

Aplicação da Lógica Difusa para Análise de Solos Degradados

Marília Gabriela Mariano de Oliveira¹, Alfredo Bonini Neto², Carolina dos Santos Batista Bonini³, Fernando Ferrari Putti⁴

¹ Aluna do curso de Engenharia de Biosistemas, Faculdade de Ciências e Engenharia – FCE- UNESP – Campus de Tupã, e-mail: marilia_95_2010@hotmail.com

² Professor no curso de Engenharia de Biosistemas, Faculdade de Ciências e Engenharia – FCE - UNESP – Campus de Tupã, e-mail: bonini@tupa.unesp.br

³ Professora no curso de Engenharia Agrônômica, Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – FCAT - UNESP – Campus de Dracena, e-mail: carolbonini@dracena.unesp.br

⁴ Professor no curso de Engenharia de Biosistemas, Faculdade de Ciências e Engenharia – FCE - UNESP – Campus de Tupã, e-mail: fernandoputti@tupa.unesp.br

Abstract. Incorrect use of soil and large constructions in rural areas are causing changes in it, making them less productive, thus increasing the degraded areas. Mathematical models have been used to evaluate agronomic parameters. Thus, this paper aims to apply mathematical and computational tools, ie, fuzzy logic, to have an analysis of the degraded soil recovery, using combinations of green manure, lime and gypsum. The data evaluated were physics, generating the fuzzy response variables depending on the depth and type of treatment used for soil recovery.

Keywords: Applied mathematics, fuzzy logic, soil degradation, soil physics.

1 Introdução

A utilização dos recursos naturais de forma inadequada geralmente dá lugar a um novo sistema ecológico não sustentável. Com isso, solos utilizados intensamente e de forma inadequada, são levados à degradação.

Em [1], estudando os efeitos de adubos verdes na recuperação do solo, verificou-se que os efeitos benéficos de coberturas vegetais utilizadas na vegetação estão modificando seus atributos físicos e químicos. Com isso, diversos estudos de monitoramento desses atributos e seus efeitos na qualidade do solo têm sido investigados como [2-3] entre outros.

Tradicionalmente, nas pesquisas realizadas na área de ciências agrárias os dados obtidos em campo ou laboratório são analisados estatisticamente, submetidos à análise de variância, com as médias sendo comparadas sobremaneira pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade para variáveis qualitativas como, por exemplo, para efeitos de adubação, dos tratamentos de recuperação do solo, manejo do solo e da água [4-5].

Estas investigações levam-se em conta muitas indecisões, entre elas, profundidade do solo em função do tratamento utilizado, a técnica de manejo utilizada para cada tipo de solo. Com isso justifica-se a criação desse trabalho com o intuito de utilizar a

lógica *fuzzy* como ferramenta de análise de solos degradados levando-se em conta estas indecisões.

A lógica *fuzzy* tem por objetivo modelar, de modo aproximado, o raciocínio humano, visando manipular informações em um ambiente de incerteza e imprecisão, fornecendo uma resposta aproximada para uma questão baseada em um conhecimento que é inexato, incompleto ou não totalmente confiável [6].

Recentemente, na área da agronomia esses modelos matemáticos têm sido utilizados com maior frequência. Técnicas como sistemas de inferência *Fuzzy* tem sido utilizadas por [7], três abordagens que usam valores de pertinência *fuzzy* foram abordadas para prever a variação detalhada das propriedades do solo, resultados mostraram que a regressão com variáveis ambientais funcionam bem para áreas onde a relação solo-terreno é relativamente simples, mas de regressão com os valores de pertinência *fuzzy* é bem melhor para as áreas onde as relações solo-terreno são mais complicadas, [8] avaliou o uso da lógica *fuzzy* para o mapeamento do solo em escala de reconhecimento, aplicando-o para a parte sul das áreas costeiras da Finlândia.

Na área de ciência do solo mais especificamente, alguns trabalhos foram desenvolvidos na área de fertilidade do solo como o trabalho feito por [9], onde um novo método de aproximação pela lógica *fuzzy* foi desenvolvido para combinar os resultados físico e químico da dispersão do solo.

Neste trabalho foi desenvolvido um modelo *fuzzy* tendo como saída os valores dos atributos físicos do solo (macroporosidade, microporosidade e densidade do solo) em função das entradas (profundidades e tratamentos), sendo 3 níveis de profundidade e 9 níveis de tratamento.

