



### Estatística Aplicada a Dados Ambientais: Influência da Qualidade d'água da Sub-Bacia do Lajeado dos Fragosos sobre a População de Borrachudos

Waldomiro Barioni Júnior<sup>1</sup>  
Arlei Coldebella<sup>2</sup>  
Doralice Pedroso-de-Paiva<sup>3</sup>

#### 1. Borrachudo

Borrachudo é o nome popular dos insetos do Gênero *Simulium* (Familia Simuliidae) (Fig. 1), de tamanho minúsculo (1 a 4mm). As fêmeas alimentam-se de sangue de humanos e de animais e as formas imaturas (ovo, larva e pupa) desenvolvem-se em águas correntes e encachoeiradas, com as larvas nutrindo-se de detritos orgânicos (as pupas não se alimentam).

Em diversas regiões do Brasil, nas últimas décadas, foram realizados estudos sobre os diferentes aspectos da biologia e comportamento desses insetos, limitando-se mais às características de reprodução e hábitos alimentares dos adultos (Andrade, 1989; Ladle, 1972; Moreira *et al.*, 1994; Pegoraro, 1987; Pegoraro & Stuker, 1993). Desta forma, buscou-se avaliar a influência dos níveis de nutrientes na água sobre o desenvolvimento da população de larvas do inseto, visando buscar alternativas de controle.



**Fig. 1.** *Simulium* sp., adulto.  
(Foto: Doralice Pedroso-de-Paiva.)

<sup>1</sup> Estatístico M. Sc. Embrapa Suínos e Aves.

<sup>2</sup> Méd. Vet., D. Sc. Embrapa Suínos e Aves.

<sup>3</sup> Méd. Vet., Ph. D. Embrapa Suínos e Aves.

## 2. Estatística

A aplicação da estatística está presente em quase todas as áreas do conhecimento, auxiliando no planejamento, análise e interpretação de dados, melhorando a qualidade dos resultados e ajudando na tomada de decisão.

Os dados de variáveis observadas em pesquisa observacional de meio ambiente geralmente trazem grande variabilidade. A instabilidade nos dados é uma resposta esperada pelo pesquisador e o mesmo quer uma solução estatística que contemple e mantenha a natureza instável dos dados, sem interferência, porque desta forma ele pode fazer inferências e validar o fenômeno com mais segurança.

Para a análise dos dados a estatística dispõe de vários métodos. Se uma pesquisa como essa for analisada considerando a metodologia clássica, a dispersão dos dados será um problema, devido às suposições que devem ser satisfeitas. Por outro lado, poderia se pensar em transformação de dados, em retirar dados supostamente discrepantes (“*outliers*”) na visão do estatístico. Contudo, essas análises não satisfazem ao pesquisador.

Uma solução alternativa, mantendo a instabilidade dos dados, é o uso da técnica de análise de correspondência, categorizando todas as variáveis quantitativas. A categorização,

