51,39	1,79	18,75	7,809	0.2733	0.07809	0.0507		ondulado	Filito
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (4)	58,10	21,35	36,25	8,788	0.4616	0.08788	0.0665		ondulado	Filito
ASSOCIAÇÃO CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico + NEOSSOLO LITÓLICO Distro úmbrico típico (5)	51,26	6,28	31,25	7,015	0.2950	0.07015	0.0532		ondulado	quartzito + filito
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico(6)	47,42	6,01	50,00	6,139	0.2534	0.06139	0.0495		Forte ondulado	quartzito
ASSOCIAÇÃO CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico + NEOSSOLO LITÓLICO Chernossólico (7)	51,26	6,28	31,25	7,015	0.2950	0.07015	0.0532		Suave ondulado	Filito
ASSOCIAÇÃO CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico + NEOSSOLO LITÓLICO Distro úmbrico típico (8)	13,05	54,84	26,00	3,167	0,0885	0.03167	0.0165		ondulado	quartzito + filito
NEOSSOLO LITÓLICO Distro úmbrico típico (9)	36,45	15,36	36,25	7,015	0.1888	0.07015	0.0419		forte ondulado	quartzito + filito
NEOSSOLO LITÓLICO Distro úmbrico fragmentário (10)	28,58	37,68	11,00	1,759	0.1894	0.01759	0.0444		montanho so	Quartzito
GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico (11)	29,25	16,45	40,00	3,792	0.1337	0.03792	0.0362		suave ondulado	sedimentos holocenic

Tabela 6. Descrição dos perfis de solo**Perfil 1****Data:** 10 de maio de 2010.**Classificação:** NEOSSOLO LITÓLICO Chernossólico**Localização:** Município de Colombo, Microbacia do Rio Campestre.**Material de Origem:** Produtos da meteorização de filitos, do Grupo Açungui.**Relevo:** Suave ondulado.**Altitude:** 1031 metros.**Drenagem:** Moderadamente drenado.**Erosão:** Moderada em sulcos.**Vegetação primária:** Campo.**Uso atual:** Área de campo.**Posição na paisagem:** Topo superior.**Declive:** 08%**Cor:** Horizonte A - 10 YR 4/2.**Profundidade (cm):** A = 0 – 10; AB = 10 – 17; linha de pedra 17 – 49; rocha 50+.**Coordenadas:** 0676450 7204090**Observações:** Clima Cfb; não há indícios de mosqueado, textura média, presença de pedregosidade.

Horizonte		Composição granulométrica (g kg ⁻¹)					silte / argila	pH (1:2,5)		C g kg ⁻¹
símbolo	Profundidade (cm)	Areia Total	Areia Grossa 2 – 0,20 mm	Areia Fina 0,20 – 0,05 mm	Silte 0,05 – 0,002 mm	Argila > 0,002 mm		CaCl ₂	SMP	
A	0 - 17	174,95	112,20	62,75	512,55	312,50	1,64	6,8	7,2	44,5
Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹							Valor V%	Valor m%	P mg dm ⁻³	Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)
Ca	Mg	K	Valor S	Al	H + Al	Valor T	88,69	0,0	5,8	-
9,7	5,5	0,49	15,69	0,0	2,0	17,69				

Perfil 2

Data: 10 de maio de 2010.

Classificação: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico.

Localização: Município de Colombo, Microbacia do Rio Campestre.

Material de Origem: Produtos da meteorização de filitos, do Grupo Açungui.

Relevo: Ondulado.

Altitude: 1013 metros.

Drenagem: Moderadamente drenado.

Erosão: Moderada em sulcos.

Vegetação primária: Campo.

Uso atual: Área de campo.

Posição na paisagem: Meia encosta.

Declive: 12%

Cor: Horizonte A - 10 YR 3/2; Horizonte B - 10YR 4/6.

Profundidade (cm): A = 0 - 12; AB = 12 - 32; BA = 32 - 53; B₁ = 53 - 73; B₂ = 73 - 107; A_b = 107 - 165 linha de pedra).

Coordenadas: 0676450 7204090

Observações: Clima Cfb; não há indícios de mosqueado, textura média A; textura argilosa B, presença de pedregosidade.

Horizonte		Composição granulométrica (g kg ⁻¹)					silte / argila	pH (1:2,5)		C g kg ⁻¹
símbolo	Profundidade (cm)	Areia Total	Areia Grossa 2 - 0,20 mm	Areia Fina 0,20 - 0,05 mm	Silte 0,05 - 0,002 mm	Argila > 0,002 mm		CaCl ₂	SMP	
A	0 - 32	269,00	55,50	213,50	581,00	150,00	3,873	6,4	6,6	59,90
B	32 - 107	264,15	46,25	217,90	373,35	362,50	1,03	4,4	5,8	7,80
Complexo sortivo - cmol _c kg ⁻¹							Valor V%	Valor m%	P mg dm ⁻³	Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)
Ca	Mg	K	Valor S		H + Al	Valor T				
8,00	5,80	0,34	14,14	7,015	3,20	17,34	81,55	0,00	2,70	87,88
0,40	0,10	0,02	0,52	2,00	5,80	6,32	8,23	79,37	0,30	

Perfil 3

Data: 10 de maio de 2010.

Classificação: GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico.

Localização: Município de Colombo, Microbacia do Rio Campestre.

Material de Origem: Produtos da meteorização de filitos, do Grupo Açungui.

Relevo: plano.

Altitude: 1031 metros.

Drenagem: Mal drenado.

Erosão:

Vegetação primária: Banhado/Campo.

Uso atual: Área de campo.

Posição na paisagem: 1/3 inferior e fundo de vale.

Declive: 3%

Cor: Horizonte A – Gley1 2,5/N; Horizonte B – Gley1 2,5/10Y.

Profundidade (cm): A = 0 - 30; B = 30 - 65; C = encharcado.

Coordenadas: 0676830 7204619.

Observações: Clima Cfb; textura argilosa, não há presença de pedregosidade.

Horizonte		Composição granulométrica (g kg ⁻¹)					silte / argila	pH (1:2,5)		C g kg ⁻¹
símbolo	Profundidade (cm)	Areia Total	Areia Grossa 2 – 0,20 mm		Silte 0,05 – 0,002 mm	Argila > 0,002 mm		CaCl ₂	SMP	
A	0 - 30	220,05	55,60	43,30	292,45	487,50	0,60	4,0	4,5	43,30
B	30 - 65	206,25	38,35	23,20	393,75	400,00	0,98	4,0	4,6	23,20
Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹							Valor V%	Valor m%	P mg dm ⁻³	Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)
Ca	Mg	K	Valor S		H + Al	Valor T				
1,10	1,50	0,08	2,68	87,88	15,20	17,88	14,99	70,48	3,10	37,92
0,60	0,30	0,03	0,93		14,10	15,03	6,19	86,77	18,10	

Perfil 4**Data:** 10 de maio de 2010.**Classificação:** CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico.**Localização:** Município de Colombo, Microbacia do Rio Campestre.**Material de Origem:** Produtos da meteorização de filitos, do Grupo Açungui.**Relevo:** Ondulado.**Altitude:** 1048 metros.**Drenagem:** Moderadamente drenado.**Erosão:****Vegetação primária:** Floresta Secundária Inicial.**Uso atual:** Mata Nativa Secundária.**Posição na paisagem:** Meia encosta.**Declive:** 14%**Cor:** Horizonte A - 10 YR 3/2; Horizonte B – 10YR 6/6.**Profundidade (cm):** A = 0 – 20; AB = 20 – 30; BA= 30 - 45; B₁ = 45 - 90; B₂ = 90 – 150 + (linha de pedra).**Coordenadas:** 0676848 7204901.**Observações:** Clima Cfb; não há indícios de mosqueado, textura argilosa (A) e siltosa (B), friável, não há presença de pedregosidade.

Horizonte		Composição granulométrica (g kg ⁻¹)					silte / argila	pH (1:2,5)		C g kg ⁻¹
símbolo	Profundidade (cm)	Areia Total	Areia Grossa 2 – 0,20 mm	Areia Fina 0,20 – 0,05 mm	Silte 0,05 – 0,002 mm	Argila > 0,002 mm		CaCl ₂	SMP	
A	0 – 30	36,10	18,20	17,90	513,90	450,00	1,14	4,8	5,7	43,30
B	30 – 150 +	30,75	2,15	28,60	781,75	187,50	4,23	4,2	6,5	2,40
Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹							Valor V%	Valor m%	P mg dm ⁻³	Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)
Ca	Mg	K	Valor S	Al	H + Al	Valor T				
3,00	3,90	0,13	7,03	1,10	6,20	13,23	53,14	13,53	3,50	78,09
0,40	0,10	0,02	0,52	1,40	3,40	3,92	13,27	72,92	0,40	

Perfil 5**Data:** 10 de maio de 2010.**Classificação:** LATOSSOLO BRUNO Distrófico típico..**Localização:** Município de Colombo, Microbacia do Rio Campestre.**Material de Origem:** Diabásio.**Relevo:** Ondulado.**Altitude:** 1030 metros.**Drenagem:** Bem drenado.**Erosão:****Vegetação primária:** Floresta Nativa Secundária.**Uso atual:** Mata nativa secundária.**Posição na paisagem:** 1/3 inferior.**Declive:** 15%**Cor:** Horizonte A - 7,5 YR 4/4; Horizonte B – 7,5 YR 4/6.**Profundidade (cm):** A = 0 – 28; AB = 28 – 49; B = 49 - 150; C = 150+.**Coordenadas:** 0677017 7205835**Observações:** Clima Cfb; presença de muitas raízes (pequenas), textura argilosa (A e B), presença de rochosidade no C.

Horizonte		Composição granulométrica (g kg ⁻¹)					silte / argila	pH (1:2,5)		C g kg ⁻¹
símbolo	Profundidade (cm)	Areia Total	Areia Grossa 2 – 0,20 mm	Areia Fina 0,20 – 0,05 mm	Silte 0,05 – 0,002 mm	Argila > 0,002 mm		CaCl ₂	SMP	
A	0 – 49	245,05	112,40	132,65	267,45	487,50	0,55	4,3	5,3	25,30
B	49 - 150	256,10	115,70	140,40	243,90	500,00	0,49	4,1	5,2	24,30
Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹							Valor V%	Valor m%	P mg dm ⁻³	Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)
Ca	Mg	K	Valor S	Al	H + Al	Valor T				
1,10	0,80	0,05	1,95	2,10	8,40	10,35	18,84	51,85	1,50	140,13
1,00	0,10	0,04	1,14	2,70	9,00	10,14	11,24	70,31	1,20	

Perfil 6**Data:** 10 de maio de 2010.**Classificação:** CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico.**Localização:** Município de Colombo, Microbacia do Rio Campestre.**Material de Origem:** Produtos da meteorização de filitos, do Grupo Açungui.**Relevo:** Ondulado.**Altitude:** 1076 metros.**Drenagem:** Moderadamente drenado.**Erosão:** Moderada em sulcos.**Vegetação primária:****Uso atual:** Área agrícola.**Posição na paisagem:** Topo superior.**Declive:** 20%.**Cor:** Horizonte A - 2,5 YR 4/2; Horizonte B – 2,5YR 4/3.**Profundidade (cm):** A = 0 – 10; AB = 10 – 45; B = 45- 80; BC = 80 - 100; linha de pedra 100 - 120; C = 120 – 140; rocha = 140+**Coordenadas:** 677800 7205470**Observações:** Clima Cfb; há indícios de mosqueado (B), textura argilosa (A) e siltosa (B), presença de poucas raízes.

