MBA USP ESALQ

SUPERVISED MACHINE LEARNING: MODELAGEM MULTINÍVEL I

Prof. Dr. Luiz Paulo Fávero

*A responsabilidade pela idoneidade, originalidade e licitude dos conteúdos didáticos apresentados é do professor.

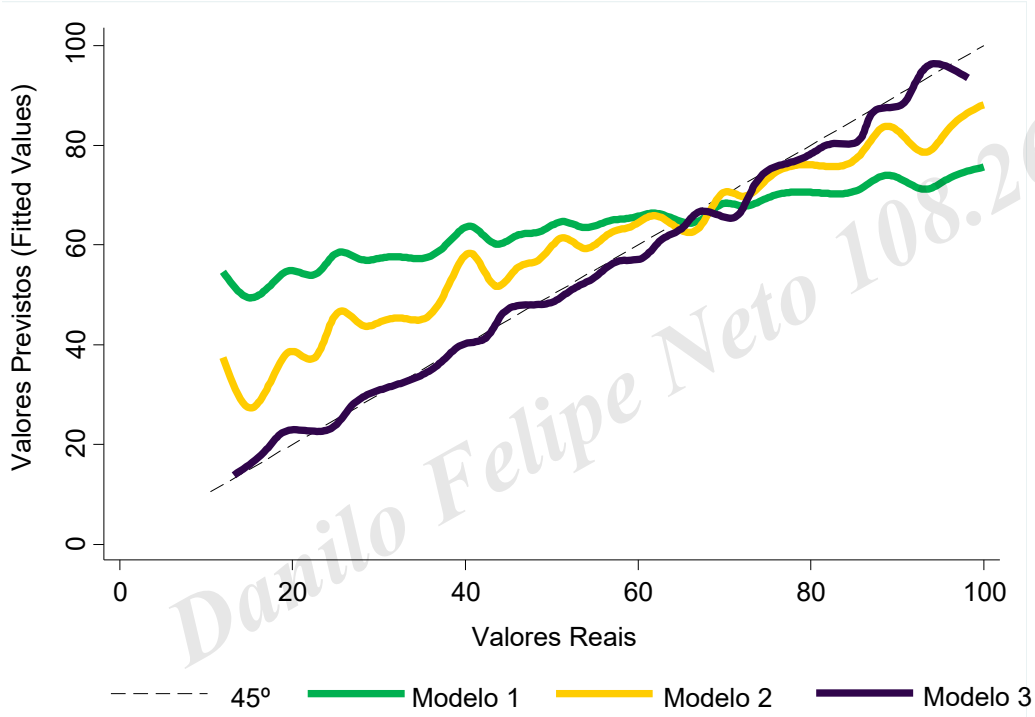
MODELAGEM MULTINÍVEL

Fundamentação teórica dos modelos multinível

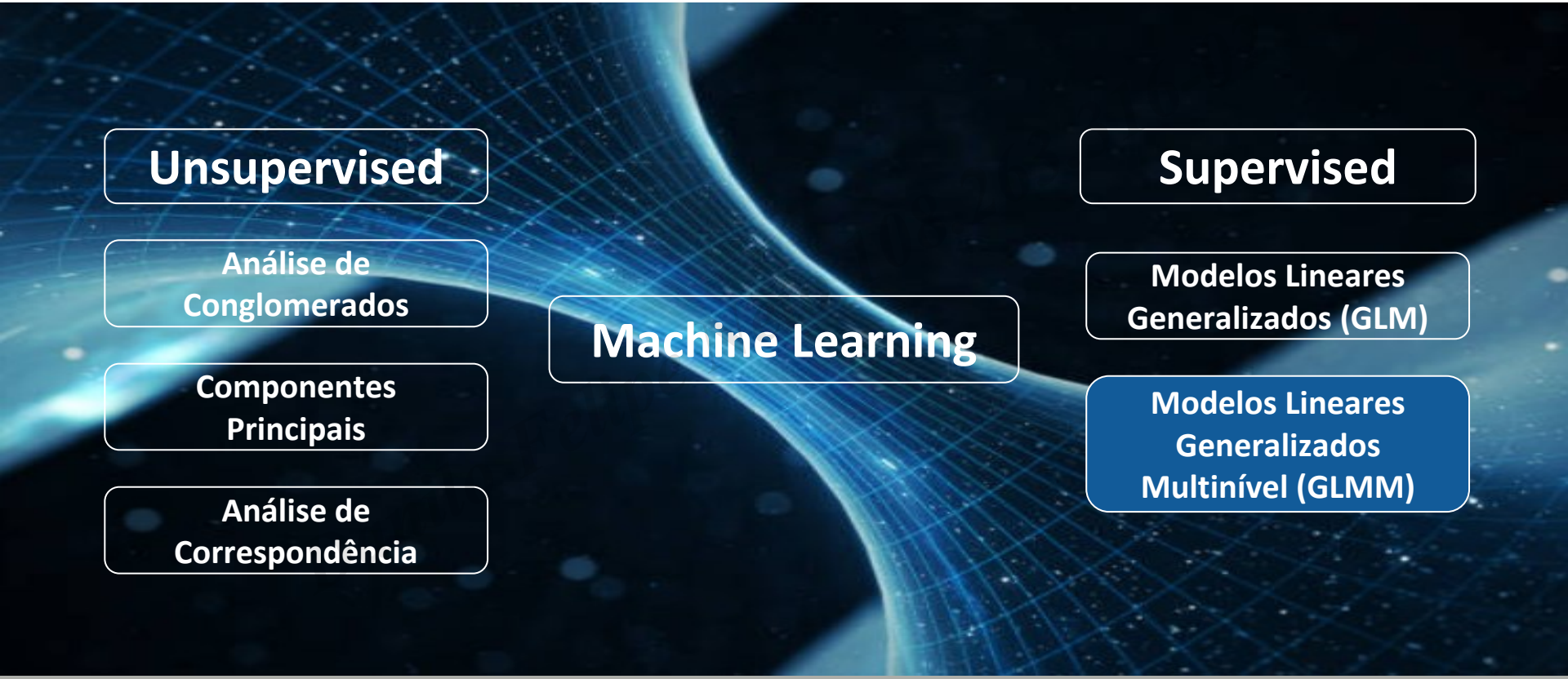
Conceitos para a estimação de modelos multinível