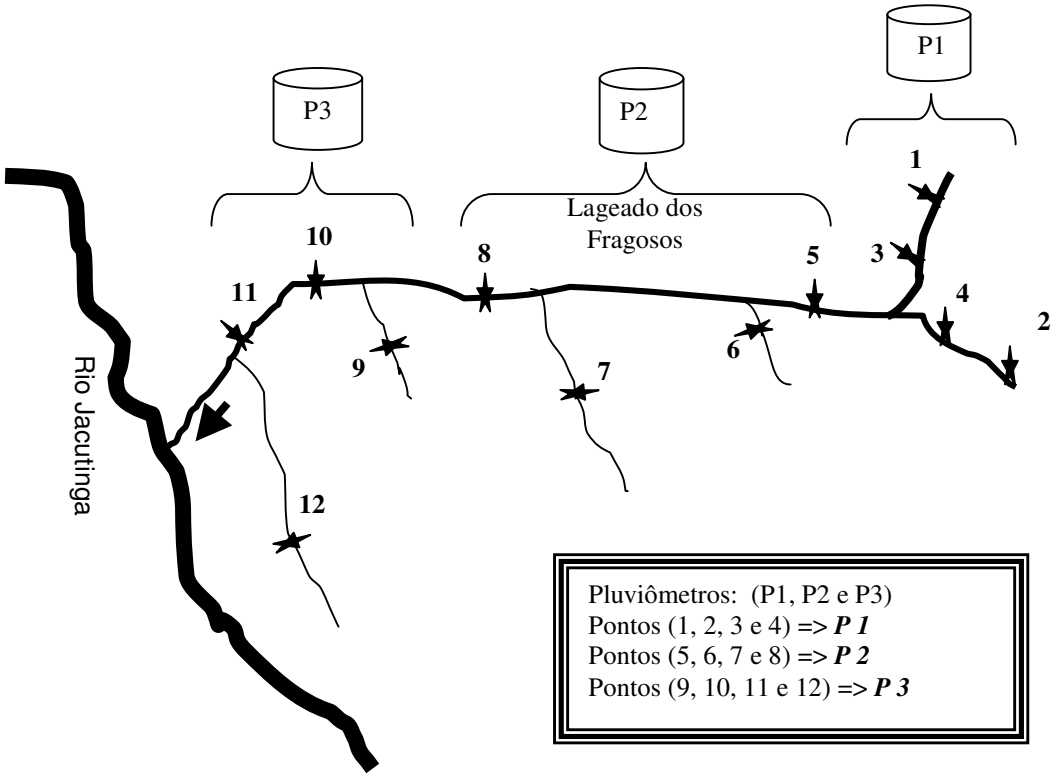
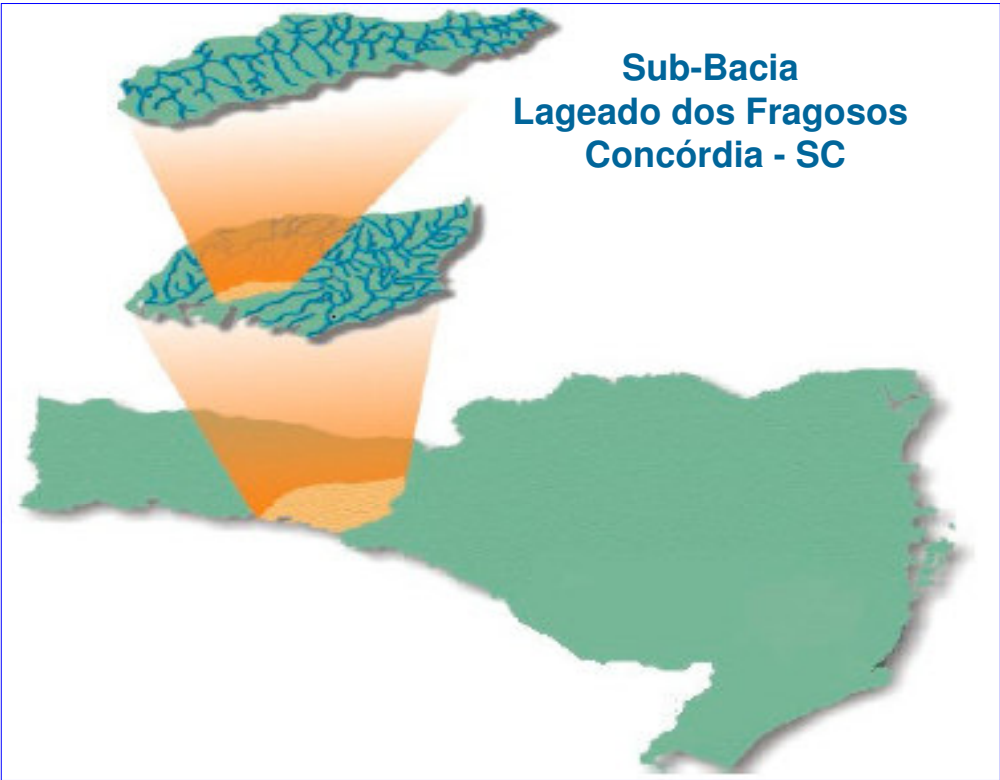
apesar de limitar a precisão, melhora a significância.

A análise de correspondência é uma técnica multivariada para se examinar as relações geométricas do cruzamento, ou contingenciamento, de variáveis categóricas (Pereira, 2001), representando graficamente essa estrutura e produzindo estatísticas complementares de controle (não havendo necessidade de assumir modelos e nem distribuições fundamentais) (Coldebella, 2000).

O objetivo do presente trabalho foi buscar uma técnica estatística que permita interpretar um problema de meio ambiente, convivendo com a instabilidade biológica dos dados.

