

Simulação do efeito da variação do método de atribuição de pesos no IQS de duas matas ripárias e uma lavoura adjacente de cana de açúcar

Luiz Gabriel da Silva ⁽²⁾; José Carlos Casagrande ⁽³⁾; Alexandre Colato ⁽³⁾; Márcio Roberto Soares ⁽³⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com apoio da FAPESP

⁽²⁾ Estudante; Universidade Federal de São Carlos; Araras, São Paulo; lgs346900@gmail.com; ⁽³⁾ Professor; Universidade Federal de São Carlos.

RESUMO: O objetivo do trabalho é avaliar a qualidade do solo por meio de atributos químicos, físicos e microbiológicos, para duas áreas de mata ciliar em diferentes estádios de sucessão ecológica e uma área adjacente com cana-de-açúcar, localizadas nas margens da represa da Usina Santa Lúcia – Araras/SP, em dois tipos de solo, Argissolo e Latossolo, utilizando três métodos para atribuição de pesos, pontuação a partir de valor fixo, classificação e comparação por pares. O Índice de Qualidade de Solo (IQS) é o resultado de uma soma ponderada de Figuras de Mérito (FoMs), que representam funções e parâmetros do solo, atribuídas, a princípio, arbitrariamente, por um observador. As FoMs que representam os parâmetros são utilizadas para o cálculo das FoMs que representam as funções após terem seus valores normalizados com o uso de funções de pontuação padrão. A partir dos valores de IQS gerados pelos modelos não é possível obter clara distinção entre as fitofisionomias do estudo, para cada solo, especialmente no Latossolo. Entretanto, os resultados indicam que há diferença entre os dois tipos de solos, com o Latossolo sempre apresentando valores superiores aos do Argissolo.

Termos de indexação: Modelo aditivo ponderado, Funções de pontuação padrão.

INTRODUÇÃO

Os solos são recursos naturais não renováveis que além de sustentar, principalmente, as floras vegetal e microbiana e diversos animais, tais como artrópodes e anelídeos, serve como substrato para a prática de agricultura, construção civil, mineração etc.. Todas as práticas e hábitos humanos tendem de alguma forma a alterar as características do meio ambiente, e obviamente, os solos não constituem exceção. A agricultura é muito provavelmente a atividade humana que demanda maior quantidade de área, e conseqüentemente de solo, para sua execução, sendo que há práticas agrícolas que possuem grande potencial de causar distúrbios no meio, principalmente no solo, muitas vezes levando este a um estado de degradação. Há diferentes níveis de degradação, dos mais brandos que não

impedem, por exemplo, as atividades agrícolas e de pecuária, até estados que impossibilitam qualquer atividade e/ou praticamente não há possibilidade de regeneração natural no curto prazo. Os índices de qualidade de solo (IQS) podem ser ferramentas interessantes como auxiliares no processo de compreensão de funcionamento do meio, para monitoramento das condições ambientais, ou mesmo para auxílio em processos de tomada de decisão para conservação de recursos naturais e/ou recuperação de áreas que já apresentem algum nível de degradação. Para o cálculo do IQS é necessário estabelecer pesos às FoMs, o que pode ser muitas vezes desconfortável àquele que precisa atribuir os pesos, ocorrendo, em muitos casos, erros lógicos de transitividade durante o processo de escolha dos pesos (Karlen and Stott, 1994; Glover Andrews and Reganold, 2000; Smith, 2006).

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do local e Amostragem

O estudo foi conduzido em dois sistemas florestais de 2 ha cada, compostos de duas populações de Floresta Estacional Semidecidual, que diferem quanto à idade, e em um agroecossistema cultivado com cana-de-açúcar, que margeiam a represa da Usina Santa Lúcia, localizada no município de Araras/SP (22°18'00" S e 47°23'03" W; altitude 611 m). O clima é do tipo CWa, classificação de Köppen. Os solos de cada margem foram pedologicamente classificados como Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) e Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) (EMBRAPA, 1999). Foram coletadas amostras de terra, com o auxílio de uma sonda metálica, nas profundidades de 0-0,2 m e de 0,2-0,4 m em todas as parcelas experimentais. As amostras coletadas foram secas em estufa, passadas em peneira de malha de 2 mm e quimicamente caracterizadas conforme métodos rotineiros descritos em Camargo et al. (1986) e Raji et al. (2001): pH, matéria orgânica, teores de P, Ca, Mg, K, Al, H+Al, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions total (CTC_t) e efetiva (CTC_e) e saturação por bases (V%) e por alumínio (m%). Foram feitas as seguintes análises de caracterização física das amostras

