

**MAE 0610**  
Análise de dados longitudinais  
*Lista #4*

Athos Damiani  
Daniel de Paula  
Fernanda Kmohan  
Leonardo de Faria  
Julio Trecenti

*Departamento de Estatística  
Instituto de Matemática e Estatística  
Universidade de São Paulo*

Maio de 2012

## Exercício

Reproduzam as análises de Singer and Cúri (2006) utilizando funções do pacote R. Entreguem os resultados e o código computacional comentado. Os dados estão disponíveis em

<http://www.ime.usp.br/~jmsinger/Dados/Singer&Curi2006.xls>

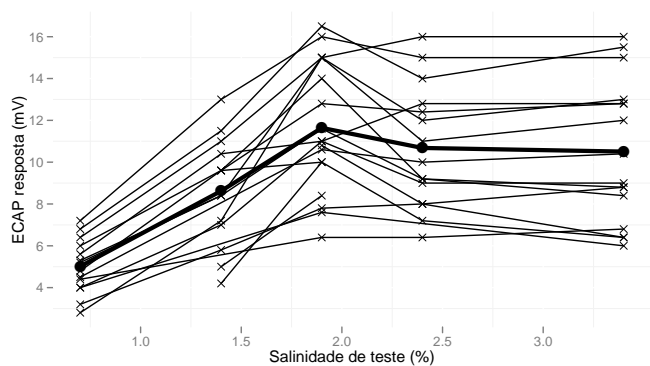
## Referência

Singer, J.M. and Cúri, M. (2006). Modelling regression and dispersion parameters in a complex repeated measures experiment. **Environmental and Ecological Statistics**, **13**, 53-68. doi: 10.1007/s10651-005-5690-2.

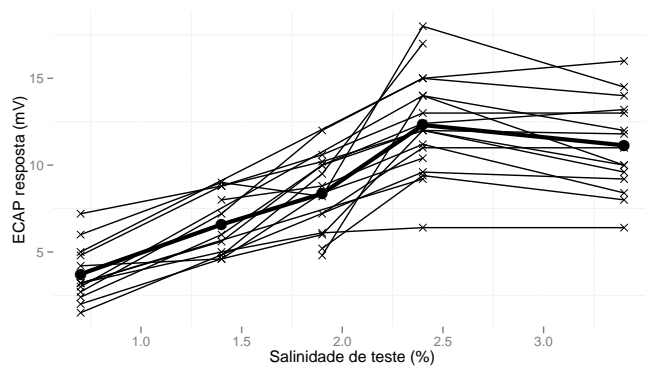
## Resolução

### Análise preliminar

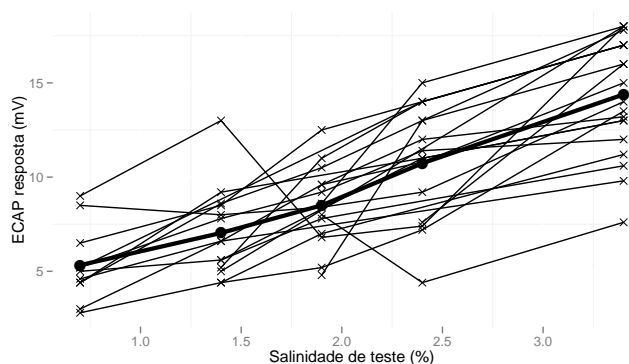
1) Evolução da medida *ECAP resposta* por salinidade de teste



