



Comparação de diferentes versões de P-index aplicadas na pequena bacia hidrográfica do Campestre, Paraná⁽¹⁾.

Gabriel Democh Goularte⁽²⁾; Josiane Waltrick⁽³⁾; Nerilde Favaretto⁽⁴⁾

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos da CAPES.

⁽²⁾Estudante de pós-graduação em ciência do solo; Universidade Federal do Paraná; Curitiba, Paraná; gabriel.d.agro@gmail.com; ⁽³⁾Mestre em ciência do solo; Universidade Federal do Paraná; ⁽⁴⁾Professora na pós-graduação em ciência do solo; Universidade Federal do Paraná.

RESUMO: O fósforo (P) é considerado um nutriente limitante da eutrofização nas águas doces causando uma série de impactos negativos. Para classificação das áreas de risco de transferência de P é utilizado P-index. Cada versão de P-index adota fatores e pesos ajustados a condições específicas. O objetivo desse trabalho foi avaliar diferentes versões de P-index aplicados em diferentes escalas agrupando e comparando a classificação de risco de perda de P em relação aos pesos e fatores utilizados. O estudo foi realizado considerando duas escalas: sub-bacia e glebas de agricultura na microbacia hidrográfica do Campestre situada no Município de Colombo, Região Metropolitana Norte de Curitiba – PR. Foram utilizadas cinco versões de P-index: Original, Novo México; Alabama, Nebraska e Montana bem como variações dentro das versões (com e sem fator distância da área agrícola até o corpo de água) totalizando oito versões. As diferentes versões foram agrupadas por análise hierárquica (cluster). O P-index aplicado nas glebas de agricultura fornece informações mais precisas sobre a perda de P. Em função dos diferentes fatores, pesos e critérios de classificação as versões testadas formaram três grupos de acordo com sua similaridade. A introdução de fatores causa desbalanceamento dos critérios de classificação modificando a classificação de áreas de risco.

Termos de indexação: Perda de fósforo, eutrofização, qualidade da água.

INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é considerado um nutriente limitante da eutrofização nas águas doces (Schindler et al., 2008), causando uma série de impactos negativos (Kay et al., 2009). O P é transferido a partir de áreas agrícolas para cursos hídricos, principalmente via escoamento superficial devido à sua baixa mobilidade no solo (Sharpley & Wang, 2014).

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., 2006).

Com objetivo de classificar o risco de transferência de P para os cursos hídricos, Lemunyon & Gilbert (1993) desenvolveram o P-index. Esse índice é uma ferramenta de triagem prática no planejamento do uso do solo em nível de glebas e de bacias hidrográficas, permitindo identificar o potencial de eutrofização, de acordo com a probabilidade de transferência de P das áreas agrícolas para os cursos hídricos em uma escala de “muito baixo” a “muito alto” (Weld et al., 2001). Uma vez identificadas as áreas críticas na bacia hidrográfica, as práticas de conservação do solo e da água podem ser aplicadas de maneira mais eficaz (Veith et al., 2005).

O P-index deve ser ajustado a cada região levando em consideração as características de clima, solo e agricultura. Desta forma inúmeros modelos foram desenvolvidos ao longo do tempo levando em consideração fatores regionais que interferem na transferência de P.

O objetivo desse trabalho foi avaliar diferentes versões de P-index aplicados em diferentes escalas agrupando e comparando sua classificação de risco em relação aos pesos e fatores utilizados.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada na bacia do Campestre, Colombo, norte da região metropolitana de Curitiba (PR). O clima é classificado como Cfb (subtropical úmido mesotérmico) por Koeppen, com verões frescos e sem estação seca. A precipitação média anual dos últimos 22 anos é 1479 milímetros.

O uso da terra foi obtido por fotografia aérea em uma escala de 1:30000 e revisado pela pesquisa de campo. A partir da área total (1,010 ha): 44% é coberto por vegetação nativa predominantemente caracterizada por floresta secundária em diferentes estágios de regeneração; 23% com reflorestamento (principalmente *Mimosa scabrella* e *Eucalyptus*); 19% com agricultura, predominantemente horticultura e 14% com pastagem.

A inclinação predominante é de 20-45%, seguido por 13-20% (representando 45 e 24% da bacia,



respectivamente), sendo que as áreas de agricultura estão localizadas em declividades acentuadas (70% das glebas de agricultura tem inclinação maior que 13%) e são localizadas próximas aos cursos hídricos (**Figura 1**).

A agricultura na área estudada é de baixo nível econômico e não adota práticas de conservação de solo e água.

