
Enfoque sistêmico na agricultura

Fundamentos Estatísticos

Benedito Silva Neto

Disciplina Enfoque sistêmico na agricultura

Curso de Agronomia – Linha de Formação em Agroecologia

Universidade Federal da Fronteira Sul – campus Cerro Largo

Introdução

- Necessidade de considerar explicitamente a **incerteza forte** no enfoque sistêmico
 - Tipo de inferência
 - Certeza: inferência dedutiva
 - Incerteza fraca: inferência indutiva
 - ***Incerteza forte: inferência abdutiva***
 - Fundamentos estatísticos
 - Possíveis para as inferências abdutivas?
 - Insuficiência da abordagem baseada em Probabilidade (incerteza fraca)
 - Outras abordagens?
-

Caracterização estatística de sistemas complexos

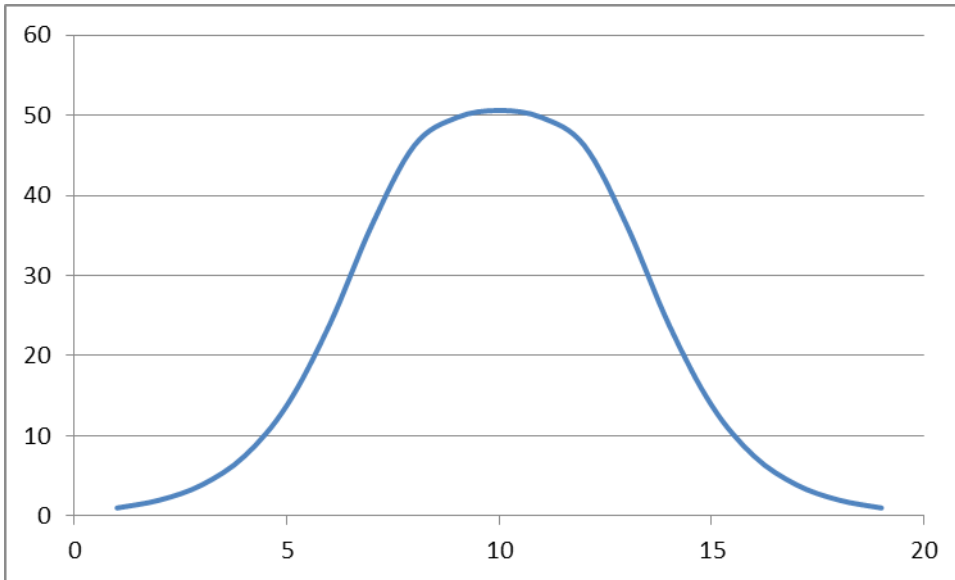
■ Sistemas simples

- Tendência central: média e desvio padrão
- Distribuição normal (Teorema do limite central): grande número de componentes, relações lineares, retroalimentação negativa (amortecimento)

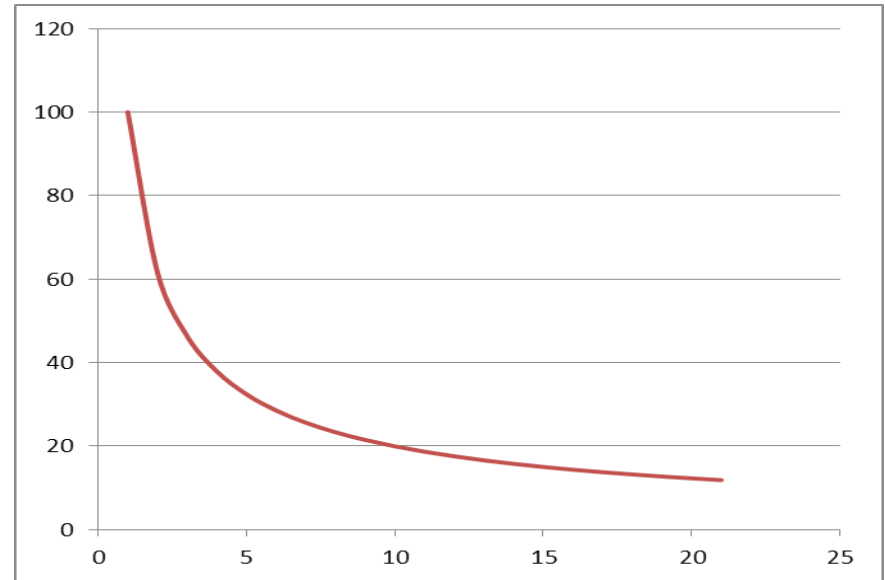
■ Sistemas complexos

- Medidas de tendência central? Média? Desvio padrão?
 - Distribuição da potência: relações não lineares, retroalimentação positiva
-

Distribuições estatísticas



Distribuição normal
(sistemas simples)



Distribuição da potência
(sistemas complexos)

Estratégias para o estudo de sistemas complexos

- Fundamentação estatística
 1. Inferências quantitativas?
 2. Diminuição progressiva da incerteza
 - Teoria?
 - Conceitos?
 - Princípios metodológicos?
 - Procedimentos?
 - Nesta disciplina utilizaremos a segunda estratégia
-

A Teoria da Evidência de Dempster-Shafer (TE)

- Mais abrangente que a Teoria da Probabilidade (TP):
 - TP: eventos singulares com probabilidades aditivas e distribuição matemática definida => incerteza aleatória (apenas)
 - TE: conjuntos com funções não aditivas e distribuição matemática desconhecida => incerteza epistêmica (inclusive)
 - TP é um caso particular da TE (como será visto adiante)
 - Dificuldade de formalização (quantitativa) dos procedimentos da TE
 - *Conceitos estatísticos da TE podem justificar procedimentos que contradizem os princípios metodológicos da TP*
 - *Procedimento descendente*
 - *Hipóteses não previstas ...*