(a) Grupo de salinidade basal 1,9%



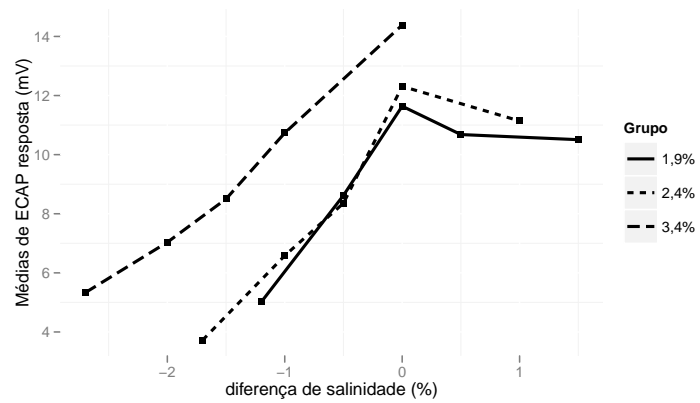
(b) Grupo de salinidade basal 2,4%



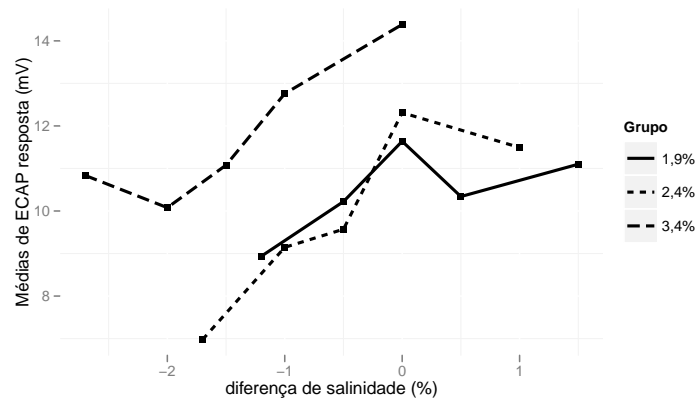
(c) Grupo de salinidade basal 3,4%

**Figura 1:** Coeficientes angulares ( $\pm$  erros padrões) do modelo de regressão linear simples relacionando as medidas ECAP resposta e controle.

**Figura 2:** Perfis médios da ECAP res-  
posta ao longo das diferenças de salini-  
dade

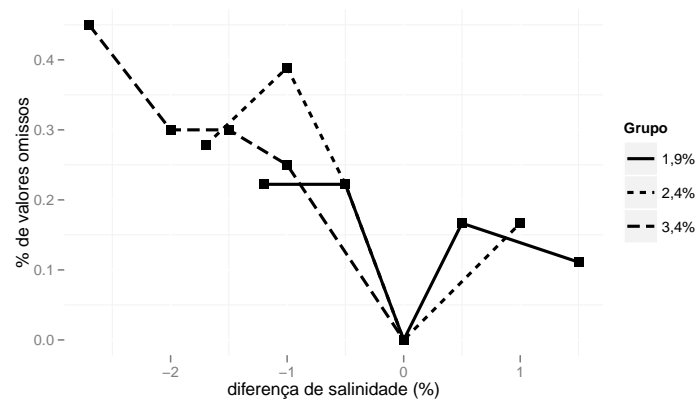


**Figura 3:** Perfis médios da ECAP con-  
trole ao longo das diferenças de salini-  
dade



## 2) Associação entre *ECAP resposta* e *ECAP controle*

**Figura 4:** Porcentagem de valores  
omissos ao longo das diferenças de sa-  
linidade



**Tabela 1:** Coeficientes angulares ( $\pm$   
erros padrões) do modelo de regressao  
linear simples relacionando as medidas  
ECAP resposta e controle.

Salinidade de teste	Salinidade basal (grupos)		
	1.9%	2.4%	3.4%
0.7%	0.36 $\pm$ 0.09	0.42 $\pm$ 0.10	0.57 $\pm$ 0.10
1.4%	0.92 $\pm$ 0.10	0.65 $\pm$ 0.11	0.69 $\pm$ 0.08
1.9%	–	0.86 $\pm$ 0.11	0.73 $\pm$ 0.10
2.4%	1.00 $\pm$ 0.09	–	0.89 $\pm$ 0.08
3.4%	0.92 $\pm$ 0.07	0.86 $\pm$ 0.09	–