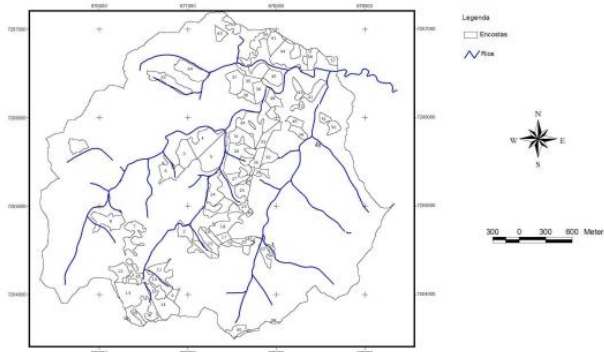


Figura 1. Representação das encostas agrícolas da microbacia hidrográfica do Campestre, Colombo (PR).

Estimativa do P-index

O P-index foi estimado utilizando software IDRISI 15.0 em duas escalas: sub-bacia (7 áreas) e glebas agrícolas (65 áreas). Foram utilizadas cinco versões de P-Index: Original (Lemunyon & Gilbert, 1993), Novo México (Flynn et al., 2000); Alabama (NRCS, 2001); Nebraska (Eghball & Gilley, 2001) e Montana (Fasching, 2006). Para as versões Alabama, Novo México e Montana foram testados com o fator “distância da área agrícola até o corpo de água” e ou “largura da faixa de vegetação nativa” (CC) e sem esses fatores (SC) totalizando oito versões. Os fatores e pesos utilizados para cada versão estão organizados na **Tabela 1**.

O P-Index foi obtido considerando os fatores: (1) distância da área agrícola até o corpo de água; (2) largura da faixa de vegetação nativa; (3) escoamento superficial; (4) método de aplicação de P_2O_5 mineral; (5) método de aplicação de P_2O_5 orgânico (6) taxa de aplicação de P_2O_5 mineral; (7) taxa de aplicação de P_2O_5 orgânico; (8) teor de P no solo e (9) erosão do solo.

Os fatores 1, 2 e 3 foram obtidos diretamente de sistemas de informação geográfica (SIG). O fator 9 foi obtido através da equação universal de perda de solo revisada (RUSLE). Os fatores 4, 5, 6, 7 e 8 foram obtidos em campo. Todos os fatores foram interpolados em SIG. As metodologias encontram-se minuciosamente descritas em Waltrick (2011).

As áreas analisadas foram classificadas de acordo com cada versão.

Análises estatísticas

Após a classificação das sub-bacias e das glebas agrícolas foram elaboradas matrizes de similaridade pela distância euclidiana. Foi utilizado ligações simples (vizinho mais próximo) para classificação hierárquica (cluster) no software MATLAB®. Os agrupamentos são formados por similaridade de classificação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O P-index varia muito na vertente, pois é influenciado por declividade, uso, manejo e cobertura do solo, sua utilização em escala de bacia hidrográfica considera uma média e demonstra grande diferença do resultado por glebas agrícolas (**Figura 2a**). Desta forma é constatado que a escala de sub-bacia é adequada para uma comparação inicial, porém para situações de planejamento e/ou intervenções para mitigar a perda de P a adoção desta escala não permite localizar as áreas realmente importantes para aplicação de práticas de conservação do solo.

Considerando a escala de glebas agrícolas a análise de cluster identificou a similaridade entre as diferentes versões testadas (**Figura 2b**). De maneira geral as versões: Novo México (SC), Montana (SC), Alabama (SC) e Alabama (CC) apresentaram de 23 a 48% de áreas classificadas de “alto risco” (**Figura 3**) formando um grupo bem definido. Variando entre 94 e 97% de áreas de “alto risco” as versões: Original, Nebraska e Montana (CC) formam o segundo grupo. A versão Novo México (CC) não foi similar a nenhuma outra formando um terceiro grupo. O agrupamento é consequência dos diferentes fatores, pesos e critérios de classificação adotados por cada versão.

A versão Novo México (CC) demonstrou um comportamento singular, os pesos adotados para cada fator são bem distribuídos (**Tabela 1**), porém a taxa de aplicação de P_2O_5 orgânica não é considerada, fazendo com que a distância da área agrícola seja a grande responsável pelo risco das glebas de agricultura que estão localizadas próximas ao curso hídrico (**Figura 1**). Quando não considerada a distância da área agrícola e a largura da faixa de vegetação (Novo México (SC)) a classificação de áreas de “alto risco” reduziu de 97 para 23% (**Figura 3**). Os agricultores dessa área aplicam altas taxas de P_2O_5 orgânico, nesse caso essa versão não é adequada, podendo subestimar a perda de P em áreas mais distantes do curso hídrico.



