

# Um estudo de locais para a perfuração de poços artesianos usando dados geofísicos-uma abordagem fuzzy

Vinícius Francisco Wasques, Renata Zotin Gomes de Oliveira e Andresa Oliva

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”-IGCE,  
13506-900, Rio Claro, Brasil  
vwasques@outlook.com,  
rzotin@rc.unesp.br,  
aoliva@rc.unesp.br

**Resumo** Utilizando informações geofísicas obtidas em Oliva (2006) para o estudo de locais da região de Rio Claro (São Paulo - Brasil) que são mais propícios para se perfurar poços, com boas vazões, apresentamos um modelo onde as variáveis principais na descrição do problema (espessura e resistividade do solo e resistência transversal) são modeladas por conjuntos fuzzy, em função de classificações linguísticas que em geral são utilizadas para descrevê-las. Tem-se por objetivo auxiliar os geólogos no processo de tomada de decisão.

**Palavras-chave:** Teoria de conjuntos fuzzy, Sistema baseado em regras fuzzy, Geofísica.

## 1 Introdução

A teoria conjuntista fuzzy é uma extensão da teoria conjuntista clássica. Na teoria clássica, tudo se resume a verdadeiro ou falso, o que não ocorre em situações cotidianas quando, por exemplo, utilizamos os termos linguísticos “em torno de” ou “próximo de”.

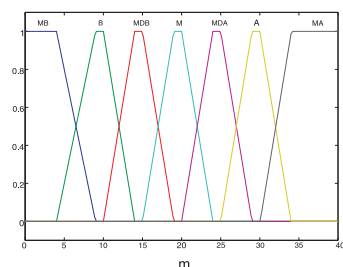
Neste trabalho essa teoria foi utilizada para tratar de incertezas presentes em variáveis de um problema de recurso hídrico no estado de São Paulo - Brasil. A utilização de sistemas baseados em regras fuzzy no tratamento de problemas ambientais vem crescendo bastante pois permite tratar incertezas presentes nos fenômenos de uma maneira mais realista.

Em [2] foi realizado um levantamento geofísico na região de Rio Claro (São Paulo - Brasil) com o objetivo de identificar se um local é adequado para perfuração de poços artesianos com boas vazões. Os parâmetros espessura e resistividade do solo foram medidos pois permitem calcular a resistência transversal que, na literatura, é obtida através do produto entre os dois parâmetros medidos e, quanto mais alto for o valor deste parâmetro, melhores são as chances de se obter poços com boas vazões. Motivados pelos termos linguísticos “altos”, “baixos” e até por subdivisões do parâmetro resistividade presentes no texto [2], apresentamos uma proposta de modelagem para o fenômeno em questão, utilizando, controladores fuzzy (consulte [1] [3]). Temos por objetivo auxiliar os geólogos no processo de tomada de decisão por locais para perfuração de poços com boas vazões.

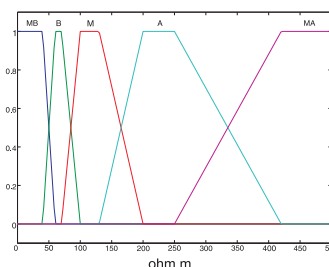
## 2 Modelo Fuzzy

Nos estudos realizados em [2] observou-se uma variação de 2,01 m a 36,29 m para a espessura do solo e a resistividade obtida foi de no máximo 500 ohm.m, considerando a zona saturada do aquífero, ou seja, abaixo do nível da água subterrânea. Em [4] propomos um modelo baseado em regras fuzzy cujas entradas do sistema são os parâmetros *espessura* (ESP) e *resistividade*

(RES). Para a variável ESP foram atribuídas 7 classificações linguísticas enquanto que para a variável RES foram atribuídas 5 classificações linguísticas. Para essas classificações das entradas ESP e RES foram construídas em conjunto com especialista da área, as funções de pertinência que podem ser vistas nas figuras (a) e (b) a seguir.



(a) Funções de pertinência dos conjuntos fuzzy assumidos por ESP.



(b) Funções de pertinência dos conjuntos fuzzy assumidos por RES.