coletadas (Camargo et al., 1986; EMBRAPA, 1997): tamanho de partícula por meio do método do densímetro, densidade aparente (D_a) e densidade real (D_r), pelo método do volume do anel, porosidade total (P_t) e a retenção de água na capacidade de campo (θ_{CC}). Amostras da camada 0-0,1 m de profundidade foram coletadas para caracterização microbiológica, por meio dos seguintes atributos: carbono da biomassa microbiana, pelo método descrito por Vance et al. (1987), respiração basal, conforme Anderson e Domsh (1978), e determinação dos microrganismos do solo, calculada pelo número de colônias crescidas nos meios de culturas e expressas em unidades formadoras de colônias por grama de solo seco ($UFC\ g^{-1}$ de solo), de acordo com Mariano et al. (2000). Também foram medidas a temperatura do local e a umidade do solo, com auxílio de um TDR, ao longo das estações do ano.

Cálculo do IQS

O IQS foi calculado a partir do modelo apresentado na **Tabela 1**.

Tabela 1. Modelo de cálculo para o IQS

FoM 1	FoM 2	FoM 3
Orgânica – mineral	MO CTC	
	Comp. Nutricional	V% SB
	Comp. Biológica	Pop. Fungos Pop. Bactérias
	pH	
Restr. Químicas	Al P	
Restr. Físicas	Teor de argila Ds	

Devido à incompatibilidade das dimensões de muitos destes parâmetros, a seus valores foi atribuído um código numérico, de 0 a 1, através do modelo de normalização de dados apresentado em Wymore (1993) (**Figura 1**).

Figura 1. Modelo de normalização de dados

$$Score(v) = \frac{1}{1 + \left| \frac{B-L}{v-L} \right|^{2 \cdot S \cdot (B+v-2 \cdot L)}}$$

Onde L é o valor mínimo que o parâmetro pode assumir, B é um valor do parâmetro no qual se assume que o Score vale 0,5, v é o valor do parâmetro, e S representa a maior variação possível do Score dada uma variação no valor do parâmetro.

Em todos os casos foi adotado o valor padrão para o sugerido em Wymore (1993).

As FoMs dos níveis inferiores foram agrupadas, de modo a originar as FoMs dos níveis superiores usando-se o modelo linear (**Figura 2**).

Figura 2. Modelo linear de agrupamento de dados

$$IQS = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \times W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Onde S é o valor do Score de uma FoM e w o peso numérico atribuído a ela.

Para a escolha dos pesos dos parâmetros foram utilizadas três técnicas de atribuição de pesos:

- 1) Distribuição a partir de valor fixo, onde um valor fixo, normalmente 1, 10 ou 100, é distribuído entre cada categoria. Por exemplo, na categoria FoM 1 (**Tabela 1**) devem ser atribuídas notas às 3 FoMs, cuja soma seja obrigatoriamente 1, 10 ou 100; (Smith, 2006)
- 2) O segundo método, de classificação, consiste em atribuir notas às FoMs livremente, normalmente de 1 a 10 ou 1 a 100; (Smith, 2006)
- 3) O terceiro método consiste de comparações das FoMs em pares, ou seja, ainda no caso da categoria FoM 1, deve-se comparar Restr. Química com Restr. Física, e ambas com Orgânica mineral, de modo a responder qual é mais importante e por quanto (Smith, 2006; Levy, 2001).

Estes dados são dispostos de forma matricial, de modo a formar uma matriz chamada matriz de preferências (**Figura 3**).