## 3. Desenvolvimento

Para o estudo foram utilizados os dados de Pedroso-de-Paiva et al. (2000), cuja análise descritiva é apresentada na Tabela 1, onde os pesquisadores avaliaram o efeito da poluição por despejo orgânico sobre a população de imaturos de simúlideos (borrachudos). A pesquisa foi realizada na sub-bacia do Lajeado dos Fragosos, município de Concórdia-SC, observando-se, quinzenalmente, 12 pontos dessa sub-bacia (contudo, o ponto 7 foi descartado pelo pesquisador por motivos técnicos) (Fig. 2), no período de abril a novembro de 1999. Foram observadas variáveis físico-químicas, biológicas e ambientais (Tabela 1).



**Fig. 2.** Diagrama esquemático da sub-bacia do Lajeado dos Fragosos.

**Tabela 1.** Análise descritiva das 157 observações das variáveis avaliadas na sub-bacia do Lajeado dos Fragosos, Concórdia – SC.

| VARIÁVEIS EXPLICATIVAS                           | MÉDIA±DP <sup>1</sup> | C.V. (%) <sup>2</sup> |
|--|-----------------------|-----------------------|
| 1. pH  | 6,78± 0,54            | 7,97                  |
| 2. Demanda Química de Oxigênio (DQO)             | 12,04±11,00           | 91,43                 |
| 3. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)          | 4,65±8,98             | 193,23                |
| 4. Turbidez (TURB)                               | 17,15±39,67           | 231,32                |
| 5. Fósforo Total (P)                             | 1,02±1,67             | 162,51                |
| 6. Nitrato (NO)                                  | 14,99±13,74           | 91,67                 |
| 7. Sólidos Totais (ST)                           | 149,39±68,63          | 45,94                 |
| 8. Sólidos Fixos                                 | 93,38±62,39           | 66,82                 |
| 9. Sólidos Voláteis                              | 55,62±32,85           | 59,05                 |
| 10. Coliformes Totais (COLIF)                    | 201,03±623,98         | 310,39                |
| 11. <i>Escherichia coli</i> (ECOLI)              | 105,76±406,73         | 384,56                |
| 12. Temperatura do Ar                            | 16,25±4,22            | 25,99                 |
| 13. Temperatura da Água                          | 15,68±2,57            | 16,38                 |
| 14. Profundidade do Substrato de Fixação (PROF)  | 3,85±6,37             | 165,48                |
| 15. Vazão  | 308,34±639,59         | 207,43                |
| 16. Precipitação                                 | 75,49±65,11           | 86,25                 |
| VARIÁVEIS RESPOSTA                               | MÉDIA±DP <sup>1</sup> | C.V. (%) <sup>2</sup> |
| 1. N.º de Larvas Grandes de Simulídeos (LARVA)   | 31,29±65,53           | 209,42                |
| 2. População Total de Imaturos Simulídeos (SIMU) | 165,38±269,96         | 163,23                |

<sup>1</sup> DP: Desvio Padrão da Média; <sup>2</sup> C.V. (%): Coeficiente de Variação

Observa-se que os coeficientes de variação ficaram entre 7,97 e 384,56%, sendo que variáveis com valores acima de 100% são muito instáveis (Sampaio, 1998), o que é biologicamente aceitável, ocorrendo, inclusive, com as variáveis resposta (número de larvas grandes (LARVA) e população total de imaturos de simulídeos (SIMU)).

Isso dificultou a análise dos dados através de modelos paramétricos, incluindo os modelos

lineares generalizados e, então, optou-se por analisar o conjunto de dados utilizando a técnica da análise de correspondência múltipla. Para tal, as variáveis foram categorizadas em 4 classes, usando como limites de classe o 1.º quartil, a mediana e o 3.º quartil, conforme sugerido por Crivisqui (1993). Para esse trabalho a categorização é apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2.** Descrição das variáveis categorizadas.