Horizonte		Composição granulométrica (g kg ⁻¹)					silte / argila	pH (1:2,5)		C g kg ⁻¹
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia Total	Areia Grossa 2 – 0,20 mm	Areia Fina 0,20 – 0,05 mm	Silte 0,05 – 0,002 mm	Argila > 0,002 mm		CaCl ₂	SMP	
A	0 – 45	207,45	96,75	110,70	380,05	412,50	0,92	7,0	7,3	40,90
B	45 - 100	85,60	29,65	64,80	801,90	112,50	7,12	6,7	7,3	21,20
Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹							Valor V%	Valor m%	P mg dm ⁻³	Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)
Ca	Mg	K	Valor S	Al	H + Al	Valor T				
8,10	4,40	0,83	13,33	0,00	1,90	15,23	87,52	0,00	35,10	-
6,50	3,90	0,28	10,68	0,00	1,90	12,58	84,90	0,00	15,80	

Perfil 7

Data: 10 de maio de 2010.

Classificação: NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico típico

Localização: Município de Colombo, Microbacia do Rio Campestre.

Material de Origem: Associação de Quartzito e Filito.

Relevo: Ondulado.

Altitude: 1109 metros.

Drenagem: Moderadamente drenado.

Erosão: Moderada em sulcos.

Vegetação primária:

Uso atual: Mata nativa secundária.

Posição na paisagem: Topo superior.

Declive: 18%.

Cor: Horizonte A – 10 YR 3/2 ;

Profundidade (cm): A = 0 – 18;

Coordenadas: 0677030 7205988

Observações: Clima Cfb, textura argilosa.

[illegible]

Perfil 8**Data:** 10 de maio de 2010.**Classificação:** CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico.**Localização:** Município de Colombo, Microbacia do Rio Campestre.**Material de Origem:** Quartzito**Relevo:** Forte Ondulado.**Altitude:** 1047 metros.**Drenagem:** Moderadamente drenado.**Erosão:** Moderada em sulcos.**Vegetação primária:****Uso atual:** Área agrícola (cultura de milho).**Posição na paisagem:** Meia encosta.**Declive:** 25%.**Cor:** Horizonte A - 10 YR 4/3; Horizonte B - 10YR 4/4.**Profundidade (cm):** A = 0 – 15; BA = 15 – 25; B = 25- 35; linha de pedra 15 cm.**Coordenadas:** 0677970 7204224**Observações:** Clima Cfb; há indícios de quartzitos (BA), textura argilosa (A e B).

Horizonte		Composição granulométrica (g kg ⁻¹)					silte / argila	pH (1:2,5)		C g kg ⁻¹
símbolo	Profundidade (cm)	Areia Total	Areia Grossa 2 – 0,20 mm	Areia Fina 0,20 – 0,05 mm	Silte 0,05 – 0,002 mm	Argila > 0,002 mm		CaCl ₂	SMP	
A	0 - 15	88,35	28,25	60,10	474,15	437,50	1,08	4,0	4,5	37,40
B	15 - 35	84,10	16,80	67,30	415,90	500,00	0,83	4,0	4,6	24,30
Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹							Valor V%	Valor m%	P mg dm ⁻³	Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)
Ca	Mg	K	Valor S	Al	H + Al	Valor T				
6,30	3,80	0,15	10,25	0,00	4,30	14,55	70,45	0,00	81,30	61,39
0,70	0,30	0,06	1,06	3,50	8,40	9,46	11,21	0,00	1,80	

Perfil 9**Data:** 26 de outubro de 2010.**Classificação:** CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico.**Localização:** Município de Colombo, Microbacia do Rio Campestre.**Material de Origem:** Produtos da meteorização de filitos, do Grupo Açungui.**Relevo:** Ondulado.**Altitude:** 1074 metros.**Drenagem:****Erosão:****Vegetação primária:****Uso atual:** Mata secundária.**Posição na paisagem:** meia encosta (beira de estrada).**Declive:** 10%**Cor:** Horizonte A – 10 YR 3/4; Horizonte B – 10 YR 3 /6.**Profundidade (cm):** A = 0 – 18cm; AB = 18 – 38cm; B – 38 – 60cm; BC= 60 – 86cm.**Coordenadas:** 0676611 7204902**Observações:** Clima Cfb,, textura argilosa (A e B), presença de muitas raízes.

Horizonte		Composição granulométrica (g kg ⁻¹)					silte / argila	pH (1:2,5)		C g kg ⁻¹
símbolo	Profundidade (cm)	Areia Total	Areia Grossa 2 – 0,20 mm	Areia Fina 0,20 – 0,05 mm	Silte 0,05 – 0,002 mm	Argila > 0,002 mm		CaCl ₂	SMP	
A	0 - 38	197,15	14,75	182,40	337,85	465,00	0,72	4,6	5,1	31,8
B	38 - 86	223,00	15,55	207,45	267,00	510,00	0,52	4,0	4,7	18,2
Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹							Valor V%	Valor m%	P mg dm ⁻³	Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)
Ca	Mg	K	Valor S	Al	H + Al	Valor T				
4,0	3,1	0,16	7,26	1,0	9,7	16,96	42,80	12,10	3,2	72,31
0,6	0,2	0,04	0,84	3,8	13,1	13,94	6,02	81,89	0,7	

Perfil 10

Data: 26 de outubro de 2010

Classificação: NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico fragmentário.

Localização: Município de Colombo, Microbacia do Rio Campestre.

Material de Origem: Quartzito.

Relevo: Montanhoso.

Altitude: 1074 metros.

Drenagem:

Erosão:

Vegetação primária:

Uso atual: Mata nativa.

Posição na paisagem: Topo de morro na forma de crista.

Declive: > 45 %

Cor: Horizonte A - 10 YR 3/2.

Profundidade (cm): A = 0 – 20cm

Coordenadas: 0676114 7205529

Observações: Clima Cfb; textura média, presença de pedregosidade.

[illegible]

Perfil 11

Data: 26 de outubro de 2010.

Classificação: CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico.

Localização: Município de Colombo, Microbacia do Rio Campestre.

Material de Origem: Associação de Quartzito e Filito.

Relevo: Ondulado.

Altitude: 1106 metros.

Drenagem: Moderadamente drenado.

Erosão:

Vegetação primária:

Uso atual: Mata secundária.

Posição na paisagem: Topo de morro.

Declive: 15%

Cor: Horizonte A - 5 YR 2,5/1 ; Horizonte B – 5 YR 3/1 .

Profundidade (cm): A = 0 – 28cm; B = 28 – 55 cm; BC = 55 – 67 cm; C= 67 + cm

Coordenadas: 0676741 7206181

Observações: Clima Cfb; não há indícios de mosqueado, textura média (A e B), presença de pedregosidade.

Horizonte		Composição granulométrica (g kg ⁻¹)					silte / argila	pH (1:2,5)		C g kg ⁻¹
símbolo	Profundidade (cm)	Areia Total	Areia Grossa 2 – 0,20 mm	Areia Fina 0,20 – 0,05 mm	Silte 0,05 – 0,002 mm	Argila > 0,002 mm		CaCl ₂	SMP	
A	0 – 28	669,55	121,20	548,35	130,45	200,00	0,65	3,6	4,4	37,4
B	28 - 67	606,10	120,10	486,00	133,90	260,00	0,51	3,9	4,8	27,4
Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹							Valor V%	Valor m%	P mg dm ⁻³	Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)
Ca	Mg	K	Valor S	Al	H + Al	Valor T				
0,8	0,6	0,08	1,48	5,4	16,3	17,78	8,32	78,48	4,2	31,67
0,6	0,3	0,04	0,94	3,8	12,1	13,04	7,20	80,17	2,7	

Perfil 12**Data:** 26 de outubro de 2010.**Classificação:** CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico.**Localização:** Município de Colombo, Microbacia do Rio Campestre.**Material de Origem:** Quartzito.**Relevo:** Ondulado.**Altitude:** 1068 metros.**Drenagem:****Erosão:****Vegetação primária:****Uso atual:** Fruticultura (caqui).**Posição na paisagem:** meia encosta.**Declive:** 12%**Cor:** Horizonte A - 5 YR 2,5/1 ; Horizonte B – 5 YR 3/1.**Profundidade (cm):** A = 0 – 32cm; B= 32 – 62 cm.**Coordenadas:** 0677024 7206341.**Observações:** Clima Cfb; textura média (A e B), presença de muitas raízes.

Horizonte		Composição granulométrica (g kg ⁻¹)					silte / argila	pH (1:2,5)		C g kg ⁻¹
símbolo	Profundidade (cm)	Areia Total	Areia Grossa 2 – 0,20 mm	Areia Fina 0,20 – 0,05 mm	Silte 0,05 – 0,002 mm	Argila > 0,002 mm		CaCl ₂	SMP	
A	0 – 32	755,25	201,25	554,00	44,75	200,00	0,22	3,8	4,8	31,8
B	32 - 62	682,35	112,80	569,55	77,65	240,00	0,32	3,6	4,3	29,6
Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹							Valor V%	Valor m%	P mg dm ⁻³	Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)
Ca	Mg	K	Valor S	Al	H + Al	Valor T				
1,4	0,6	0,11	2,11	2,6	12,1	14,21	14,85	55,20	7,3	-
0,8	0,2	0,10	1,1	4,4	17,6	18,7	5,88	80,00	3,0	

Perfil 13**Data:** 26 de outubro de 2010.**Classificação:** CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico.**Localização:** Município de Colombo, Microbacia do Rio Campestre.**Material de Origem:** Produtos da meteorização de filitos, do Grupo Açungui.**Relevo:** Ondulado.**Altitude:** 999 metros.**Drenagem:****Erosão:****Vegetação primária:****Uso atual:** Mata secundária (próximo à agricultura).**Posição na paisagem:** meia encosta.**Declive:** 15%**Cor:** Horizonte A – 10 YR 3/2; Horizonte B – 10 YR 3/3.**Profundidade (cm):** A = 0 – 13cm; B = 13 – 48cm; BC= 48 – 110 cm; C = 110 + cm.**Coordenadas:** 0678469 7206440**Observações:** Clima Cfb; textura argilosa (A e B), presença de muitas raízes.

Horizonte		Composição granulométrica (g kg ⁻¹)					silte / argila	pH (1:2,5)		C g kg ⁻¹
símbolo	Profundidade (cm)	Areia Total	Areia Grossa 2 – 0,20 mm	Areia Fina 0,20 – 0,05 mm	Silte 0,05 – 0,002 mm	Argila > 0,002 mm		CaCl ₂	SMP	
A	0 – 13	129,80	34,90	94,90	460,20	410,00	1,12	5,3	5,7	44,5
B	13 - 110	121,35	31,20	90,15	368,65	510,00	0,72	4,0	4,8	22,2
Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹							Valor V%	Valor m%	P mg dm ⁻³	Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)
Ca	Mg	K	Valor S	Al	H + Al	Valor T				
9,6	4,3	0,35	14,25	0,0	6,2	20,45	69,68	0,00	9,2	-
0,6	0,9	0,10	1,6	3,8	12,1	13,7	11,67	70,37	2,2	

Perfil 14**Data:** 26 de outubro de 2010.**Classificação:** CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico.**Localização:** Município de Colombo, Microbacia do Rio Campestre.**Material de Origem:** Produtos da meteorização de filitos, do Grupo Açungui.**Relevo:** Ondulado.**Altitude:** 1014 metros.**Drenagem:****Erosão:****Vegetação primária:****Uso atual:** Mata secundária.**Posição na paisagem:** meia encosta.**Declive:** 13%**Cor:** Horizonte A – 10 YR 3/2; Horizonte B – 10 YR 3/3.**Profundidade (cm):** A = 0 – 10cm; B= 10 – 41 cm; BC= 41 – 107cm; C = 107 + cm.**Coordenadas:** 0678335 7205676.**Observações:** Clima Cfb; não há indícios de mosqueado, textura argilosa (A e B), presença de muitas raízes.