2 Materiais e métodos

Para a criação de um sistema baseado em lógica *fuzzy*, foi necessário definir um processador de entrada (ou fuzzificador), um conjunto de regras linguísticas, um método de inferência *fuzzy* (Mamdani) e um processador de saída (ou defuzzificador), que gera um número real como saída. O Matlab [10] foi utilizado para criação do sistema *fuzzy*. A Fig. 1 ilustra este sistema.

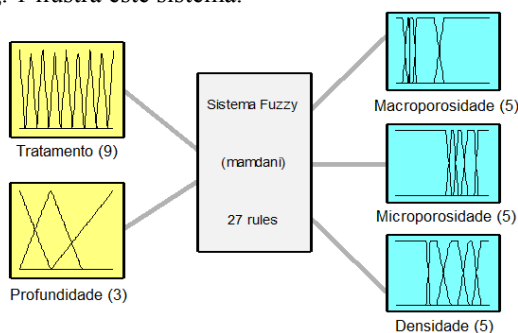


Fig. 1: Sistema *fuzzy* utilizado para análise de solo

Foram considerados 9 tratamentos para uma entrada, sendo SE (solo exposto, sem técnica de recuperação), MA (vegetação nativa de Cerrado), SM (solo mobilizado),

MP (Mucuna-preta), G (Guandu), C/MP (calcário + mucuna-preta), C/G (Calcário+Guandu), C/Ge/MP (calcário + gesso + mucuna-preta) e C/Ge/G (calcário + gesso + guandu), as funções de pertinência para cada tratamento estão na fig. 2(a). Para a entrada profundidade, foram consideradas 3 níveis, (PF-1 = 0,00–0,10 m; PF-2 = 0,10–0,20 m e PF-3 = 0,20–0,40 m), conforme a fig. 2(b).

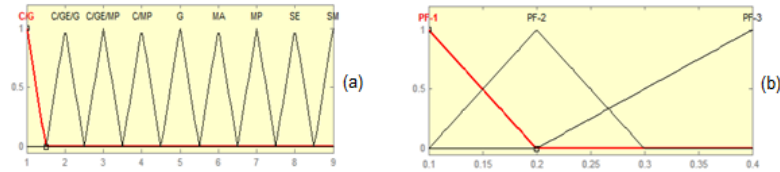


Fig. 2: Funções de pertinência para a entrada, (a) tratamentos, (b) profundidades.

Para a obtenção da base de regras do sistema, considerou-se as 27 (9 x 3) combinações entre os conjuntos *fuzzy* das variáveis de entrada, assim foram criados 27 pares da forma (Tratamentos x Profundidades). A fig. 3 apresenta as funções de pertinência para as variáveis de saída (macroporosidade, microporosidade e densidade) e foram consideradas em cinco níveis (MB = muito baixa, B = baixa, M = media, A = alta e MA = muito alta) conforme [11].

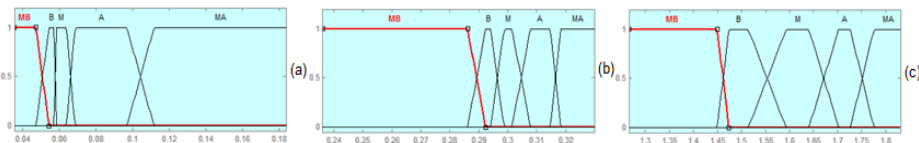


Fig. 3: Funções de pertinência para as saídas, (a) macroporosidade, (b) microporosidade, (c) densidade.

O método de inferência utilizado para o cálculo do valor numérico das variáveis de saída, de acordo com a base de regras, foi o de Mamdani via consulta a especialista da área. Um exemplo dessa formação é visto a seguir:

- Se (o Tratamento é “c+g”) e (PF-1) então (a Macroporosidade é “MA”, a Microporosidade “A” e a Densidade “MA”).

3 Resultados e Discussões

Com o auxílio da ferramenta Fuzzy Logic Toolbox do software Matlab foi possível criar um sistema baseado em lógica *fuzzy* computacionalmente. A ideia é variar as entradas e obter os valores relativos via lógica *fuzzy*.

Considerando o tratamento 1 (C/G) e a profundidade 1 (0,0 0,1 m) utilizando o modelo aqui criado, temos como solução, macro = 0,144 (MA), micro = 0,31 (A) e densidade = 1,79 (MA), conforme a fig. 4(a), (b) e (c) a qual apresenta o gráfico de superfície para as três saídas. Da fig. 4 pode-se observar que para a PF-1, a maioria dos tratamentos apresentam maiores valores de macroporosidade. Já para a densidade do solo, para os tratamentos 5, 6 e 7, em maiores profundidades, a densidade do solo ficou elevada, o que é esperado, quanto menor a macroporosidade, maior é a densidade.