| VARIÁVEIS                         | SIGLA | CLASSES  | FREQ.                | %                            | $\chi^2$               |
|-----------------------------------|-------|--|----------------------|------------------------------|------------------------|
| <b>A) EXPLICATIVAS</b>            |       |  |                      |                              |                        |
| 1) pH                             | pH    | 1: pH ≤ 6,7<br>2: 6,7 < pH ≤ 6,9<br>3: 6,9 < pH ≤ 7,0<br>4: pH > 7,0           | 44<br>49<br>21<br>43 | 28,0<br>31,2<br>13,4<br>27,4 | 1*: 0,089<br>2*: 0,069 |
| 2) Demanda Química de Oxigênio    | DQO   | 1: DQO ≤ 6,0<br>2: 6,0 < DQO ≤ 10,3<br>3: 10,3 < DQO ≤ 15,1<br>4: DQO > 15,1   | 40<br>41<br>37<br>39 | 25,5<br>26,1<br>23,6<br>24,8 | 1: 0,123<br>2: 0,084   |
| 3) Demanda Bioquímica de Oxigênio | DBO   | 1: DBO ≤ 1,0<br>2: 1,0 < DBO ≤ 2,0<br>3: 2,0 < DBO ≤ 5,0<br>4: DBO > 5,0       | 49<br>33<br>44<br>31 | 31,2<br>21,0<br>28,0<br>19,7 | 1: 0,032<br>2: 0,020   |
| 4) Turbidez                       | TURB  | 1: TURB ≤ 3,3<br>2: 3,3 < TURB ≤ 7,2<br>3: 7,2 < TURB ≤ 13,0<br>4: TURB > 13,0 | 40<br>38<br>40<br>39 | 25,5<br>24,2<br>25,5<br>24,8 | 1: 0,504<br>2: 0,106   |
| 5) Fósforo Total                  | P     | 1: P ≤ 0,3<br>2: 0,3 < P ≤ 0,6<br>3: 0,6 < P ≤ 1,0<br>4: P > 1,0               | 47<br>44<br>27<br>39 | 29,9<br>28,0<br>17,2<br>24,8 | 1: 0,058<br>2: 0,009   |
| 6) Nitrato                        | NO    | 1: NO ≤ 6,6<br>2: 6,6 < NO ≤ 13,2<br>3: 13,2 < NO ≤ 20,7<br>4: NO > 20,7       | 42<br>37<br>40<br>38 | 26,8<br>23,6<br>25,5<br>24,2 | 1: 0,001<br>2: 0,001   |
| 7) Sólidos Totais                 | ST    | 1: ST ≤ 103<br>2: 103 < ST ≤ 141<br>3: 141 < ST ≤ 185<br>4: ST > 185           | 40<br>40<br>39<br>38 | 25,5<br>25,5<br>24,8<br>24,2 | 1: 0,185<br>2: 0,018   |
| 8) Sólidos Fixos                  | SF    | 1: SF ≤ 47<br>2: 47 < SF ≤ 82<br>3: 82 < SF ≤ 129<br>4: SF > 129               | 40<br>39<br>39<br>39 | 25,5<br>24,8<br>24,8<br>24,8 | 1: 0,478<br>2: 0,421   |
| 9) Sólidos Voláteis               | SV    | 1: SV ≤ 30<br>2: 30 < SV ≤ 53<br>3: 53 < SV ≤ 77<br>4: SV > 77                 | 40<br>40<br>38<br>39 | 25,5<br>25,5<br>24,2<br>24,8 | 1: 0,215<br>2: 0,708   |
| 10) Coliformes Totais             | COLIF | 1: COLIF ≤ 23<br>2: 23 < COLIF ≤ 50<br>3: 50 < COLIF ≤ 140<br>4: COLIF > 140   | 40<br>42<br>36<br>39 | 25,5<br>26,8<br>22,9<br>24,8 | 1: 0,001<br>2: 0,001   |
| 11) <i>Escherichia coli</i>       | ECOLI | 1: ECOLI ≤ 1<br>2: 1 < ECOLI ≤ 8<br>3: 8 < ECOLI ≤ 66<br>4: ECOLI > 66         | 52<br>28<br>38<br>39 | 33,1<br>17,8<br>24,2<br>24,8 | 1: 0,001<br>2: 0,001   |
| 12) Temperatura do Ar (°C)        | T_AR  | 1: T_AR ≤ 14<br>2: 14 < T_AR ≤ 16<br>3: 16 < T_AR ≤ 18,5<br>4: T_AR > 18,5     | 47<br>35<br>39<br>36 | 29,9<br>22,3<br>24,8<br>22,9 | 1: 0,537<br>2: 0,010   |
| 13) Temperatura da Água (°C)      | T_H2O | 1: T_H2O ≤ 14<br>2: 14 < T_H2O ≤ 16<br>3: 16 < T_H2O ≤ 17<br>4: T_H2O > 17     | 48<br>35<br>38<br>36 | 30,6<br>22,3<br>24,2<br>22,9 | 1: 0,778<br>2: 0,708   |

Valor do  $\chi^2$  para: 1\* = N.º de Larvas grandes de Simulídeos; 2\* = População total de imaturos de Simulídeos

(continuação).