### 3) Examinando a estrutura da matriz de covariância intra unidade experimental

**Tabela 2:** Variâncias, covariâncias (sombreado) e correlações dos resíduos da ANCOVA

	Diferenças de salinidade			
(a) Salinidade basal 1,9%	-1.2%	-0.5%	0.5%	1.5%
-1.2%	0.53	0.13	-0.04	-0.09
-0.5%	0.33	0.30	0.12	0.20
0.5%	-0.10	0.39	0.31	0.43
1.5%	-0.11	0.30	0.67	1.37
(b) Salinidade basal 2,4%	-1.7%	-1.0%	-0.5%	1.0%
-1.7%	1.32	-0.32	-0.13	0.34
-1.0%	-0.46	0.31	-0.14	0.11
-0.5%	-0.17	-0.36	0.42	-0.32
1.0%	0.25	0.16	-0.43	1.24
(c) Salinidade basal 3,4%	-2.7%	-2.0%	-1.5%	-1.0%
-2.7%	1.14	0.37	0.18	0.49
-2.0%	0.35	0.96	-0.09	0.29
-1.5%	0.16	-0.10	0.84	0.07
-1.0%	0.47	0.28	0.07	1.08

## Ajuste de modelo

### 1) Modelos para a matriz de covariância

**Tabela 3:** Covariâncias intra unidades amostrais estimadas

	Diferenças de salinidade				
(a) Salinidade basal 1,9%	-1.2%	-0.5%	0.0%	0.5%	1.5%
-1.2%	0.59	0.14	0	0	0
-0.5%	0.14	0.32	0	0	0
0.0%	0	0	0.26	0	0
0.5%	0	0	0	0.40	0.41
1.5%	0	0	0	0.41	1.50
(b) Salinidade basal 2,4%	-1.7%	-1.0%	-0.5%	0.0%	1.0%
-1.7%	1.08	0.48	0.24	0	0
-1.0%	0.48	0.54	0.14	0	0
-0.5%	0.24	0.14	0.33	0	0
0.0%	0	0	0	0.26	0
1.0%	0	0	0	0	1.34
(c) Salinidade basal 3,4%	-2.7%	-2.0%	-1.5%	-1.0%	0.0%
-2.7%	1.60	0.99	0.74	0.49	0
-2.0%	0.99	0.99	0.55	0.37	0
-1.5%	0.74	0.55	0.67	0.27	0
-1.0%	0.49	0.37	0.27	0.44	0
0.0%	0	0	0	0	0.26

**Tabela 4:** Covariâncias intra unidades amostrais estimadas

Modelo	Número de parâmetros de covariâncias	AIC	Diferença média absoluta entre os valores preditos e os elementos da matriz de covariância dos resíduos da ANCOVA
*** Não feito ***			

## 2) Modelos para os parâmetros de localização

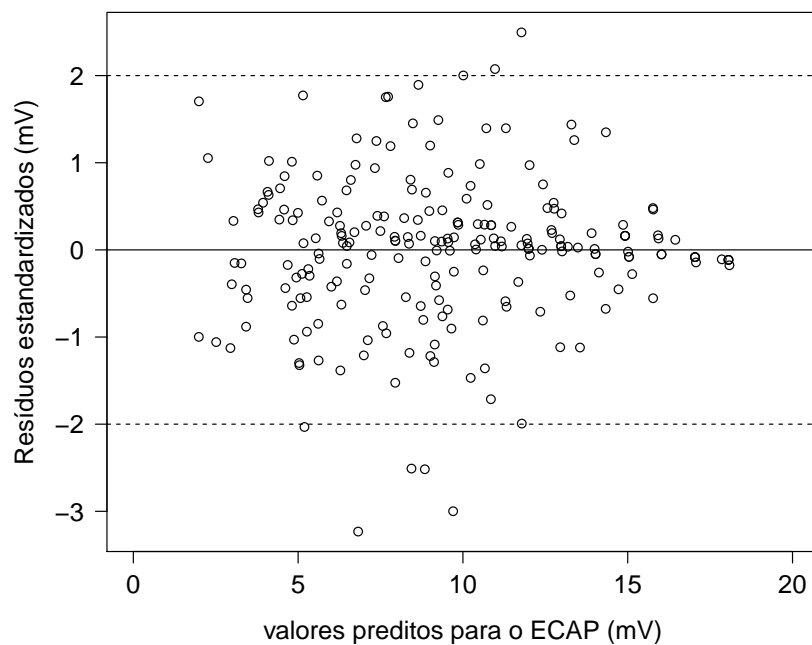
**Tabela 5:** Estimativas e erros padrões dos parâmetros do modelo polinomial (4.8)