Modelagem multinível no R

Reflexão

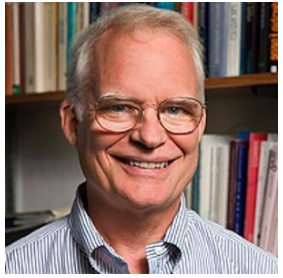


Contexto



O que são Modelos Multinível?

São modelos que reconhecem a existência de estrutura multinível ou hierárquica nos dados.



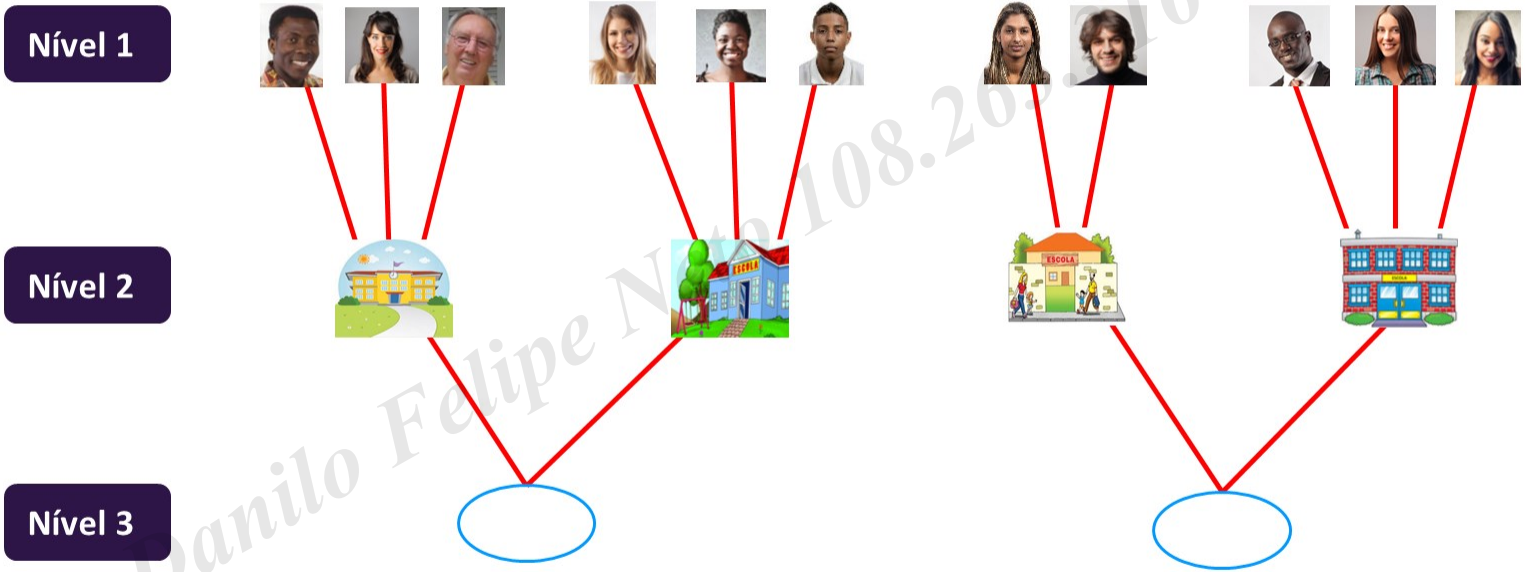
Hierarchical linear models: applications and data analysis methods. 2. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2002.