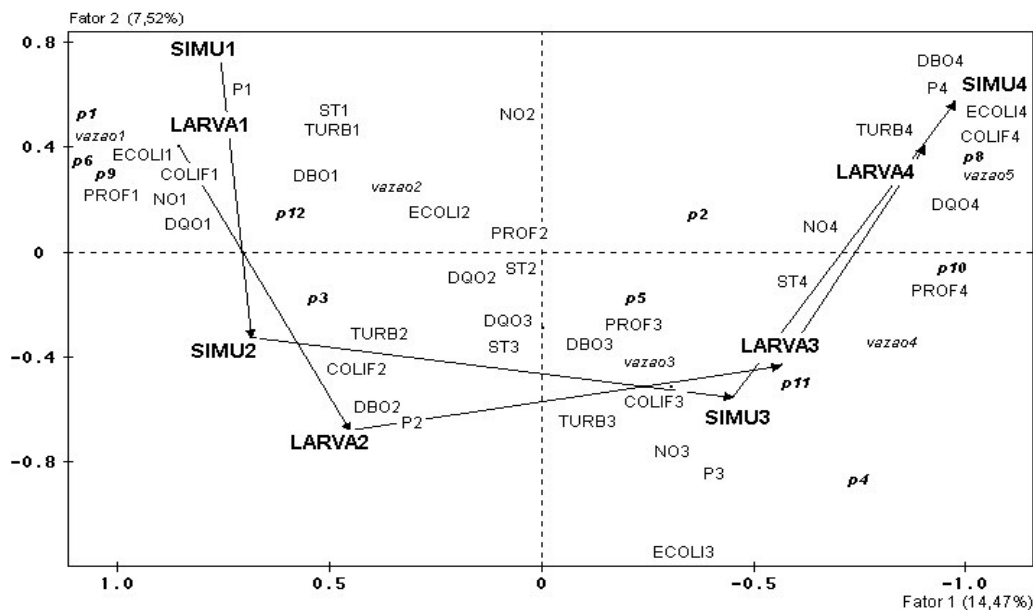
| VARIÁVEIS   | SIGLA  | CLASSES                      | FREQ. | %    | $\chi^2$ |
|---|--------|------------------------------|-------|------|----------|
| <b>A) EXPLICATIVAS</b>                              |        |                              |       |      |          |
| 14) Profundidade Média do Substrato de Fixação (cm) | PROF   | 1: PROF $\leq$ 1,0           | 40    | 25,5 | 1: 0,001 |
|   |        | 2: 1,0 < PROF $\leq$ 2,1     | 44    | 28,0 |          |
|   |        | 3: 2,1 < PROF $\leq$ 3,8     | 32    | 20,4 | 2: 0,001 |
|   |        | 4: PROF > 3,8                | 41    | 26,1 |          |
| 15) Precipitação (mm)                               | PRECIP | 1: PRECIP $\leq$ 29          | 40    | 25,5 | 1: 0,994 |
|   |        | 2: 29 < PRECIP $\leq$ 63     | 41    | 26,1 |          |
|   |        | 3: 63 < PRECIP $\leq$ 100    | 39    | 24,8 | 2: 0,910 |
|   |        | 4: PRECIP > 100              | 37    | 23,6 |          |
| <b>B) RESPOSTA</b>                                  |        |                              |       |      |          |
| 1) N.º de Larvas Grandes de Simulídeos              | LARVA  | 1: LARVA = 0                 | 51    | 32,5 |          |
|   |        | 2: 0 < LARVA $\leq$ 4        | 29    | 18,5 |          |
|   |        | 3: 4 < LARVA $\leq$ 29       | 38    | 24,2 |          |
|   |        | 4: LARVA > 29                | 39    | 24,8 |          |
| 2) População Total de Imaturos de Simulídeos        | SIMU   | 1: SIMU = 0                  | 22    | 14,0 |          |
|   |        | 2: 0 < SIMU $\leq$ 21        | 57    | 36,3 |          |
|   |        | 3: 21 < SIMU $\leq$ 251      | 39    | 24,8 |          |
|   |        | 4: SIMU > 251                | 39    | 24,8 |          |
| <b>C) ILUSTRATIVAS</b>                              |        |                              |       |      |          |
| 1) PONTO  | P1     |                              | 15    | 9,6  |          |
|   | P2     |                              | 15    | 9,6  |          |
|   | P3     |                              | 15    | 9,6  |          |
|   | P4     |                              | 15    | 9,6  |          |
|   | P5     |                              | 15    | 9,6  |          |
|   | P6     |                              | 15    | 9,6  |          |
|   | P7**   |                              | -     | -    |          |
|   | P8     |                              | 15    | 9,6  |          |
|   | P9     |                              | 9     | 5,7  |          |
|   | P10    |                              | 15    | 9,6  |          |
|   | P11    |                              | 15    | 9,6  |          |
|   | P12    |                              | 13    | 8,3  |          |
| 2) Vazão  | VAZAO  | 1: vazao $\leq$ 1,7          | 35    | 22,3 |          |
|   |        | 2: 1,7 < vazao $\leq$ 16,1   | 36    | 22,9 |          |
|   |        | 3: 16,1 < vazao $\leq$ 278,7 | 35    | 22,3 |          |
|   |        | 4: vazao > 278,7             | 36    | 22,9 |          |
|   |        | 5: SEM LEITURA               | 15    | 9,6  |          |