Salinidade Basal	Salinidade teste	Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	Valor-p
<i>Parâmetros de locação</i>					
1.9%	Todos	$\beta_{01}$	10.37	0.09	< 0.0001
	0.7, 1.4, 2.4, 3.4%	$\beta_{11}$	1.95	0.25	< 0.0001
	0.7, 1.4, 2.4, 3.4%	$\beta_{21}$	-1.58	0.13	< 0.0001
	0.7, 1.4, 2.4, 3.4%	$\beta_{31}$	0.08	0.14	0.5782
2.4%	Todos	$\beta_{02}$	10.10	0.12	< 0.0001
	0.7, 1.4, 1.9, 3.4%	$\beta_{12}$	1.94	0.24	< 0.0001
	0.7, 1.4, 1.9, 3.4%	$\beta_{22}$	-1.69	0.22	< 0.0001
	0.7, 1.4, 1.9, 3.4%	$\beta_{32}$	-0.59	0.16	0.0003
3.4%	Todos	$\beta_{03}$	12.05	0.12	< 0.0001
	0.7, 1.4, 1.9, 2.4%	$\beta_{13}$	2.64	0.59	< 0.0001
	0.7, 1.4, 1.9, 2.4%	$\beta_{23}$	1.07	0.59	0.0711
	0.7, 1.4, 1.9, 2.4%	$\beta_{33}$	0.33	0.14	0.0213
1.9%	0.7, 1.4 e 1.9%	$\delta_1^-$	0.49	0.07	< 0.0001
2.4%	0.7, 1.4, e 1.9%	$\delta_2^-$	0.39	0.05	< 0.0001
3.4%	0.7, 1.4, 1.9, 2.4%	$\delta_3^-$	0.14	0.02	< 0.0001
Todos	Todos	$\alpha$	1.02	0.02	< 0.0001
<i>Parâmetros de dispersão</i>					
1.9%	0.7 e 1.4%	$\varphi_{11}^2$	0.34		
	2.4 e 3.4%	$\varphi_{21}^2$	0.56		
2.4%	0.7, 1.4 e 1.9%	$\varphi_{12}^2$	0.27		
	3.4%	$\varphi_{22}^2$	1.17		
3.4%	0.7, 1.4, 1.9, 2.4%	$\varphi_{13}^2$	0.18		
		$\sigma^2$	0.26		

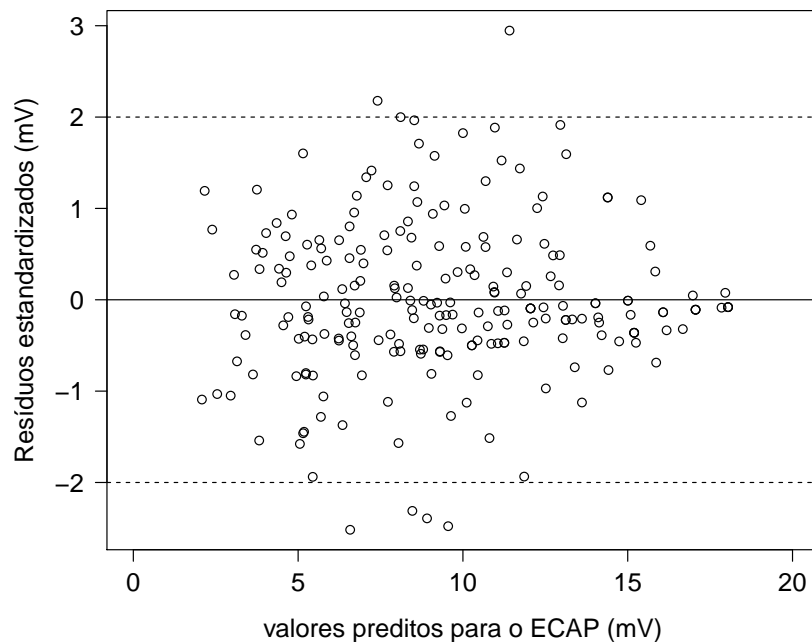
**Tabela 6:** Estimativas e erros padrões dos parâmetros do modelo de regressão segmentada (4.10)