A versão Montana também foi sensível ao fator distância da área agrícola classificando 98 e 47% de áreas de “alto risco” nas versões com e sem esse fator, respectivamente. Nessa versão a distância da área agrícola representa 13% dos pesos (**Tabela 1**), com a proximidade das glebas agrícolas do curso hídrico (**Figura 1**), esse fator foi muito importante na classificação. O critério de classificação é muito baixo (43), a retirada desse fator causou um desequilíbrio entre o resultado do P-index e o critério de classificação fazendo com que a versão sem distância da área agrícola reduzisse o risco de transferência de P.

A versão Alabama não demonstrou diferença na classificação de risco nas versões com e sem conectividade com média de 42% de áreas de “alto risco” (**Figura 3**). Nessa versão o critério de classificação “muito alto” é o mais rigoroso (95), porém são atribuídos altos pesos aos fatores (**Tabela 1**). Uma exceção é o teor de P no solo que representa 4 e 5% , a pouca importância atribuída a esse fator fez com que as áreas fossem classificadas com “baixo risco”. Nas demais versões analisadas a importância desse fator é em média 12% (6 a 16%).

As versões Original e Nebraska são as mais rigorosas no fator erosão do solo atribuindo 24 e 50% dos pesos, respectivamente. Mesmo sem considerar a distância da área de agricultura até o corpo de água classificaram em média 96% das glebas como “alto risco” (**Figura 3**). A perda de solo nas glebas de agricultura foi alta devido à falta de práticas de conservação do solo e água.

CONCLUSÕES

Para situações de planejamento e/ou intervenções para mitigar a perda de P é recomendado o uso do P-index em escala de glebas agrícolas.

A inclusão de fatores causa um desbalanceamento entre os pesos e critérios de classificação modificando a classificação.

REFERÊNCIAS

EGHBALL, B. e GILLEY, J. E. Phosphorus risk assessment index evaluation using runoff measurements. *Journal of Soil and Water Conservation*, 56:202-207, 2001.

FASCHING, Richard. A. Phosphorus index assessment or 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, 2000, 4p.

KAY, P., EDWARDS, A.C., FOULGER, M. A review of the efficacy of contemporary agricultural stewardship measures for ameliorating water pollution problems of key concern to the UK water industry. *Agricultural Systems*, 99:67-75, 2009.

LEMUNYON, J.L.; GILBERT, R.G. The concept and need for a phosphorus assessment tool. *Journal of Production Agriculture*. USA, 6:483-486, 1993.

NRCS – Natural Resources Conservation Service. Phosphorus index for Alabama: A planning tool to assess and manage P movement. Auburn: U. S. Department of agriculture – Natural Resources Conservation Service. *Agronomy Technical Note AL-72*, 2001, 5p.

SCHINDLER, D.W., HECKY, R.E., FINDLAY, D.L., STANTON, M.P., PARKER, B. R., PATERSON, M.J. Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: results of a 37-year whole-ecosystem experiment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105:11254-11258, 2008.

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., WANG, X. Managing agricultural phosphorus for water quality: Lessons 24 from the USA and China. *J. Environmental Science & Technology*, 26, 1770–1782, 2014.

SHIGAKI, Francirose; SHARPLEY, Andrew & PROCHNOW, Luis Ignácio. Source-related transport of phosphorus in surface runoff. *Journal of Environmental Quality*, 35:2229- 2235, 2006.

VEITH, T. L.; SHARPLEY, A. N.; WELD, J. L. Comparison of measured and simulated phosphorus losses with indexed site vulnerability. *Transactions of the ASAE*, 28:557-565, 2005.

WALTRICK, J.C.N. Aplicação da metodologia P-index na bacia hidrográfica do campestre – Colombo (PR). 2011. 97 f. Dissertação (Mestrando em Ciência do solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

WELD, J.L.; SHARPLEY, A.N.; BEEGLE, D.B.; GBUREK, W.J.. Identifying critical sources of phosphorus export from agricultural watersheds. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 59:29-38, 2001.

Tabela 1 – Pesos e critérios de classificação das versões de P-index avaliados.