Valor do  $\chi^2$  para: 1\* = N.º de Larvas grandes de Simulídeos; 2\* = População total de imaturos de Simulídeos

\*\*O ponto p7 foi excluído da análise por apresentar valores dos parâmetros de qualidade da água compatíveis com esgoto a céu aberto, descaracterizando-o como leito do rio.

Na técnica de análise de correspondência múltipla considerou-se os dados no formato da Tabela 2, tendo como variáveis resposta as classes da população total de imaturos (SIMU) e as do número de larvas grandes (LARVA), ao passo que as variáveis DQO, DBO, ST, NO, PROF, TURB, COLIF, ECOLI e P, foram eleitas como explicativas, por melhor se ajustarem ao mapa de perfis gerado pela análise (Fig. 3). Além

disso, a variável VAZÃO foi utilizada na análise como variável ilustrativa, ou suplementar, por não terem sido coletados dados desta no ponto 10 (dados representados no mapa da Fig. 3 como **vazao5**), enquanto a projeção dos 11 pontos de coleta no mapa (como variável ilustrativa), ajudou na validação do estudo.



**Fig. 3.** Mapa de perfis considerando os dois primeiros fatores da análise de correspondência múltipla, representando as categorias das variáveis resposta, explicativas ativas e ilustrativas.

A interpretação da Fig. 3 permite verificar que as variáveis resposta (SIMU e LARVA) estão associadas entre si, mostrando o efeito de Gutmann, ou de ferradura, onde a ausência de imaturos de borrachudos (SIMU1 e LARVA1) está representada no lado esquerdo do eixo horizontal e, se opondo, tem-se, do lado direito do mesmo eixo, as categorias de alta incidência do inseto (SIMU4 e LARVA4). Pode-se, dessa maneira, caracterizar esse eixo como a evolução da população de imaturos, ou seja, é possível visualizar a cinética da população saindo da região de ausência de imaturos (1), seguindo para baixa (2), média (3) e alta incidência (4), da esquerda para a direita do mapa.

A ausência de imaturos (SIMU1 e LARVA1) está associada com os níveis de baixa poluição, caracterizados pela classe 1 das variáveis DQO, DBO, NO, ST, P, COLIF e ECOLI (por exemplo DQO1 = baixa demanda química de oxigênio), ao passo que as incidências baixa, média e alta de imaturos correspondem às categorias das variáveis que caracterizam o aumento da poluição (classes 2, 3, e 4, nesta ordem).