Figura 3. Matriz de preferências.

$$M = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

Cada elemento da matriz representa a comparação entre duas FoMs, assim considerando as três FoMs, categoria FoM 1 da **Tabela 1**, quando se diz que FoM1 é mais importante que a FoM2 por um fator de 2, diz-se que $a_{12} = 2$ e $a_{21} = 0,5$, ou seja FoM1 quando comparada a FoM2 é duas vezes mais importante, ou então FoM2 tem metade da importância de FoM1. Então é criado um vetor B, com dimensão n (B_n), sendo n o número de FoMs, cujos componentes b_i são obtidos a partir da média geométrica dos componentes a_{ij} de uma mesma linha i da matriz de preferências M, como pode ser visto na **Figura 4**.

Figura 4. Fórmula para cálculo do vetor parcial de pesos

$$b_i = \left[\left| \begin{matrix} a_{ij} \end{matrix} \right|_{j=1}^n \right]^{1/n} \text{ com } B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} \text{ para } n = 3$$

Os pesos são obtidos dividindo-se cada valor do vetor anterior pelo soma de todos os valores, conforme pode ser visto na **Figura 5**.

Figura 5. Cálculo do vetor de pesos

$$w_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \text{ com } W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{bmatrix} \text{ para } n = 3$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

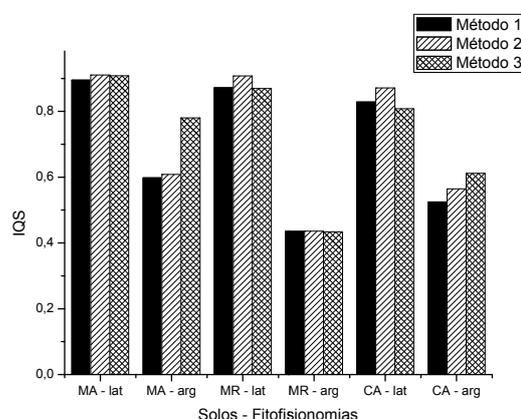
Os valores dos pesos numéricos definidos com a utilização dos três métodos de atribuição de pesos podem ser vistos na Tabela 2.

Tabela 2. Pesos utilizados para cálculo do IQS

FoMs	Método de atribuição de pesos		
	1	2	3
V	0,7	0,571	0,857
SB	0,3	0,428	0,143
MO	0,2	0,263	0,487
CTC	0,1	0,184	0,082
Comp. Nutricional	0,3	0,236	0,215
Comp. Biológica	0,25	0,21	0,189
pH1	0,15	0,105	0,027
Pfun	0,500	0,500	0,500
Pbac	0,500	0,500	0,500
TA	0,6	0,636	0,875
Ds	0,4	0,363	0,125
Al	0,6	0,5	0,750
P	0,4	0,5	0,250
Orgânica - Mineral	0,5	0,5	0,777
Restr. Químicas	0,25	0,25	0,057
Restr. Físicas	0,25	0,25	0,166

Os valores de IQS obtidos podem ser visualizados no gráfico da **Figura 6**.

Figura 6. Gráfico dos valores de IQS obtidos a partir dos três métodos de combinação de dados em cada combinação solo-fitofisionomia.



Todos os métodos de atribuição de pesos apresentaram resultados muito semelhantes em todas as combinações, exceto a combinação MA-arg, onde o valor obtido com os pesos oriundos do terceiro método apresentou valor mais elevado em relação aos demais valores. Assim sendo na maior parte das vezes o método de escolha dos pesos não interfere ou interfere pouco nos valores atribuídos aos pesos, ou no seu efeito no valor final do IQS. Os Latossolos apresentaram sistematicamente valores superiores de IQS que os Argissolos. Este fenômeno pode ser explicado de certo modo pelas características do conjunto de dados utilizados. Conforme pode ser visto na **Tabela 1**, muitos dos parâmetros utilizados correspondem a parâmetros de fertilidade de solo, que são comumente encontrados em níveis superiores nos Latossolos em relação aos Argissolos. No caso deste estudo os valores de MO, CTC, SB e V%, além de textura, são superiores no Latossolo.