Horizonte		Composição granulométrica (g kg ⁻¹)					silte / argila	pH (1:2,5)		C g kg ⁻¹
símbolo	Profundidade (cm)	Areia Total	Areia Grossa 2 – 0,20 mm	Areia Fina 0,20 – 0,05 mm	Silte 0,05 – 0,002 mm	Argila > 0,002 mm		CaCl ₂	SMP	
A	0 – 10	178,60	52,05	126,55	431,40	390,00	1,11	5,1	5,7	30,7
B	10 - 107	209,20	56,90	152,30	250,80	540,00	0,46	4,1	4,9	20,2
Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹							Valor V%	Valor m%	P mg dm ⁻³	Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)
Ca	Mg	K	Valor S	Al	H + Al	Valor T				
9,3	3,6	0,50	13,4	0,0	6,2	19,6	6,84	0,00	6,5	75,37
1,4	0,6	0,13	2,13	3,4	11,3	13,43	15,86	61,48	2,0	

Tabela 7. Estimativa de perda de solo na microbacia do Campestre – Colombo (PR), área (ha); uso do solo e teor de P (Mehlich I)

Área (ha)	Uso	Perda de Solo	Teor de P
674.03	Vegetação Arbórea	< 5 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	< 3 mg dm ⁻³
130.68	Campo	< 5 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	< 3 mg dm ⁻³
0.31	Agricultura	< 5 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	3 - 18 mg dm ⁻³
0.01	Vegetação Arbórea	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	< 3 mg dm ⁻³
6.02	Campo	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	< 3 mg dm ⁻³
0.10	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	3 - 18 mg dm ⁻³
0.12	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	3 - 18 mg dm ⁻³
0.04	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	3 - 18 mg dm ⁻³
13.65	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	3 - 18 mg dm ⁻³
6.33	Outros usos	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	3 - 18 mg dm ⁻³
2.55	Vegetação Arbórea	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	< 3 mg dm ⁻³
1.36	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	18 - 75 mg dm ⁻³
0.24	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	18 - 75 mg dm ⁻³
0.27	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	18 - 75 mg dm ⁻³
0.29	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	18 - 75 mg dm ⁻³
24.63	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	18 - 75 mg dm ⁻³
2.52	Vegetação Arbórea	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	< 3 mg dm ⁻³
0.16	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	75 - 125 mg dm ⁻³
3.62	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	75 - 125 mg dm ⁻³
0.96	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	75 - 125 mg dm ⁻³
1.83	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	75 - 125 mg dm ⁻³
1.31	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	75 - 125 mg dm ⁻³
90.35	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	75 - 125 mg dm ⁻³
0.56	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	125 - 250 mg dm ⁻³
0.17	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	125 - 250 mg dm ⁻³
0.23	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	125 - 250 mg dm ⁻³
0.35	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	125 - 250 mg dm ⁻³
41.05	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	125 - 250 mg dm ⁻³
0.93	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	> 250 mg dm ⁻³
0.07	Agricultura	5 - 12 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	> 250 mg dm ⁻³
0.08	Campo	12 - 25 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	< 3 mg dm ⁻³
0.06	Agricultura	12 - 25 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	> 250 mg dm ⁻³
0.14	Agricultura	25 - 37 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	> 250 mg dm ⁻³
5.00	Agricultura	> 37 t ha ⁻¹ ano ⁻¹	> 250 mg dm ⁻³

Tabela 8. Variação dos pesos apresentadas pelas versões de P-Index utilizadas na microbacia do Campestre, Colombo (PR)) e variação dos pesos

Fatores	Pensilvânia (Lemunyon & Gilbert, 1993)	Albama (NRCS, 2001)	Novo México (Flynn et al.,2000)	Montana (Fasching, 2006)	Nebraska (Eghball & Gilley, 2001)
Teor de P no solo	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5
Erosão do solo	1,5	3,0	1,5	1,5	4,0
Escoamento superficial	0,5	3,0	1,5	0,5	0,5
Taxa de aplicação de P ₂ O ₅ mineral	0,75	3,0	1,0	1,0	0,5
Método de aplicação de P ₂ O ₅ mineral	0,5	3,0	1,0	1,0	1,0
Taxa de aplicação de P ₂ O ₅ orgânico	1,0	3,0		1,0	0,5
Método de aplicação de P ₂ O ₅ orgânico	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0
Declividade		1,0			
Distância da área agrícola até o corpo d'água		3,0	1,5	1,0	
Largura da faixa de vegetação nativa		2,0	1,5		

Tabela 9. Variação do pesos apresentados pelas versões de P-Index ao fator Erosão

Fator Transporte		Peso do fator	Classificação do fator							Resultado do Fator Risco
			Nulo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	Valor de risco	Peso do fator	
Pensilvânia (Lemunyon & Gilbert, 1993) Alabama (NRCS, 2001) Novo México (Flynn et al., 2000) Montana (Fasching, 2006) Nebraska (Eghball & Gilley, 2001)	Erosão (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	1,5	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,5	
			nula	< 12	12 – 25	25 - 37	> 37			
		3,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 3,0	
			< 7	7 - 12	12 - 25	25 - 37	> 37			
		1,5	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,5	
			< 3	3 - 7	> 7 - 12	12 - 37	> 37			
		1,5	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,5	
			nula	< 5	5 - 10	10 - 15	> 15			
		4,0	(0)	(0,5)	(1)	(1,5)	(2)	(0, 0,5, 1, 1,5, 2)	x 4,0	
			nula	0 – 2,5	2,6 – 5	5,1 - 10	> 10			
			nula	< 11	11 - 22	23 - 24	> 34			

Tabela 10. Variação do pesos apresentados pelas versões de P-Index ao fator Escoamento Superficial

Fator Transporte		Peso do fator	Classificação do fator							
			Nulo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	Valor de risco	Peso do fator	Resultado do Fator Risco
Pensilvânia (Lemunyon & Gilbert, 1993)	Escoamento Superficial	0,5	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 0,5	
			-	Muito baixo /baixo	médio	alto	Muito alto			
Alabama (NRCS, 2001)		3,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 3,0	
			-	Baixo	moderado	Moderado alto	alto			
Novo México (Flynn et al.,2000)		1,5	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,5	
			Muito baixo	baixo	médio	alto	Muito alto			
Montana (Fasching, 2006)		0,5	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 0,5	
			-	Muito baixo /baixo	médio	alto	Muito alto			
Nebraska (Eghball & Gilley, 2001)		0,5	(0)	(0,5)	(1)	(1,5)	(2)	(0, 0,5, 1, 1,5, 2)	x 0,5	
			-	baixo	médio	alto	Muito alto			

Tabela 11. Classificação das classes de permeabilidade do solo de acordo com a declividade. Adaptado de Fasching, 2006, Oliveira, 2007 e Lemos et al, 2005

Declividade (%)	Classe de Permeabilidade do Solo				
	Excessivo e fortemente drenado	Acentuadamente e bem drenado	Moderadamente drenado	Imperfeitamente drenado	Mal e muito mal drenado
Depressões	nenhum	nenhum	nenhum	nenhum	Nenhum
0 – 1	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Baixo	Baixo
1 – 5	Nenhum	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto
5 – 10	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
10 – 20	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
> 20	baixo	médio	alto	Muito alto	Muito alto

Tabela 12. Variação do pesos apresentados pelas versões de P-Index ao fator teor de fósforo no solo

Fator Fonte		Peso do fator	Classificação do fator							Resultado do Fator Risco
			Nulo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	Valor de risco	Peso do fator	
Pensilvânia (Lemunyon & Gilbert, 1993)	Teor de P no solo (mg dm ⁻³)	1,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,0	
			nulo *	baixo *	médio *	alto *	excessivo *			
Alabama (NRCS, 2001)		1,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,0	
			Nulo *	Baixo *	Médio *	Alto *	Excessivo *			
Novo México (Flynn et al.,2000)		1,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,5	
			< 8	8 - 15	> 15 - 23	> 23 - 30	> 30			
Montana (Fasching, 2006)		1,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,0	
			-	< 20	20 - 40	40 - 80	> 80			
Nebraska (Eghball & Gilley, 2001)		0,5	(0)	(0,5)	(1)	(1,5)	(2)	(0, 0,5, 1, 1,5, 2)	x 0,5	
			-	< 30	30 - 75	76 - 125	> 125			

* Adaptado de Oliveira, 2007 - interpretação do teor de fósforo no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme teor de argila _SBSCS/2004.

Tabela 13. Interpretação do teor de fósforo no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme teor de argila _SBSCS/2004. Adaptado de Oliveira, 2007.

Interpretação	Classe de solo conforme o teor de argila			
	> 60%	60 – 41%	40 – 21%	≤ 20%
	mg dm ⁻³			
	≤ 2,0	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 7,0
Muito baixo	2,1 – 4,0	3,1 – 6,0	4,1 – 8,0	7,1 – 14,0
Baixo	4,1 – 6,0	6,1 – 9,0	8,1 – 12,0	14,1 – 21,0
Médio	6,1 – 12,0	9,1 – 18,0	12,1 – 42,0	21,1 – 42,0
Alto	> 12,0	> 18,0	> 24,0	> 42,0
Excessivo				

Tabela 14. Variação do pesos apresentados pelas versões de P-Index ao fator taxa de P_2O_5 mineral

Fator Fonte		Peso do fator	Classificação do fator							Resultado do Fator Risco
			Nulo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	Valor de risco	Peso do fator	
Pensilvânia (Lemunyon & Gilbert, 1993)	Taxa de P ₂ O ₅ mineral (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	0,75	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 0,75	
			não aplicado	1 - 34	35 - 100	101 - 168	> 168			
Alabama (NRCS, 2001)		3,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 3,0	
			não aplicado	< 67	67 - 135	135 – 202	> 202			
Novo México (Flynn et al.,2000)		1,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,0	
			não aplicado	< 34	34 - 100	100 - 168	> 168			
Montana (Fasching, 2006)		1,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,0	
			não aplicado	< 34	35 - 100	101 - 168	> 168			
Nebraska (Eghball & Gilley, 2001)		0,5	(0)	(0,5)	(1)	(1,5)	(2)	(0, 0,5, 1, 1,5, 2)	x 0,5	
			não aplicado	< 15	15 - 40	41 - 65	> 65			

Tabela 15. Variação do pesos apresentados pelas versões de P-Index ao fator método de aplicação de P_2O_5 mineral