Teoria da Evidência de Dempster-Shafer: principais funções

- Alocação de massa (m):
 - conjunto de proposições relacionadas a um conjunto de hipóteses
 - Credibilidade (Bel):
 - subconjunto de proposições que suportam um conjunto de hipóteses
 - Plausibilidade (Pl):
 - subconjunto de proposições que não contradizem um conjunto de hipóteses
 - Incerteza epistêmica (Ignorância I): $I = Pl - Bel$
-

Teoria da Evidência de Dempster-Shafer: descrição formal das principais funções

- Função de alocação de massa $m(A)$:

$$m : P(X) \rightarrow [0,1]$$

$$m(\emptyset) = 0$$

$$\sum_{A \in P(X)} m(A) = 1$$

- Função de credibilidade $Bel(A)$:

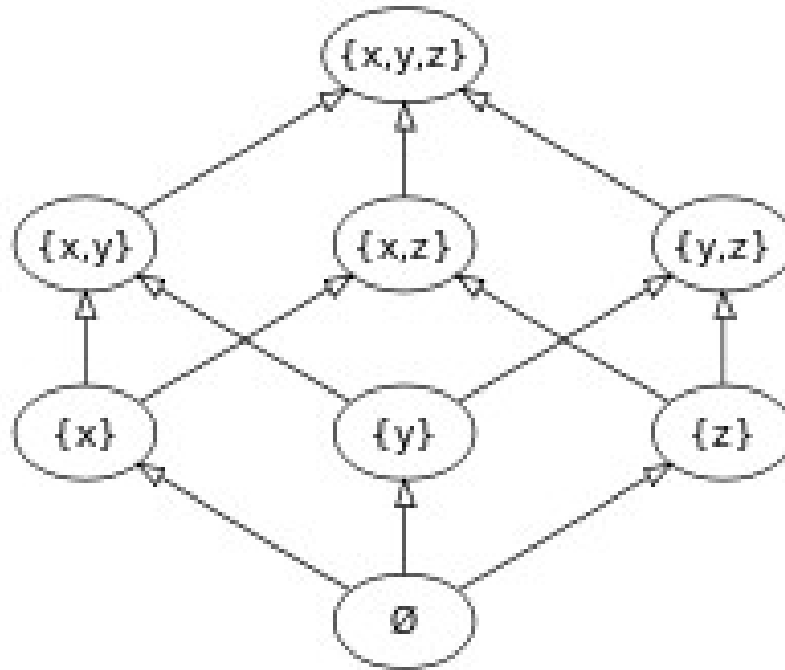
$$Bel(A) = \sum_{B|B \subseteq A} m(B)$$

- Função de plausibilidade $Pl(A)$:

$$Pl(A) = \sum_{B|B \cap A \neq \emptyset} m(B)$$

Função de alocação de massa: subconjuntos de um conjunto de partes

- Um “conjunto de partes” A com n elementos singulares possui 2^n subconjuntos. Por exemplo, dados 3 elementos singulares, temos 8 subconjuntos possíveis, como mostrado abaixo.



Teoria da Probabilidade como um caso particular da Teoria da Evidência

- Teoria da Evidência: elementos a serem conhecidos são conjuntos, sobre os quais se admite certa ignorância (incerteza devido à falta de conhecimento, inclusive sobre quais são os subconjuntos ou elementos singulares).
- Teoria da Probabilidade: elementos a serem conhecidos são singulares, sobre os quais, a priori, não há ignorância (apenas incerteza de qual elemento vai ocorrer).
- TE → TP: Credibilidade = Plausibilidade, o que implica em,
$$Pl(A) - Bel(A) = I(A) = 0$$

TP x TE em uma aplicação simples

- Expressão da ignorância total em termos estatísticos
 - TP: $P(1) = 50\%$; $P(0) = 50\% \Rightarrow I = 0\%$
 - Não há ignorância (porque está não é prevista na TP)
 - Com o aumento de evidências as probabilidades se alteram
 - TE: $PI = 100\%$; $Bel = 0\% \Rightarrow I = PI - Bel \Rightarrow I = 100\%$
 - Não há evidências contrárias e nem evidências a favor
 - Como o acúmulo de evidências a ignorância diminuir até um nível considerado suficiente (mas dificilmente chegar a zero)

✓ *Exemplos...*

Quadros de Discernimento e Hipóteses Imprevistas

- Os conjuntos de partes na TE podem ser transformados em “quadros de discernimento”, definidos por subconjuntos de “granulação” variável e não a partir elementos singulares como na TP.
- O refinamento sucessivo dos quadros de discernimento permite o tratamento de “hipóteses não previstas”, que não eram evidentes em subconjuntos maiores.
- *Tais conceitos permitem a análise da agricultura como um processo histórico, complexo e evolutivo (propriedades emergentes, organização, inovações...)*

Considerações Finais

- Estudos em condições não controladas
 - Flexibilidade do quadro de discernimento
 - Consideração de hipóteses não previstas
 - Princípios metodológicos e procedimentos
 - Compatíveis com os princípios de uma análise estatística rigorosa.
 - Compatível com a complexidade do desenvolvimento da agricultura (contexto histórico e geográfico...).
-

Referência

- SILVA NETO, B. Fundamentos estatísticos da análise-diagnóstico de sistemas agrários: uma interpretação baseada na teoria da evidência de Dempster-Shafer. *Desenvolvimento em Questão*, v. 6, n. 12, p. 121-148, 2008.
-