Nota-se, também, que a categoria de baixa vazão (*vazao1*) têm uma correspondência com a ausência de larvas (SIMU1 e LARVA1) e a medida que a vazão aumenta há um favorecimento da presença de imaturos, o que é biologicamente explicado.

A validação do estudo, como dissemos anteriormente, foi realizada através da projeção dos 11 pontos estudados, como categorias ilustrativas, isto é, que não fazem parte do ajuste do mapa, não interferindo na análise. Verifica-se que os pontos controle, definidos a priori, pelo pesquisador, como pouco poluídos (**p1**, **p6**, **p9** e **p12**), estão localizados na região de baixa poluição e ausência de imaturos, enquanto os demais, igualmente definidos de antemão como contendo diferentes níveis de poluição, estão localizados nas regiões do mapa de perfis caracterizadas como poluídas e com presença de imaturos.

#### 4. Conclusão

A análise de correspondência mostrou-se uma ferramenta eficaz para a análise de dados instáveis, de natureza multidimensional, em estudos observacionais de meio ambiente.

## 5. Referências Bibliográficas

ANDRADE, C. F. S. **Ecologia de supressão da população de culicídeos e simuliídeos**. 1989. Tese (Doutorado) – Universidade de Campinas, Campinas.

COLDEBELLA, A. **Análise de correspondência na identificação de variáveis associadas com intervalo entre partos em bovinos leiteiros**. 2000. 104 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CRIVISQUI, E. M. **Analisis factorial de correspondencias un instrumento de investigacion en ciencias sociales**. Asunción: Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”, 1993.

LADLE, M. Larval simuliidae as detritus feeders in chalk streams. **Men. Ist. Ital. Idrobiol.**, v. 29, p.429-439, 1972. Suplemento.

MOREIRA, G.R.P.; PEGORARO, R.A.; SATO, G. Influência de fatores abióticos sobre o desenvolvimento de *Simulium nogueirai* D'Andretta & González em um córrego da Mata Atlântica. **Ann. Soc. Entomol. Brasil**, v. 23, n. 3, p. 525-542, 1994.

PEDROSO-DE-PAIVA, D.; BARIONI JÚNIOR, W.; COLDEBELLA, A. Identificação dos parâmetros de qualidade d'água e do meio ambiente associados à população de larvas de borrachudos (Diptera: Simuliidae). In: CONGRESO MERCOSUR DE PRODUCCIÓN PORCINA, 2000, Buenos Aires. **Memoria**. Buenos Aires: Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires, 2000. p. ETE3

PEGORARO, R. A. Longevidade de *Simulium (Chirostilbia) pertinax* Kollar, 1832 (DIPTERA. SIMULIIDAE) em ambiente controlado, com diferentes dietas. **Ann. Soc. Entomol. Brasil**, v. 16, n. 2, p. 315-324, 1987.

PEGORARO, R. A.; STUKER, H. Influência da temperatura no desenvolvimento de pupas e longevidade de *Simulium (Chirostilbia) pertinax* Kollar (Diptera:Simuliidae). **An. Soc. Entomol.**, v. 22, n. 3, p. 432-439, 1993.

PEREIRA, J.C.R. **Análise de dados qualitativos: estratégias metodológicas para as ciências da saúde, humanas e sociais**. 3. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. 156 p.

SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 1998. 221 p.

### Comunicado Técnico, 338

Ministério da Agricultura, Pecuária e Basteamento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Suínos e Aves  
Endereço: Br 153, Km 110,  
Vila Tamanduá, Caixa postal 21,  
89700-000, Concórdia, SC  
Fone: 49 4428555  
Fax: 49 4428559  
E-mail: sac@cnpssa.embrapa.br

1ª edição  
1ª impressão (2003): tiragem: 100

### Comitê de Publicações

**Presidente:** Paulo Roberto Souza da Silveira  
**Membros:** Paulo Antônio Rabenschlag de Brum, Janice Reis Ciacci Zanella, Gustavo J.M.M. de Lima, Julio Cesar P. Palhares, Cícero Juliano Monticelli.

### Revisores Técnicos

Airton Kunz, Cícero Juliano Monticelli.

### Expediente

**Supervisão editorial:** Tânia Maria Biavatti Celant.  
**Editoração eletrônica:** Simone Colombo.  
**Normalização bibliográfica:** Irene Z. P. Camera.  
**Foto Capa:** Doralice Pedroso-de-Paiva.