Fator Fonte		Peso do fator	Classificação do fator							
			Nulo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	Valor de risco	Peso do fator	Resultado do Fator Risco
Pensilvânia (Lemunyon & Gilbert, 1993)	Método de aplicação de P ₂ O ₅ mineral	0,5	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 0,5	
			não aplicado	Colocado com plantador mais de 5 cm	Incorporado imediatamente antes do plantio	Incorporado > 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície < 3 meses antes do plantio.	Aplicado em superfície > 3 meses antes do plantio.			
3,0		(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 3,0		
		não aplicado	Injetado em profundidade > 5 cm	Incorporado imediatamente ou aplicado com sprinkler	Aplicado em superfície e incorporado < 30 dias.	Aplicado em superfície e não incorporado.				
Novo México (Flynn et al.,2000)		1,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,0	
			não aplicado	Colocado com plantadeira mais de 5 cm	Incorporado antes do plantio	Incorporado > 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície < 3 meses antes do plantio.	Aplicado em superfície.			
Montana (Fasching, 2006)		1,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,0	
			não aplicado	Colocado com plantadeira ou injetado mais de 5 cm.	Incorporado < 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície durante estação de crescimento	Incorporado > 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície < 3 meses antes do plantio emergir.	Aplicado em superfície > 3 meses antes do plantio emergir.			
Nebraska (Eghball & Gilley, 2001)		1,0	(0)	(0,5)	(1)	(1,5)	(2)	(0, 0,5, 1, 1,5, 2)	x 1,0	
			não aplicado	Colocado com plantadeira mais de 5 cm	Incorporado imediatamente antes do plantio	Incorporado > 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície < 3 meses antes do plantio.	Aplicado em superfície > 3 meses antes do plantio.			
			não aplicado	Colocado com plantadeira mais de 5 cm	Incorporado imediatamente antes do plantio	Incorporado > 3 meses ou aplicado em superfície < 3 meses antes do plantio	Aplicado em superfície > 3 meses antes do plantio			

Tabela 16. Variação do pesos apresentados pelas versões de P-Index ao fator taxa de P_2O_5 orgânico

Fator Fonte		Peso do fator	Classificação do fator							Resultado do Fator Risco
			Nulo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	Valor de risco	Peso do fator	
Pensilvânia (Lemunyon & Gilbert, 1993)	Taxa de P ₂ O ₅ orgânico (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	1,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,0	
			não aplicado	1 - 34	35 - 67	68 - 100	> 100			
3,0		(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 3,0		
		não aplicado	< 67	67 - 135	135 - 202	> 202				
Novo México (Flynn et al.,2000)		1,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,0	
			não aplicado	< 34	34 - 100	100 - 168	> 168			
Montana (Fasching, 2006)		1,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,0	
			não aplicado	< 34	35 - 100	101 - 168	> 168			
Nebraska (Eghball & Gilley, 2001)		0,5	(0)	(0,5)	(1)	(1,5)	(2)	(0, 0,5, 1, 1,5, 2)	x 0,5	
			não aplicado	< 30	30 -55	56 - 80	> 80			

Tabela 17. Variação do pesos apresentados pelas versões de P-Index ao fator método de aplicação de P_2O_5 orgânico

Fator Fonte		Peso do fator	Classificação do fator							
			Nulo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	Valor de risco	Peso do fator	Resultado do Fator Risco
Pensilvânia (Lemunyon & Gilbert, 1993)	Método de aplicação de P ₂ O ₅ orgânico	1,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,0	
não aplicado			Injetado mais que 5 cm.	Incorporado imediatamente < 3 meses antes do plantio.	Incorporado > 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície < 3 meses antes do plantio.	Aplicado em superfície em pastagem ou aplicado > 3 meses antes do plantio.				
Alabama (NRCS, 2001)		3,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 3,0	
não aplicado			Injetado em profundidade > 5 cm	Incorporado imediatamente ou aplicado com sprinkler	Aplicado em superfície e incorporado < 30 dias.	Aplicado em superfície e não incorporado.				
Novo México (Flynn et al.,2000)		1,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,0	
não aplicado			Injetado de 8 a 15 cm abaixo da superfície.	Incorporado antes do plantio.	Incorporado > 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície < 3 meses antes do plantio.	Aplicado em superfície.				
Montana (Fasching, 2006)		1,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,0	
			não aplicado	Injetado mais que 5 cm.	Incorporado < 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície durante estação de crescimento.	Incorporado > 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície < 3 meses antes do plantio emergir.	Aplicado em superfície em pastagem ou > 3 meses antes do plantio emergir.			
			não aplicado	Injetado mais que 5 cm.	Incorporado imediatamente antes do plantio	Incorporado > 3 meses antes do plantio ou aplicado em superfície < 3 meses antes do plantio.	Aplicado em superfície em pastagem ou > 3 meses antes do plantio.			
Nebraska (Eghball & Gilley, 2001)		0,5	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 0,5	
não aplicado	Injetado mais que 5 cm.		Incorporado imediatamente antes do plantio	Incorporado > 3 meses ou aplicado em superfície < 3 meses antes do plantio.	Aplicado em superfície > 3 meses antes do plantio.					

Tabela 19. Variação do pesos apresentados pelas versões de P-Index a outros fatores, como: largura da faixa de vegetação nativa, manejo de pastelo, presença de ambientes com água com habitat crítico e declive.

Outros Fatores		Peso do fator	Classificação do fator							
			Nulo (0)	Baixo (1)	Médio (2)	Alto (4)	Muito alto (8)	Valor de risco	Peso do fator	Resultado do Fator Risco
Novo México (Flynn et al.,2000)	Largura da faixa de vegetação nativa (m)	1,5	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 1,5	
			> 30,5	20 - 30	6 - 20	< 6	Sem vegetação			
	Manejo de pastejo	0,5	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 0,5	
			Não pastejado	Resíduos de culturas de pastejo	pastagem <30% matéria seca como suplemento alimentar	Pastagem de 30 a 80% de matéria seca como suplemento alimentar	Pastagem de 80 a 100% da matéria seca como suplemento alimentar.			
Alabama (NRCS, 2001)	Largura da faixa de vegetação nativa (m)	2,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 2,0	
			≥ 15	9 - 14	6 - 8	3 - 5	< 3			
	Presença de ambientes com água com crítico habitat ou água degradada (m)	3,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 3,0	
			Campo não pertence a bacia	> 122	61 - 122	30 - 61	< 30			
	Declive (%)	1,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 3,0	
			< 1%	1 – 3 %	3 – 5 %	5 – 8 %	> 8%			
	Animais em pastejo	1,0	(0)	(1)	(2)	(4)	(8)	(0, 1, 2, 4, 8)	x 3,0	
			nulo	sem acesso à água e / ou não alimentados em área sensível	Restrito acesso à água e/ou não alimentados em área sensível.	Ilimitado acesso à água e/ou alimentados em área sensível < 100 animais.	Ilimitado acesso à água e/ou alimentados em área sensível > 100 animais.			

Uso do solo	Classe de Erosão	Classe de Escoamento Superficial (Fasching, 2006)	Taxa P ₂ O ₅ Mineral	Taxa P ₂ O ₅ Org	Método de aplicação de P mineral	Método aplicação de P orgânico	IP	Teor P no solo (Mehlich I)	Área (ha)
Vegetação Arbórea	1	2	1	1	1	1	14.5	120.70	0.00
Vegetação Arbórea	1	3	1	1	1	1	15	120.08	0.55
Vegetação Arbórea	1	4	1	1	1	1	16	120.70	0.00
Vegetação Arbórea	1	4	1	1	1	1	16	105.66	1.70
Vegetação Arbórea	1	5	1	1	1	1	18	64.16	2.81
Agricultura	1	2	5	5	3	3	13.25	13.20	0.00
Agricultura	1	2	5	5	3	3	13.25	13.20	0.00
Agricultura	2	2	5	5	3	3	15.25	13.20	0.00
Agricultura	3	2	5	5	3	3	16.25	13.20	0.00
Agricultura	4	2	5	5	3	3	19.25	13.20	0.00
Agricultura	5	2	5	5	3	3	25.25	13.20	0.00
Agricultura	1	3	5	5	3	3	13.75	12.15	0.11
Agricultura	1	3	5	5	3	3	13.75	12.98	0.02
Agricultura	2	3	5	5	3	3	15.75	11.10	0.07
Agricultura	3	3	5	5	3	3	16.75	12.50	0.05
Agricultura	4	3	5	5	3	3	19.75	11.69	0.02
Agricultura	5	3	5	5	3	3	25.75	12.86	0.33
Agricultura	1	4	5	5	3	3	14.75	11.19	0.07
Agricultura	2	4	5	5	3	3	16.75	9.10	0.03
Agricultura	3	4	5	5	3	3	17.75	10.96	0.05
Agricultura	4	4	5	5	3	3	20.75	10.89	0.02
Agricultura	5	4	5	5	3	3	26.75	11.54	2.76
Agricultura	3	5	5	5	3	3	19.75	9.19	0.00
Agricultura	4	5	5	5	3	3	22.75	9.10	0.00
Agricultura	5	5	5	5	3	3	28.75	10.75	1.95

Cont.

Uso do solo	Classe de Erosão	Classe de Escoamento Superficial (Fasching, 2006)	Taxa P ₂ O ₅ Mineral	Taxa P ₂ O ₅ Org	Método de aplicação de P mineral	Método aplicação de P orgânico	IP	Teor P no solo (Mehlich I)	Área (ha)
Agricultura	5	1	5	5	3	3	26.5	9.10	0.00
Agricultura	1	2	5	5	3	3	15	9.10	0.00
Agricultura	2	2	5	5	3	3	17	9.10	0.00
Agricultura	3	2	5	5	3	3	18	9.10	0.00
Agricultura	5	2	5	5	3	3	27	9.10	0.06
Agricultura	1	3	5	5	3	3	15.5	9.10	0.04
Agricultura	1	3	5	5	3	3	15.5	9.10	0.01
Agricultura	2	3	5	5	3	3	17.5	9.10	0.05
Agricultura	3	3	5	5	3	3	18.5	9.10	0.00
Agricultura	4	3	5	5	3	3	21.5	9.10	0.00
Agricultura	5	3	5	5	3	3	27.5	9.10	0.86
Agricultura	2	4	5	5	3	3	18.5	9.10	0.00
Agricultura	3	4	5	5	3	3	19.5	9.10	0.00
Agricultura	5	4	5	5	3	3	28.5	9.10	2.58
Agricultura	5	5	5	5	3	3	30.5	9.10	1.98
Agricultura	1	1	5	5	3	3	18	27.30	0.00
Agricultura	1	2	5	5	3	3	18.5	27.30	0.01
Agricultura	1	2	5	5	3	3	18.5	27.30	0.00
Agricultura	2	2	5	5	3	3	20.5	27.30	0.00
Agricultura	4	2	5	5	3	3	24.5	27.30	0.00
Agricultura	5	2	5	5	3	3	30.5	16.45	0.00
Agricultura	1	3	5	5	3	3	19	27.30	0.31
Agricultura	1	3	5	5	3	3	19	27.30	0.04
Agricultura	2	3	5	5	3	3	21	27.30	0.09
Agricultura	3	3	5	5	3	3	22	27.30	0.04
Agricultura	4	3	5	5	3	3	25	27,30	0,08
Agricultura	5	3	5	5	3	3	31	26,71	0,61
Agricultura	1	4	5	5	3	3	20	27,30	0,25
Agricultura	1	4	5	5	3	3	20	27,30	0,01

Cont.