Salinidade Basal	Salinidade teste	Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	Valor-p
<i>Parâmetros de locação</i>					
1.9%	0.7 e 1.4%	$\psi_1^-$	4.19	0.23	< 0.0001
	1.9%	$\phi_1$	10.79	0.11	< 0.0001
	2.4 e 3.4%	$\psi_1^+$	-0.50	0.22	0.0236
2.4%	0.7, 1.4 e 1.9%	$\psi_2^-$	3.10	0.21	< 0.0001
	2.4%	$\phi_2$	10.21	0.12	< 0.0001
	3.4%	$\psi_2^+$	-0.41	0.32	0.2056
3.4%	0.7, 1.4, 1.9, 2.4%	$\psi_3^-$	2.03	0.13	< 0.0001
	3.4%	$\phi_3$	12.22	0.12	< 0.0001
1.9%	0.7 e 1.4%	$\delta_1^-$	0.45	0.06	< 0.0001
2.4%	0.7, 1.4, e 1.9%	$\delta_2^-$	0.35	0.04	< 0.0001
3.4%	0.7, 1.4, 1.9 e 2.4%	$\delta_3^-$	0.12	0.02	< 0.0001
Todos	Todos	$\alpha$	0.98	0.02	< 0.0001
<i>Parâmetros de dispersão</i>					
1.9%	0.7 e 1.4%	$\varphi_{11}^2$	0.27		
	2.4 e 3.4%	$\varphi_{21}^2$	0.52		
2.4%	0.7, 1.4 e 1.9%	$\varphi_{12}^2$	0.25		
	3.4%	$\varphi_{22}^2$	1.06		
3.4%	0.7, 1.4, 1.9, 2.4%	$\varphi_{13}^2$	0.20		
		$\sigma^2$	0.30		

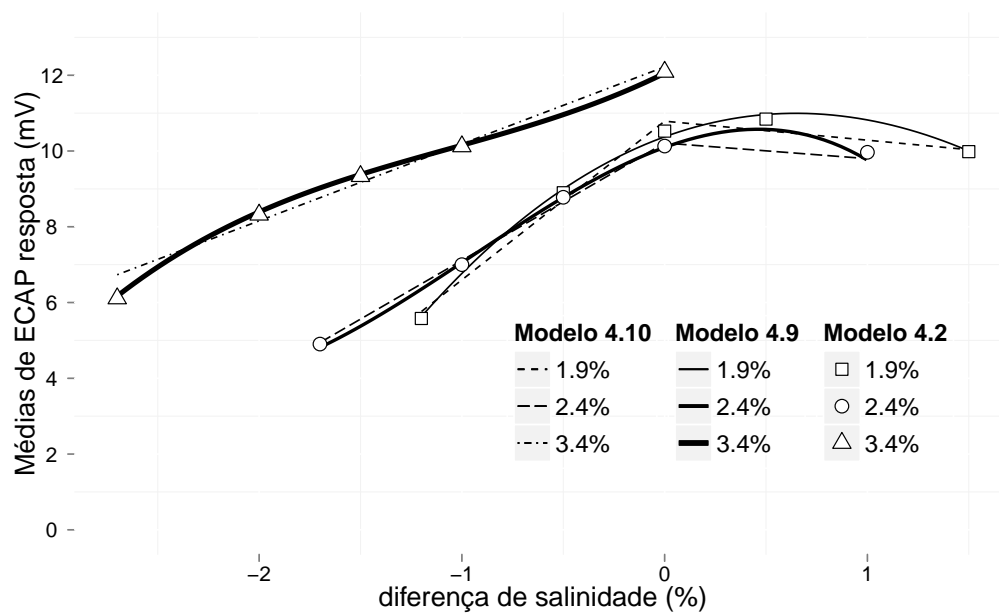
## Discussão



**Figura 5:** Resíduos estandarizados versus valores preditos para o ECAP pelo modelo 4.9



**Figura 6:** Resíduos estandarizados versus valores preditos para o ECAP pelo modelo 4.10



**Figura 7:** Modelo polinomial cúbico (4.9) e modelo de regressão segmentada (4.10) estimadas para o ECAP resposta médio. Símbolos representam o ajuste feito pelo modelo (4.2)