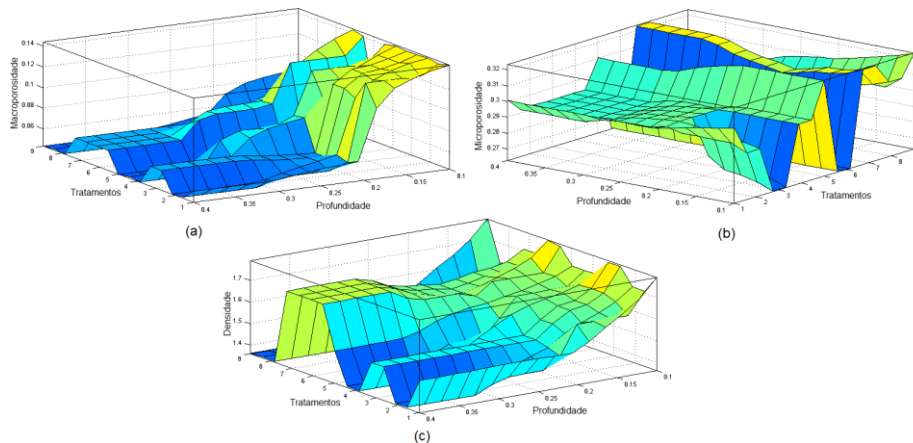


Fig 4: Gráfico de superfície, (a) macroporosidade, (b) microporosidade, (c) densidade, ambas em função de todos os dados de entrada (tratamento e profundidade)

4 Conclusões

Este trabalho apresentou um sistema baseado em regras *fuzzy* para análise de solos degradados. O sistema apresentou duas entradas, tratamentos e profundidades e três variáveis de saída, representadas pelos atributos físicos do solo, macroporosidade, microporosidade e densidade do solo. Todas as regras foram criadas com o auxílio de um especialista. Dos resultados, pode-se dizer que a metodologia conseguiu mostrar toda a trajetória de soluções de cada atributo físico analisado em função dos dados de entrada.

References

1. Castro, M. M. T.; Alves, M. C.; Nascimento, V. Castro, M.T.T. Revegetation on a Removed Topsoil: Effect on Aggregate Stability. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 40, p. 771-786, (2009).
2. Askari, M. S.; Holden, N. Indices for quantitative evaluation of soil quality under grassland management. *Geoderma*, 230-231, 131-142, (2014).
3. Wang, X.; Cammeraat, E. L. H.; Cerli, C.; Kalbitz, K. Soil aggregation and stabilization of organic carbono as affected by erosion and deposition. *Soil Biology & Biochemistry*, 72, 55-65. (2014).
4. Teixeira Filho, M.C.M.; Buzetti, S.; Andreotti, M.; Benett, C. G. S.; Arf, O. & Sá, M. E. Wheat Nitrogen Fertilization Under no Till on the Low Altitude Brazilian Cerrado, *Journal of Plant Nutrition*, 37(11), 1732-1748. (2014).
5. Bonini, C. S. B.; Suzuki, L.G.A.S.; Alves, M. C.; Suzuki, L. E. A. S. Green manure and sewage sludge used to recover the fertility of a degraded Oxisol. *International Journal of Sciences*, 2, 49-57. (2013).
6. Zadeh L. A. Fuzzy sets. *Information and Control*, v.8, p.338- 353. (1965).
7. Zhu A. X., Yang L., Li B., Qin C., Pei T., Liu B. Construction of membership functions for predictive soil mapping under fuzzy logic. *Geoderma*, 155, 164–174. (2010).
8. Beucher A., Fröjdö S, Österholm P., Martinkauppi A., Edén P. Fuzzy logic for acid sulfate soil mapping: Application to the southern part of the Finnish coastal areas. *Geoderma*, 226–227, 21–30. (2014).
9. Zorluer I., Içaga Y, Yurtcu S., Tosun H. Application of a fuzzy rule-based method for the determination of clay dispersibility. *Geoderma*, 160, 189–196. (2010).
10. Mathworks. Disponível em: < <http://www.mathworks.com>>. Acesso em: 05 maio (2014).
11. Gabriel Filho, L. R. A; Cremasco, C.P.; Putti, F.F.; Chacur, M. G. M. Application of fuzzy logic for the evaluation of livestock slaughtering. *Engenharia Agrícola*, v.31, n.4 p.813-825, (2011).