Uso do solo	Classe de Erosão	Classe de Escoamento Superficial (Fasching, 2006)	Taxa P ₂ O ₅ Mineral	Taxa P ₂ O ₅ Org	Método de aplicação de P mineral	Método aplicação de P orgânico	IP	Teor P no solo (Mehlich I)	Área (ha)
Agricultura	2	4	5	5	3	3	22	27,30	0,05
Agricultura	3	4	5	5	3	3	23	27,30	0,01
Agricultura	4	4	5	5	3	3	26	27,30	0,01
Agricultura	5	4	5	5	3	3	32	17,48	3,07
Agricultura	2	5	5	5	3	3	24	27,30	0,00
Agricultura	3	5	5	5	3	3	25	27,30	0,00
Agricultura	4	5	5	5	3	3	28	27,30	0,00
Agricultura	5	5	5	5	3	3	34	18,28	1,51
Agricultura	1	1	5	5	3	3	25	154,18	0,03
Agricultura	1	1	5	5	3	3	25	161,87	0,00
Agricultura	2	1	5	5	3	3	27	161,92	0,01
Agricultura	3	1	5	5	3	3	28	164,10	0,01
Agricultura	4	1	5	5	3	3	31	157,67	0,01
Agricultura	5	1	5	5	3	3	37	118,17	0,01
Agricultura	1	2	5	5	3	3	25,5	170,36	0,40
Agricultura	1	2	5	5	3	3	25,5	105,45	0,04
Agricultura	2	2	5	5	3	3	27,5	98,23	0,28
Agricultura	3	2	5	5	3	3	28,5	97,12	0,23
Agricultura	4	2	5	5	3	3	31,5	131,90	0,04
Agricultura	5	2	5	5	3	3	37,5	131,35	0,50
Agricultura	1	3	5	5	3	3	26	151,85	2,60
Agricultura	1	3	5	5	3	3	26	125,48	0,46
Agricultura	2	3	5	5	3	3	28	122,67	0,88
Agricultura	3	3	5	5	3	3	29	103,03	1,37
Agricultura	4	3	5	5	3	3	32	124,39	1,17
Agricultura	5	3	5	5	3	3	38	134,04	16,13
Agricultura	1	4	5	5	3	3	27	117,24	1,57
Agricultura	1	4	5	5	3	3	27	110,47	0,30
Agricultura	2	4	5	5	3	3	29	118,64	0,64

Cont.

Uso do solo	Classe de Erosão	Classe de Escoamento Superficial (Fasching, 2006)	Taxa P ₂ O ₅ Mineral	Taxa P ₂ O ₅ Org	Método de aplicação de P mineral	Método aplicação de P orgânico	IP	Teor P no solo (Mehlich I)	Área (ha)
Agricultura	3	4	5	5	3	3	30	111,27	0,60
Agricultura	4	4	5	5	3	3	33	112,62	0,64
Agricultura	5	4	5	5	3	3	39	129,05	69,52
Agricultura	1	5	5	5	3	3	29	118,68	0,06
Agricultura	1	5	5	5	3	3	29	111,96	0,01
Agricultura	2	5	5	5	3	3	31	114,33	0,03
Agricultura	3	5	5	5	3	3	32	98,83	0,13
Agricultura	4	5	5	5	3	3	35	93,52	0,14
Agricultura	5	5	5	5	3	3	41	119,70	72,81
Total									1010,03

Tabela 21. Classes de PI por encosta na microbacia hidrográfica do Campestre – Colombo (PR), nas diferentes versões de P-Index

Pensilvânia			Novo México			Nebraska			Montana			Alabama		
encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP
1	muito alto	40	1	excessivo	60	1	muito alto	13	1	muito alto	55	1	excessivo	111
2	alto	19	2	muito alto	38	2	baixo	1	2	médio	16	2	baixo	59
2	muito alto	40	2	excessivo	59	2	médio	5	2	alto	41	2	médio	73
3	alto	25	3	médio	25	2	alto	8	2	muito alto	54	2	alto	84
3	muito alto	36	3	alto	37	2	alto	13	3	alto	37	2	alto	90
4	médio	14	4	muito alto	43	3	médio	5	3	muito alto	49	2	excessivo	110

Cont.

Pensilvânia			Novo México			Nebraska			Montana			Alabama		
encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP
4	alto	27	4	excessiv o	57	3	alto	9	4	alto	42	3	baixo	56
4	muito	33	5	alto	44	3	muito	13	4	alto	55	3	médio	70
5	alto	14	5	excessiv o	57	4	alto	5	5	alto	42	4	médio	74
5	médio	28	6	muito	47	4	médio	8	5	muito	55	4	alto	79
6	alto	27	6	excessiv o	59	4	alto	13	6	alto	41	4	muito	89
6	muito	40	7	alto	25	5	muito	5	6	alto	55	4	alto	104
7	alto	28	7	médio	37	5	alto	9	7	muito	57	5	baixo	61
7	muito	39	7	alto	41	5	muito	13	8	alto	58	5	médio	73
8	alto	27	8	alto	47	6	alto	0	9	muito	59	5	alto	79
8	muito	39	8	excessiv o	59	6	baixo	5	10	muito	58	5	muito	90
9	alto	28	9	muito	41	6	médio	9	11	muito	57	5	excessiv	104
9	muito	40	9	alto	55	6	alto	13	12	alto	59	6	o	73
10	alto	28	10	o	47	7	muito	0	13	alto	58	6	médio	83
10	muito	39	10	excessiv o	58	7	baixo	5	14	muito	59	6	alto	90
11	alto	28	11	muito	47	7	médio	8	15	alto	58	6	alto	110
11	muito	39	11	alto	58	7	alto	13	16	muito	58	7	excessiv	50
12	alto	40	12	o	41	8	muito	5	17	alto	56	7	baixo	71
Cont.				alto			médio						médio	

Pensilvânia			Novo México			Nebraska			Montana			Alabama		
encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP
13	alto	28	13	muito	42	8	muito	14	18	muito	59	7	alto	77
13	muito	39	13	alto	54	9	excessiv	14	19	muito	58	8	médio	73
14	alto	27	14	o	47	10	muito	5	20	alto	56	8	alto	80
14	muito	40	14	alto	60	10	excessiv	8	21	muito	54	8	muito	90
15	alto	29	15	o	41	10	alto	14	22	alto	42	8	alto	110
15	muito	40	15	excessiv	54	11	alto	5	22	muito	55	9	o	52
16	alto	28	16	o	39	11	médio	9	23	alto	59	9	baixo	80
16	muito	40	16	alto	51	11	excessiv	13	24	alto	56	9	alto	90
17	alto	28	17	o	25	12	alto	14	25	alto	59	9	alto	96
17	muito	38	17	médio	36	13	alto	5	26	muito	58	10	excessiv	73
18	alto	28	17	alto	40	13	médio	7	27	alto	59	10	médio	84
18	muito	40	18	alto	25	13	alto	14	28	muito	58	10	alto	90
19	alto	28	18	alto	36	14	alto	0	29	alto	58	10	alto	109
19	muito	39	18	excessiv	40	14	alto	5	30	muito	53	11	o	73
20	alto	41	19	alto	25	14	médio	9	31	alto	42	11	médio	83
21	alto	27	19	médio	37	14	alto	13	31	alto	55	11	alto	90
21	muito	39	19	alto	41	15	alto	6	32	muito	57	11	excessiv	108
Cont.	alto			o						alto			o	

Pensilvânia			Novo México			Nebraska			Montana			Alabama		
encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP
22	alto muito	28	20	alto muito	37	15	muito alto	14	33	alto muito	39	12	médio	72
22	alto	40	20	alto muito	41	16	baixo	0	33	alto	54	12	alto	78
23	alto muito	29	21	alto excessiv	47	16	médio	5	34	alto muito	41	13	médio	73
23	alto	40	21	o muito	58	16	alto muito	9	34	alto	55	13	alto muito	79
24	alto muito	26	22	alto excessiv	47	16	alto	13	35	alto muito	42	13	alto excessiv	88
24	alto	40	22	o muito	60	17	médio	5	35	alto	55	13	o	101
25	alto muito	28	23	alto excessiv	47	17	alto muito	9	36	alto muito	42	14	médio	73
25	alto	41	23	o muito	60	17	alto	13	36	alto muito	53	14	alto muito	82
26	alto muito	28	24	alto excessiv	47	18	baixo	0	37	alto muito	53	14	alto excessiv	90
26	alto muito	39	24	o	59	18	médio	5	38	alto muito	58	14	o	111
27	alto	40	25	alto muito	30	18	alto muito	7	39	alto muito	59	15	baixo	54
28	alto muito	28	25	alto	43	18	alto	13	40	alto	59	15	médio	72
28	alto	40	26	médio	25	19	médio muito	5	41	médio muito	14	15	alto muito	79
29	alto muito	27	26	alto muito	36	19	alto muito	14	42	alto muito	58	15	alto excessiv	90
29	alto	40	26	alto muito	40	20	alto	13	43	alto muito	56	15	o	96
30	alto muito	26	27	alto excessiv	44	21	médio	5	44	alto muito	59	16	baixo	56
30 Cont.	alto	40	27	o	47	21	alto	8	45	alto	52	16	alto	81

Pensilvânia			Novo México			Nebraska			Montana			Alabama		
encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP
31	alto muito	29	28	médio	25	21	muito alto	13	46	muito alto	58	17	baixo	52
31	alto	40	28	alto muito	37	22	médio muito	5	47	alto muito	59	17	médio	69
32	alto muito	27	28	alto muito	41	22	alto	13	48	alto muito	59	18	baixo	51
32	alto	40	29	alto excessiv	47	23	médio	6	49	alto muito	56	18	médio	71
33	alto muito	27	29	o muito	59	23	alto muito	7	50	alto muito	58	19	baixo	54
33	alto	40	30	alto excessiv	41	23	alto	14	51	alto muito	59	19	médio	71
34	alto muito	28	30	o	54	24	baixo	0	52	alto muito	59	19	alto	77
34	alto	40	31	alto muito	31	24	médio	5	53	alto muito	59	20	médio	71
35	alto muito	29	31	alto muito	44	24	alto muito	8	54	alto muito	54	20	alto	77
35	alto	40	32	alto excessiv	47	24	alto	13	55	alto muito	59	21	médio	73
36	alto muito	29	32	o	61	25	médio muito	5	56	alto muito	59	21	alto muito	84
36	alto	38	33	médio	25	25	alto	13	57	alto muito	53	21	alto excessiv	90
37	alto muito	29	33	alto muito	36	26	médio muito	5	58	alto muito	59	21	o	109
37	alto	38	33	alto muito	40	26	alto muito	13	59	alto muito	59	22	médio	73
38	alto muito	28	34	alto excessiv	42	27	alto	13	60	alto muito	57	22	alto muito	83
38	alto muito	40	34	o	54	28	médio	5	61	alto muito	58	22	alto excessiv	90
39 Cont.	alto	40	35	médio	25	28	alto	7	62	alto	59	22	o	112