Como o parâmetro *resistência transversal* (RTF) auxilia diretamente na escolha desses locais, tomamos essa variável como saída do sistema fuzzy proposto, ao qual foram atribuídas 3 classificações linguísticas, “baixa” (B), “média”(M) e “alta”(A), onde cada uma deve ser entendida, no processo de decisão, da seguinte forma:

1. Se a saída for baixa então as condições para se perfurar um poço com uma vazão satisfatória não são boas.
2. Se a saída for média então as condições para se perfurar um poço com uma vazão satisfatória, não são das melhores e talvez caiba uma outra análise.
3. Se a saída for alta então as condições para se perfurar um poço com uma vazão satisfatória são boas.

As funções de pertinência de RTF estão representadas na Figura 1

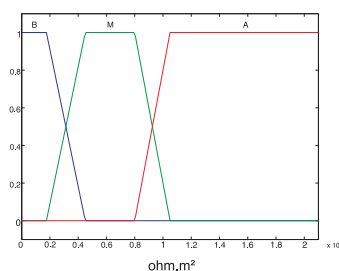


Figura 1: Funções de pertinência dos conjuntos fuzzy assumidos por RTF.

Como inferência fuzzy utilizamos o método de Mamdani e como método de defuzzificação, utilizamos o centróide. Utilizamos também uma base de regras composta por 35 regras, que foram elaboradas juntamente com a especialista da área de geofísica e podem ser vistas na Tabela 1.

Tabela 1: Base de Regras

$ESP/RES$	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Muito Baixa	B	B	B	B	B
Baixa	B	B	B	B	M
Média Baixa	B	B	B	B	M
Média	B	B	B	M	M
Média Alta	B	B	B	M	A
Alta	B	B	B	M	A
Muito Alta	B	B	M	M	A

### 3 Análise de dados

Para analisarmos o sistema fuzzy proposto, consideramos 123 dados referentes à Sondagem Elétrica Vertical (SEV) realizada para a medição dos valores da espessura e resistividade em diferentes locais, e que são identificados por Sev-1, Sev-2,..., Sev-123.

As classificações para a resistência transversal utilizadas pelos geólogos são dadas de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2: Classificação da resistência transversal ( $ohm.m^2$ ).

$(170, 3500)$	Baixa (B)
$[3500, 9200)$	Média (M)
$\geq 9200$	Alta (A)

Por outro lado, propomos que as classificações para RTF sejam dadas através da associação do maior grau de pertinência da saída com os conjuntos fuzzy Baixa, Média e Alta. Por exemplo, o valor da resistência transversal na Sev-23 é classificado como Baixa, uma vez que  $\varphi_B(2420) = 0,76 > 0,24 = \varphi_M(2420)$ .

Dos 123 dados, obtivemos que os valores de RTF e os obtidos pelo levantamento geofísico se encontram na mesma “faixa” de classificação em 111 deles, isto é, aproximadamente 90% dos dados obtidos através do sistema fuzzy coincidiram com os obtidos pelos geólogos.

### 4 Conclusão

A tomada de decisão para se perfurar um poço através dos dados geofísicos é feita pontualmente e os locais são escolhidos baseados nas regiões que apresentam os maiores valores de resistência transversal. Sendo assim, a escolha da perfuração de um poço se torna um meio de certa forma subjetiva. Através de sistemas baseados em regras fuzzy apresentamos um modelo que pode auxiliar a tomada de decisão de uma forma mais precisa. Com o auxílio de especialistas da área foram elaboradas as 35 regras, assim como as classificações das variáveis de entrada e saída do sistema.

Utilizando o software MATLAB, pudemos comprovar que o modelo fuzzy pode auxiliar na escolha de locais mais propícios para perfurar poços com boa vazão. Outros dados ainda estão sendo analisados de modo a melhorar o sistema fuzzy proposto.

## Referências

1. Barros, L.C., Bassanezi, R.C.: “Tópicos de lógica Fuzzy e Biomatemática”, IMECC-UNICAMP, Campinas, 2010.
2. Oliva, A.: “Estudo Hidrofaciológico do Aquífero Rio Claro no Município de Rio Claro - SP”, Tese de Doutorado, IGCE-UNESP, 2006.
3. Pedrycz, W., Gomide, F.: “Fuzzy Systems Engineering: Toward Human - Centric Computing”, Wiley-IEEE Press, 2007.
4. Wasques, V.F.: “Lógica Fuzzy Aplicada à Geologia”, Dissertação de Mestrado, IGCE-UNESP, 2015.