Fatores	Original		Alabama (CC)		Alabama (SC)		Novo México (CC)		Novo México (SC)		Montana (CC)		Montana (SC)		Nebraska	
	Atribuído	%	Atribuído	%	Atribuído	%	Atribuído	%	Atribuído	%	Atribuído	%	Atribuído	%	Atribuído	%
Pesos																
Teor de P no solo	1	16%	1	4%	1	5%	1	10%	1	14%	1	13%	1	14%	0.5	6%
Erosão do solo	1.5	24%	3	13%	3	16%	1.5	15%	1.5	21%	1.5	19%	1.5	21%	4	50%
Escoamento superficial	0.5	8%	3	13%	3	16%	1.5	15%	1.5	21%	0.5	6%	0.5	7%	0.5	6%
Taxa de aplicação de P ₂ O ₅ mineral	0.75	12%	3	13%	3	16%	1	10%	1	14%	1	13%	1	14%	0.5	6%
Método de aplicação de P ₂ O ₅ mineral	0.5	8%	3	13%	3	16%	1	10%	1	14%	1	13%	1	14%	1	13%
Taxa de aplicação de P ₂ O ₅ orgânico	1	16%	3	13%	3	16%	0	0%	0	0%	1	13%	1	14%	0.5	6%
Método de aplicação de P ₂ O ₅ orgânico	1	16%	3	13%	3	16%	1	10%	1	14%	1	13%	1	14%	1	13%
Distância da área agrícola até o corpo hídrico	0	0%	3	13%	0	0%	1.5	15%	0	0%	1	13%	0	0%	0	0%
Largura da faixa de vegetação nativa	0	0%	2	8%	0	0%	1.5	15%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Total	6.25		24		19		10		7		8		7		8	
Critério de classificação "muito alto"	32				95				47				43			

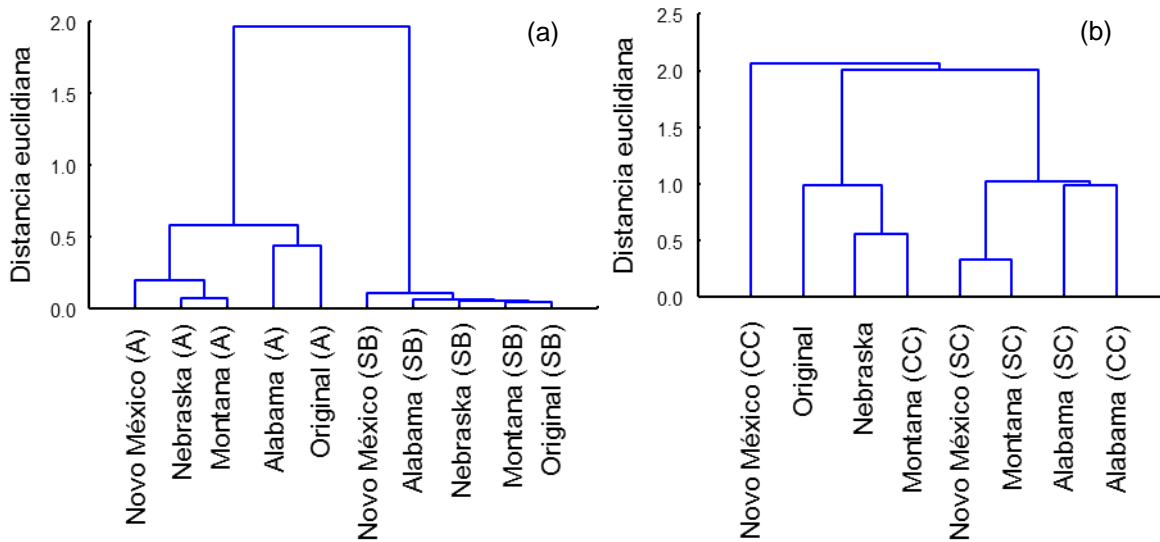


Figura 2 – Dendrograma do P-index obtido em diferentes versões na microbacia hidrográfica do Campestre – Colombo (PR). (a) diferentes escalas: (A) glebas agrícolas e (SB) sub-bacias; (b) glebas agrícolas: (CC) com distância da área agrícola até o corpo de água e (SC) sem distância da área agrícola até o corpo de água.

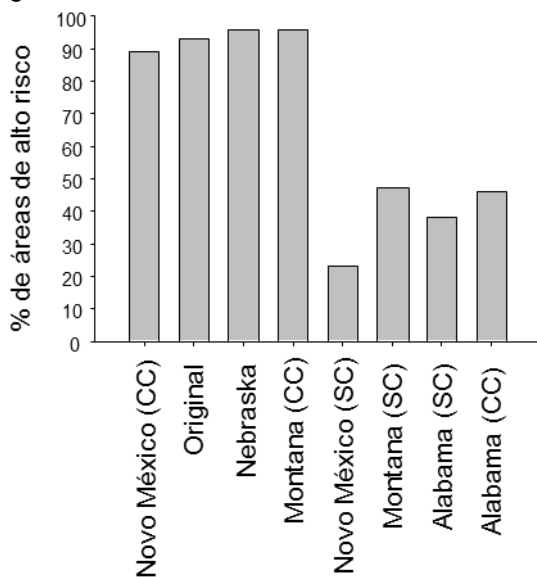


Figura 3 – Porcentagem de áreas de risco “muito alto” em diferentes versões de P-index aplicados em glebas agrícolas na microbacia hidrográfica do Campestre – Colombo (PR). (CC) com distância da área agrícola até o corpo de água e (SC) sem distância da área agrícola até o corpo de água.