Pensilvânia			Novo México			Nebraska			Montana			Alabama		
encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP
40	muito alto	40	35	alto	37	28	muito alto	14	63	muito alto	58	23	alto	84
41	médio	14	35	muito alto	41	29	médio	5	64	muito alto	59	23	muito alto	90
41	alto	16	36	médio	25	29	alto	7	65	muito alto	58	23	excessiv o	111
42	alto	29	36	alto	37	29	alto	14				24	médio	73
42	muito alto	39	36	muito alto	41	30	médio	5				24	alto	84
43	alto	27	37	alto	31	30	alto	9				24	alto	90
43	muito alto	38	37	muito alto	39	30	alto	14				24	excessiv o	111
44	alto	27	38	alto	47	31	alto	13				25	baixo	51
44	muito alto	40	38	excessiv o	61	32	médio	5				25	médio	74
45	alto	27	39	excessiv o	54	32	alto	10				25	alto	80
45	muito alto	38	40	alto	37	32	alto	14				26	baixo	45
46	alto	29	40	muito alto	41	33	médio	5				26	médio	69
46	muito alto	39	41	médio	27	33	alto	9				27	alto	80
47	muito alto	40	42	médio	25	33	alto	13				27	muito alto	86
48	alto	40	42	alto	37	34	médio	5				28	baixo	51
49	alto	28	42	muito alto	41	34	alto	7				28	médio	71
49 Cont.	muito alto	39	43	médio	25	34	alto	13				28	alto	77

Pensilvânia			Novo México			Nebraska			Montana			Alabama		
encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP
50	muíto alto	39	43	alto	37	35	muíto alto	13				29	médio	73
51	muíto alto	40	43	muíto alto	41	36	médio	5				29	alto	83
52	muíto alto	40	44	muíto alto	42	36	alto	7				29	alto	90
53	alto muíto	28	44	excessiv o	55	36	muíto alto	13				29	excessiv o	110
53	alto	40	45	alto	32	37	alto	13				30	baixo	52
54	alto muíto	28	45	alto muíto	44	38	baixo	0				30	médio	72
54	muíto alto	39	45	excessiv o	47	38	médio	5				30	alto	78
55	muíto alto	40	46	alto	33	38	alto	7				30	alto	90
56	alto muíto	27	46	muíto alto	44	38	muíto alto	13				30	excessiv o	96
56	alto	40	46	excessiv o	47	39	muíto alto	13				31	baixo	60
57	alto muíto	27	47	muíto alto	45	40	muíto alto	13				31	médio	74
57	alto	40	48	excessiv o	60	41	baixo	1				31	alto	80
58	alto muíto	27	49	muíto alto	47	42	alto	9				32	alto	84
58	muíto alto	40	49	excessiv o	57	42	muíto alto	13				32	muíto alto	90
59	alto muíto	28	50	alto	37	43	baixo	0				32	excessiv o	112
59	alto	40	50	muíto alto	41	43	médio	5				33	baixo	45
60 Cont.	alto	28	51	muíto alto	43	43	alto	7				33	médio	70

Pensilvânia			Novo México			Nebraska			Montana			Alabama		
encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP
60	mu alto	39	52	alto	37	43	mu alto	13				34	médio	71
61	alto	27	52	mu alto	41	44	baixo	0				34	alto	78
61	mu alto	40	53	alto	30	44	médio	5				34	alto	88
62	alto	28	53	mu alto	43	44	alto	9				34	excessiv o	102
62	mu alto	40	54	médio	25	44	alto	13				35	baixo	54
63	alto	28	54	alto	36	45	baixo	0				35	médio	71
63	mu alto	40	54	mu alto	40	45	médio	5				35	alto	77
64	mu alto	40	55	alto	36	45	alto	8				36	baixo	56
65	mu alto	39	55	mu alto	40	45	alto	13				36	médio	71
			56	alto	32	46	alto	9				36	alto	77
			56	mu alto	44	46	mu alto	13				37	baixo	55
			56	excessiv o	47	47	mu alto	13				37	médio	73
			57	médio	25	48	alto	13				37	alto	80
			57	alto	37	49	baixo	0				38	médio	73
			57	mu alto	41	49	médio	5				38	alto	83
			58	médio	25	49	alto	9				38	mu alto	90
			58	alto	36	49	mu alto	13				38	excessiv o	112
			58	mu alto	40	50	mu alto	13				39	excessiv o	111
			59	alto	31	51	mu alto	13				40	médio	71

Cont.

Pensilvânia			Novo México			Nebraska			Montana			Alabama		
encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP
			59	muito alto	44	52	muito alto	13				41	baixo	43
			60	alto	31	53	baixo	0				42	baixo	56
			60	muito alto	43	53	médio	5				42	médio	70
			61	médio	25	53	muito alto	13				43	baixo	52
			61	alto	37	54	baixo	0				43	médio	71
			61	muito alto	41	54	médio	5				43	alto	77
			62	muito alto	47	54	muito alto	13				44	médio	73
			62	excessiv o	60	55	muito alto	13				44	alto	77
			63	muito alto	39	56	baixo	0				44	muito alto	88
			63	excessiv o	52	56	médio	5				44	excessiv o	104
			64	excessiv o	61	56	muito alto	13				45	baixo	54
			65	excessiv o	58	57	baixo	0				45	médio	73
						57	médio	5				45	alto	77
						57	alto	8				46	baixo	52
						57	muito alto	13				46	médio	73
						58	médio	5				46	alto	84
						58	muito alto	13				46	muito alto	90
						59	baixo	0				47	alto	80
						59	médio	5				47	muito alto	86
						59	muito alto	13				48	excessiv o	111
						60	baixo	0				49	alto	84

Cont.

Pensilvânia			Novo México			Nebraska			Montana			Alabama		
encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP	encosta	classes	IP
						60	médio	5				49	muito alto	90
						60	muito alto	13				49	excessiv o	107
						61	baixo	0				50	baixo	59
						61	médio	5				50	médio	71
						61	alto	9				50	alto	77
							muito							
						61	alto	13				51	médio	74
						62	médio	5				51	alto	80
						62	alto	9				52	médio	71
							muito							
						62	alto	13				52	alto	77
						63	baixo	0				53	baixo	52
						63	médio	5				53	médio	74
						63	alto	7				53	alto	80
							muito							
						63	alto	13				54	baixo	49
							muito							
						64	alto	13				54	médio	71
							muito							
						65	alto	13				55	médio	70
							muito							
						65	alto	13				56	médio	70
												56	alto	81
													muito	
												56	alto	94
													excessiv	
												56	o	100
												57	baixo	47
												57	médio	71
												57	alto	77
												58	baixo	45
												58	médio	71

Cont.

[illegible]

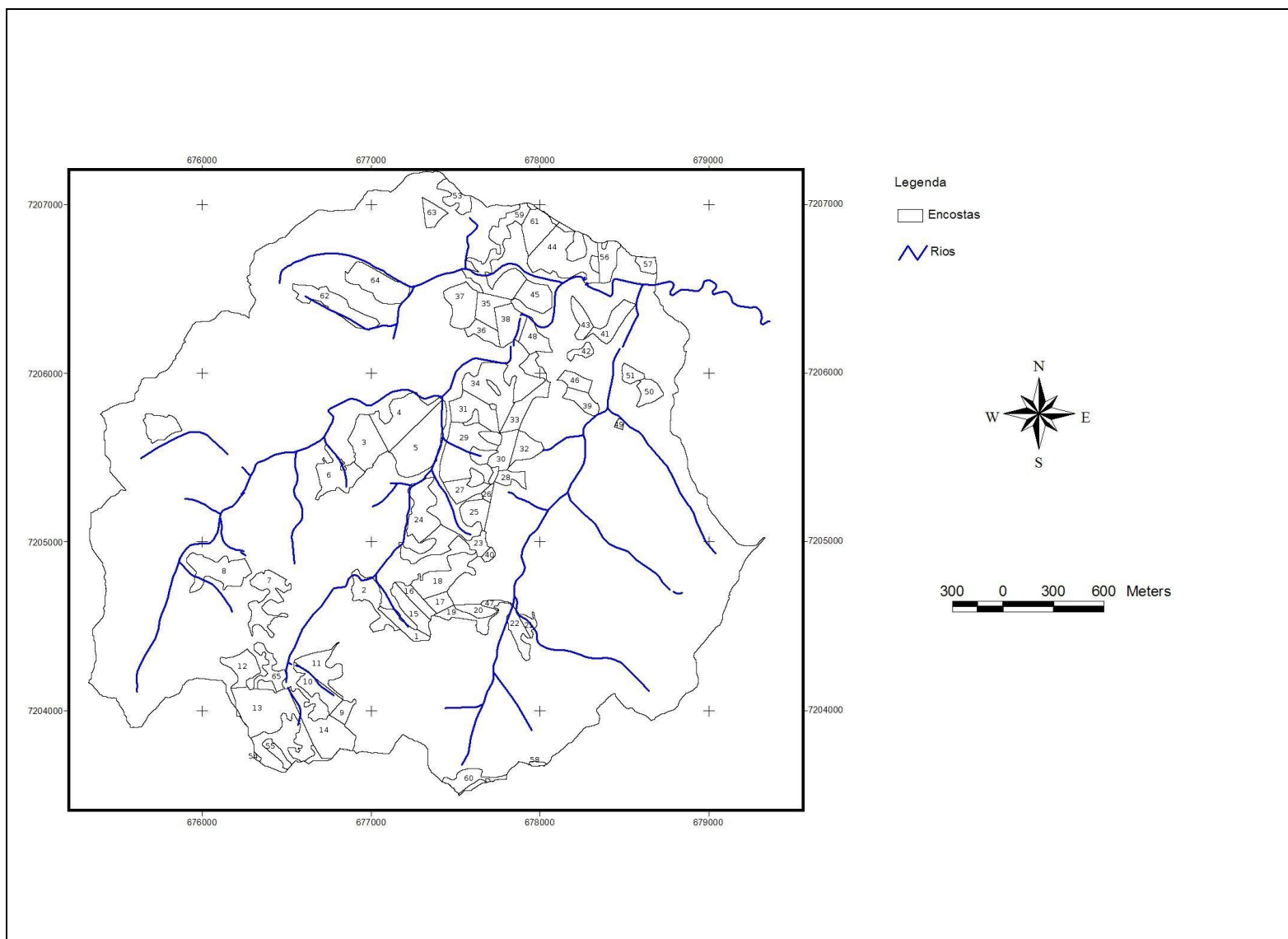


Figura 1. Mapa da divisão das encostas agrícolas da microbacia hidrográfica do Campestre, Colombo (PR)