Também não foi possível identificar a partir do modelo proposto diferenças razoáveis entre as fitofisionomias do estudo, principalmente com relação ao Latossolo. Há duas hipóteses simples, porém ainda não testadas, para explicar esta observação: na primeira o modelo proposto não foi capaz de detectar diferenças existentes, neste caso especificamente, havendo grandes possibilidades que os limites críticos utilizados para os parâmetros durante o processo de normalização tenham distorcido os resultados, ou, não há grandes diferenças entre as combinações solo-fitofisionomia. No que diz respeito ao Argissolo, a mata mais recente apresentou valores um pouco inferiores em relação às demais fitofisionomias.

CONCLUSÕES



Todos os métodos de atribuição de pesos apresentaram resultados muito semelhantes em praticamente todas as combinações.

Os Latossolos apresentaram consistentemente índice de qualidade superior aos Argissolos.

Os índices de qualidade de solo para os Latossolos foram semelhantes para todas as fitofisionomias.

Os valores de IQS para os Argissolos apresentam maior variação entre as fitofisionomias que aqueles apresentados pelos Latossolos.

O IQS da combinação Argissolo – Mata recente foi sensivelmente inferior aos IQSs das demais combinações no Argissolo.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pela concessão de bolsa de IC ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.10, p.212-215, 1978.

ANDREWS, S. S.; KARLEN, D. L.; CAMBARDELLA, C. A.. The Soil Management Assessment Framework: A Quantitative Soil Quality Evaluation Method. **Soil Sci. Soc. Am. J, Madison**, v. 68, p.1945-1962, 2004.

CAMARGO, O.A., MONIZ A.C., JORGE, J.A. & VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do IAC**. Campinas, IAC, Boletim Técnico IAC n.106, 1986. 94p.

DEXTER, A.R.; **Soil Physical Quality Part I: Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth**. *Geoderma*. v. 120, n. 3/4. p.201 -214, jun., 2004.

DORAN, J. W. e ZEISS, M. R. **Soil Health And Sustainability: Managing the biotic component of soil quality**. *Appl. Soil Ecol.*, 15:3-11, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual De Métodos De Análise Do Solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de**

Classificação de Solos. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação. 412p. 1999.

GLOVER, J., REGANOLD, J. P., ANDREWS, P. K. **Systematic Method For Rating Soil Quality Of Conventional, Organic, And Integrated Apple Orchards In Washington State**. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2000.

KARLEN, D. L. e STOTT, D. E. **A Framework For Evaluating Physical And Chemical Indicators Of Soil Quality**. In: Doran, J. W.; Coleman, D. C.; Bezdicsek, D. F. E Stewart, B. A., Eds. **Defining Soil Quality For A Sustainable Environment**. Madison, SSSA, 1994. p.53-72. (Special, 35)

LEVY, J. K.. Computer Support for Environment al Multiple Criteria Decision Analysis Under Uncertainty. 2001. 297 f. Tese (Doutorado) - University Of Waterloo, Waterloo, 2001.

MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E.B.; ASSIS, S.M.; GOMES, A.M.A. Promoção de crescimento por bactérias. In: MARIANO, R. L. R. (Coord.). **Manual de práticas em fitobacteriologia**. Recife: UFRPE, 2000. p.133-137.

RAIJ, B. van. **Fertilidade Do Solo E Adubação**. São Paulo, Agronômica Ceres, Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações De Adubação E Calagem Para O Estado De São Paulo (Boletim 100)**. 2. ed. Ver. Atual. Instituto Agronômico/ Fundação IAC, 1997. 285p.

SMITH, E. D.. TRADEOFF STUDIES AND COGNITIVE BIASES. 2006. 225 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Department Of Systems And Industrial Engineering, The University Of Arizona, Tucson, 2006.

VANCE, E.D. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 9, n. 6, p. 703-707, 1987.

WYMORE, A. W. **Model-Based Systems Engineering: An introduction to the mathematical theory of discrete systems and to the tricotyledon theory of system design**. Boca Raton, CRC Press, 1993, 710p.