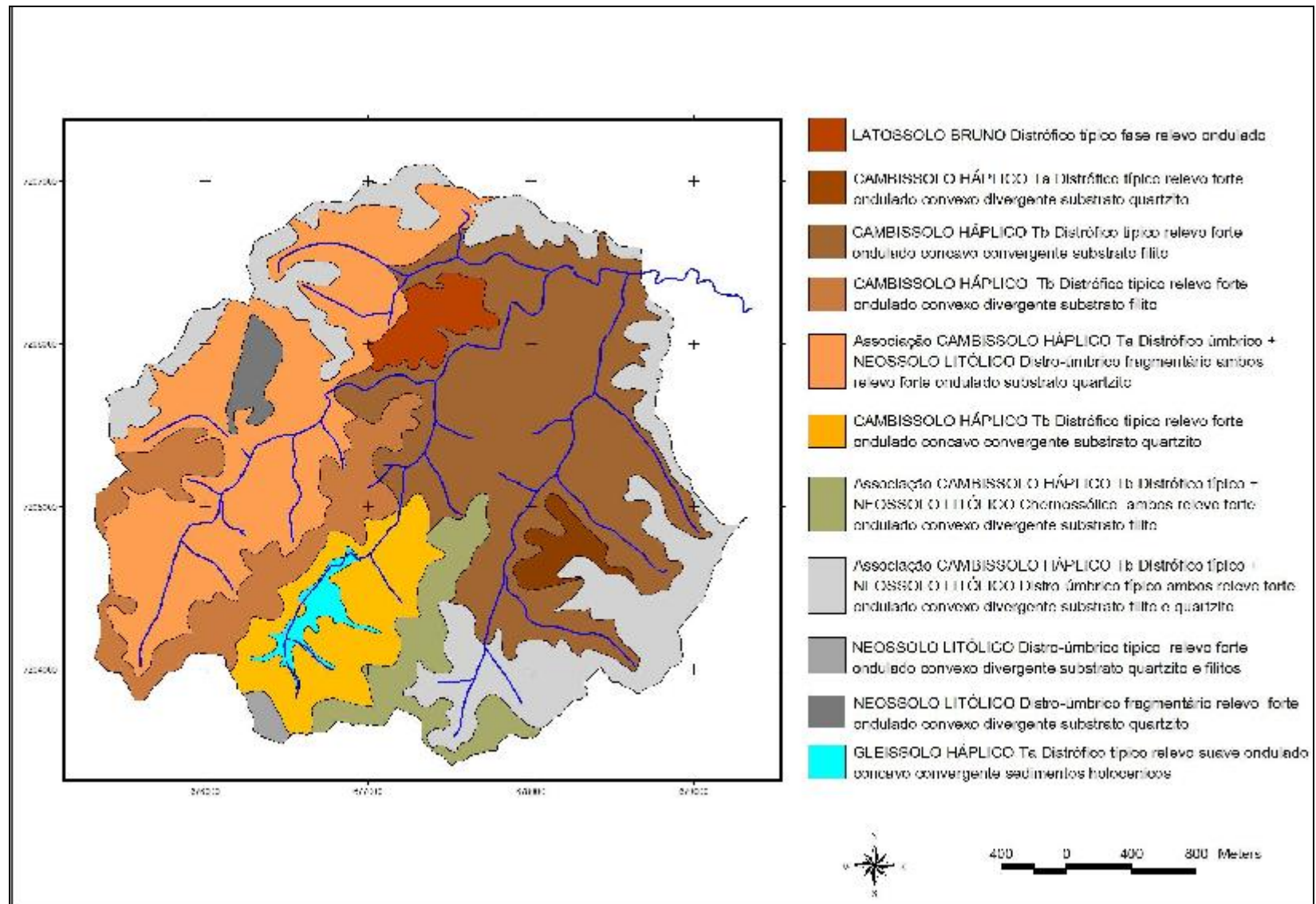


Figura 2. Mapa das classes de solos, linha de drenagem da microbacia hidrográfica do Campestre, Colombo (PR)

Figura 3. Mapas com a estimativa de perda de fósforo utilizando as diferentes versões de P-Index aplicadas na microbacia hidrográfica do Campestre – Colombo (PR)

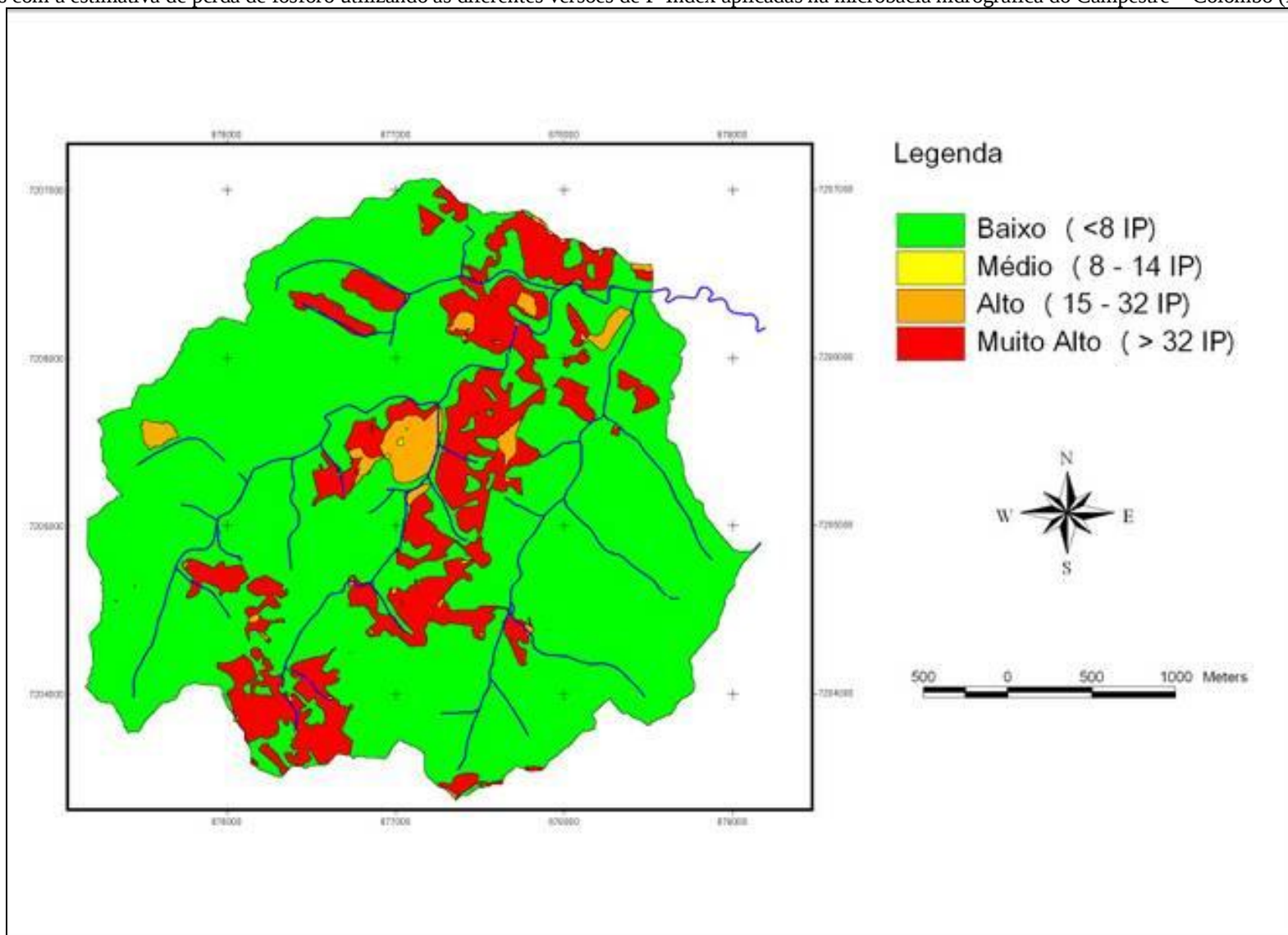


Figura 3.1. P-Index da microbacia do Campestre – Colombo (PR), Versão Lemunyon & Gilbert, Pensilvânia, 1993.

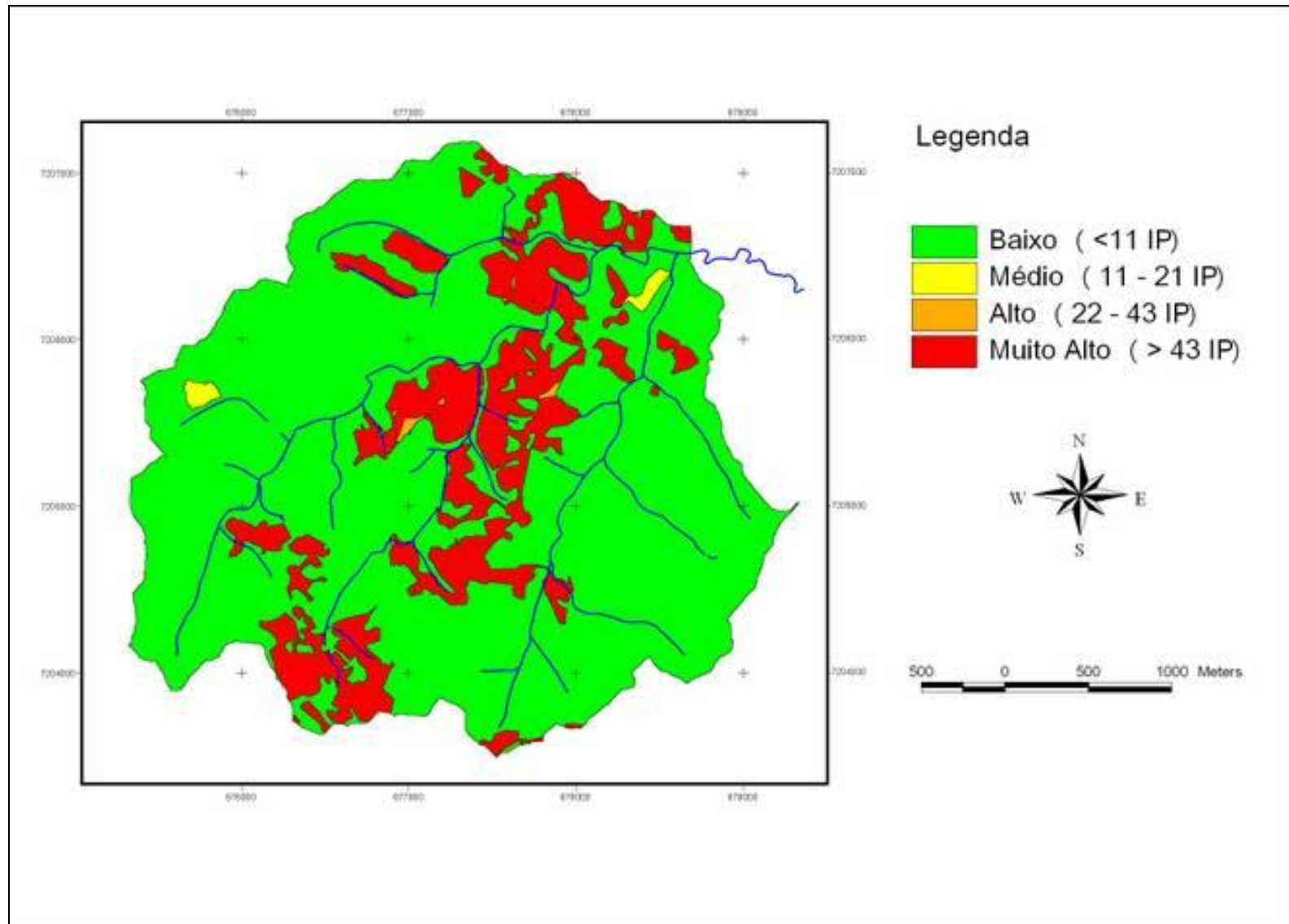


Figura 3.2. P-Index da microbacia do Campestre – Colombo (PR), Versão Fasching, Montana, 2006

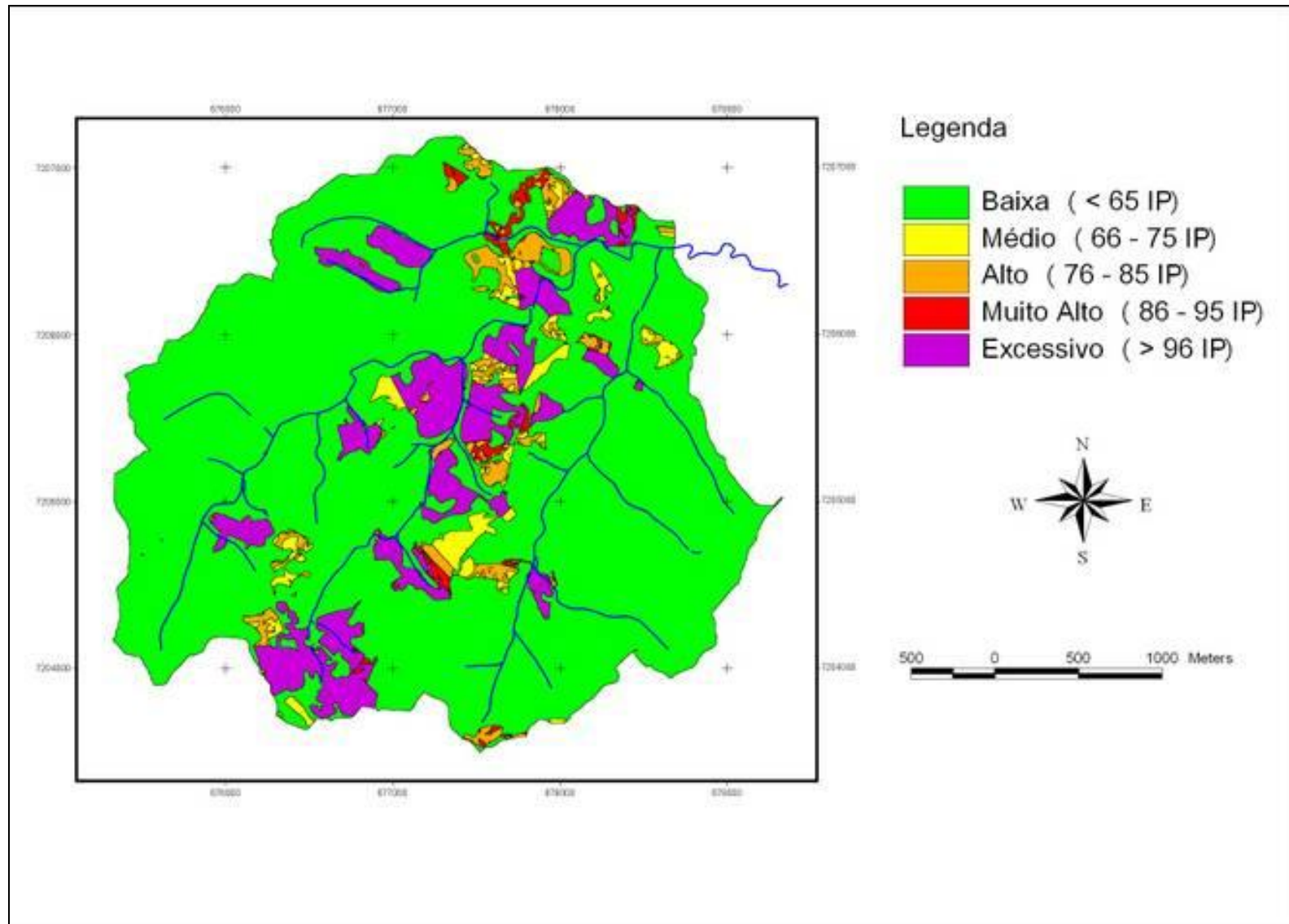


Figura 3.3. P-Index da microbacia do Campestre – Colombo (PR), Versão NRCS, Alabama, 2001

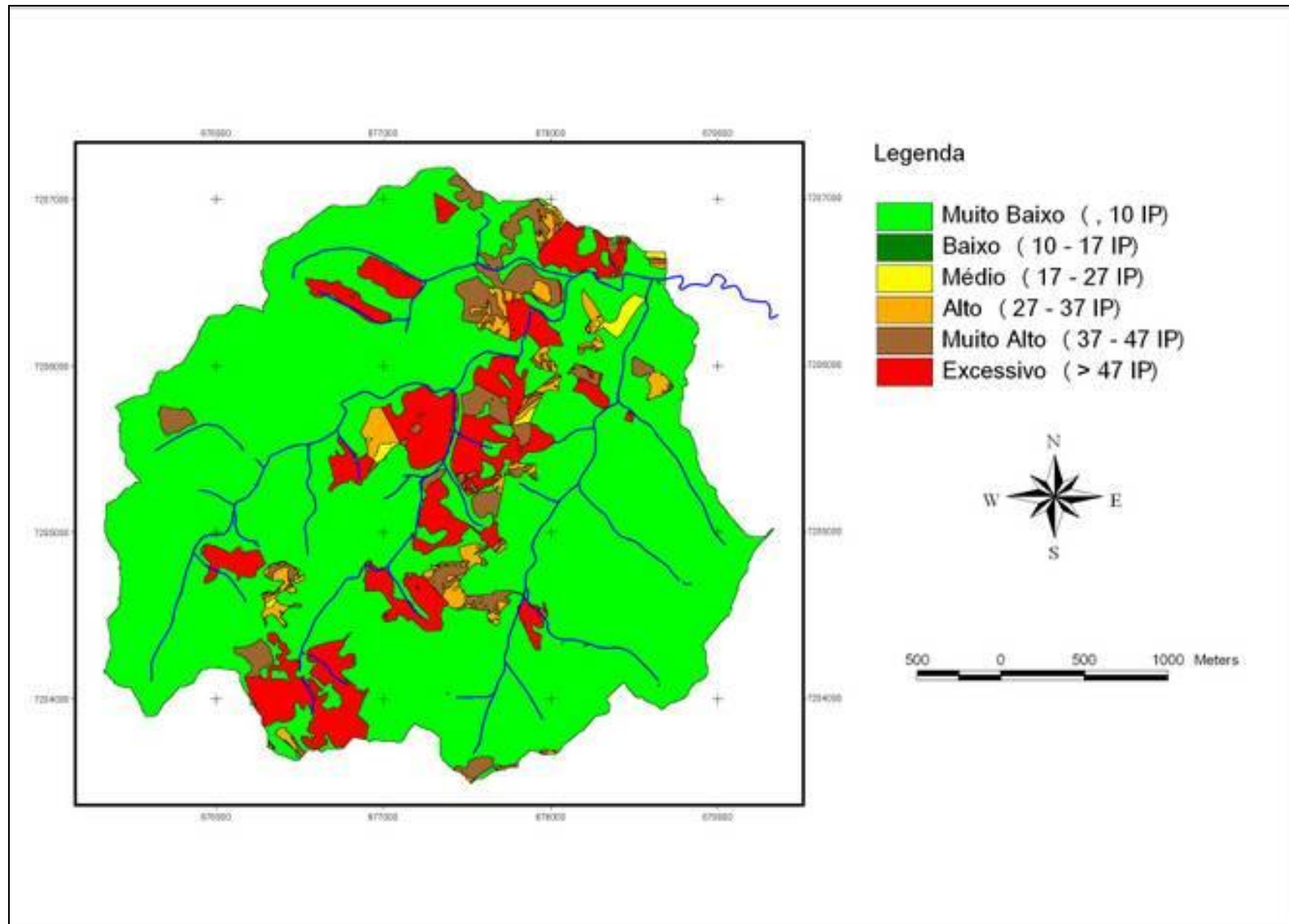


Figura 3.4. P-Index da microbacia do Campestre – Colombo (PR), Versão Flynn et al., Novo México, 2000

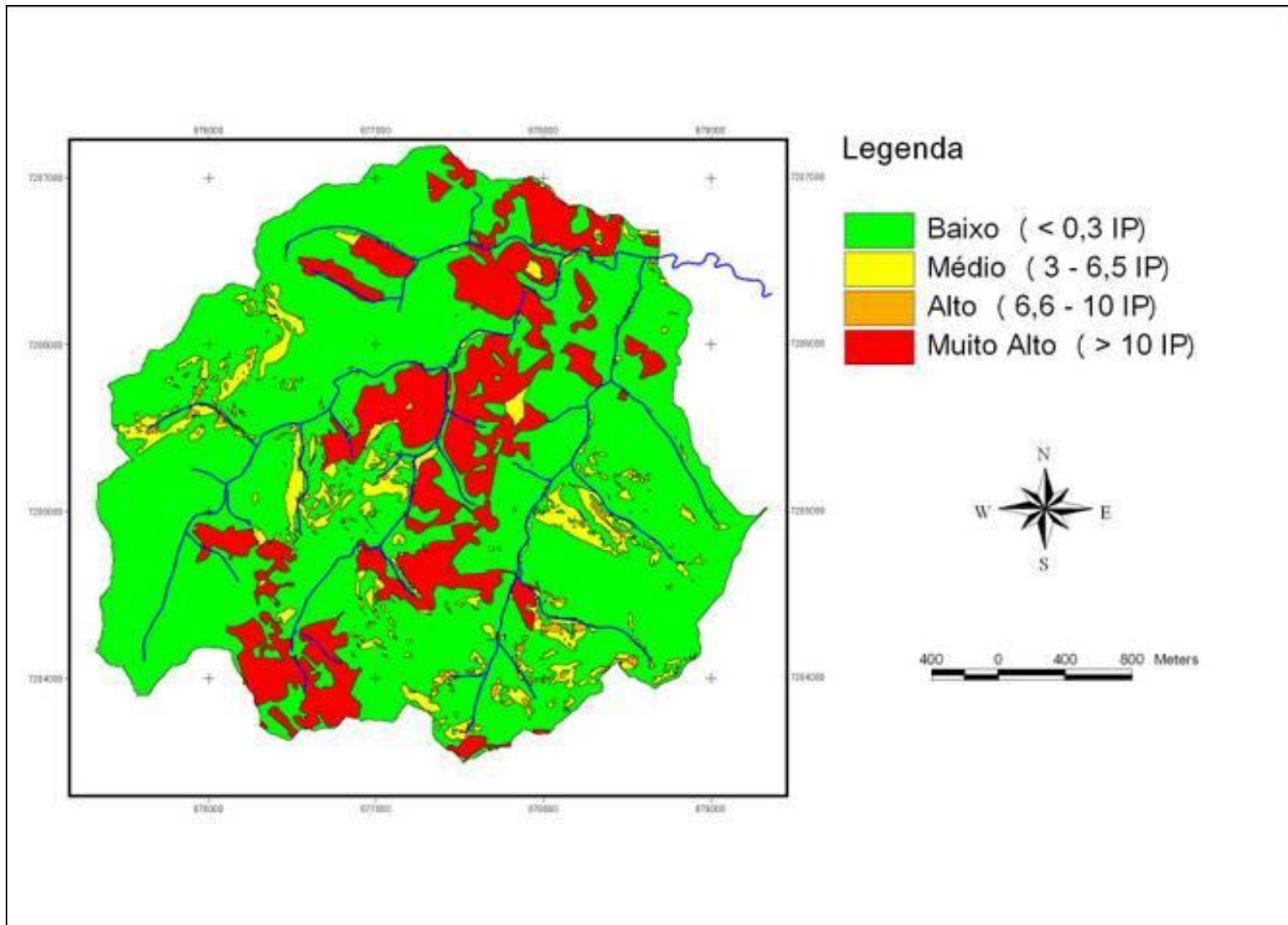


Figura 3.5. P-Index da microbacia do Campestre – Colombo (PR), Versão Nebraska, Eghball & Gilley, 2001