Stephen W. Raudenbush
University of Chicago

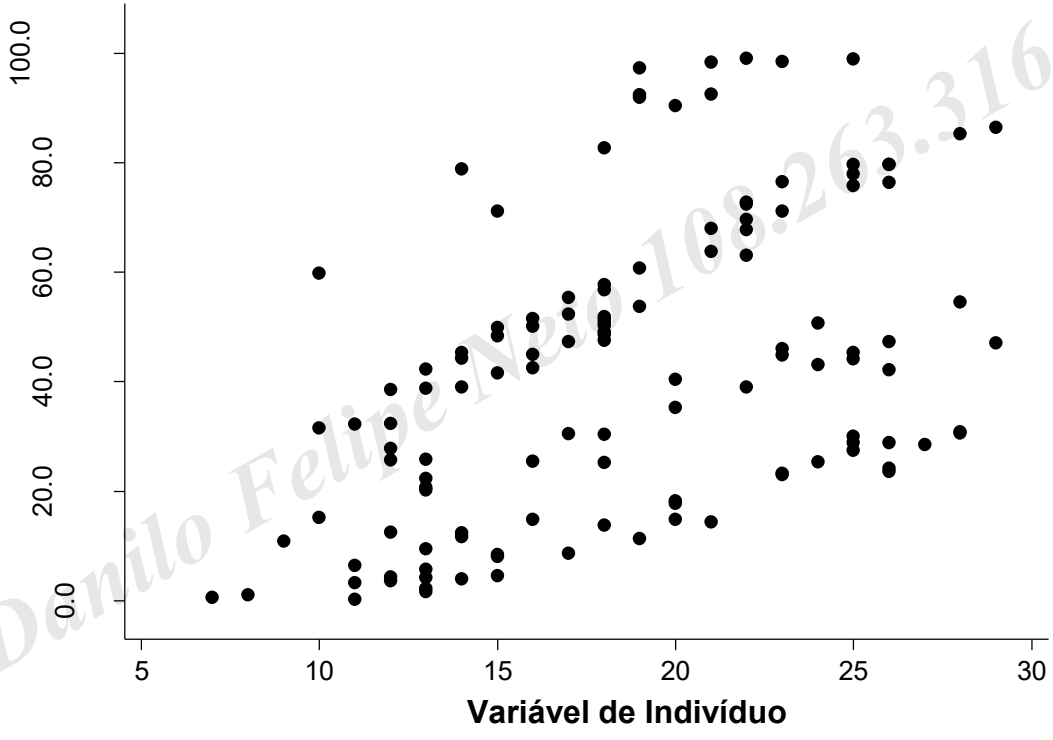
Anthony S. Bryk
Stanford University

Estrutura Multinível

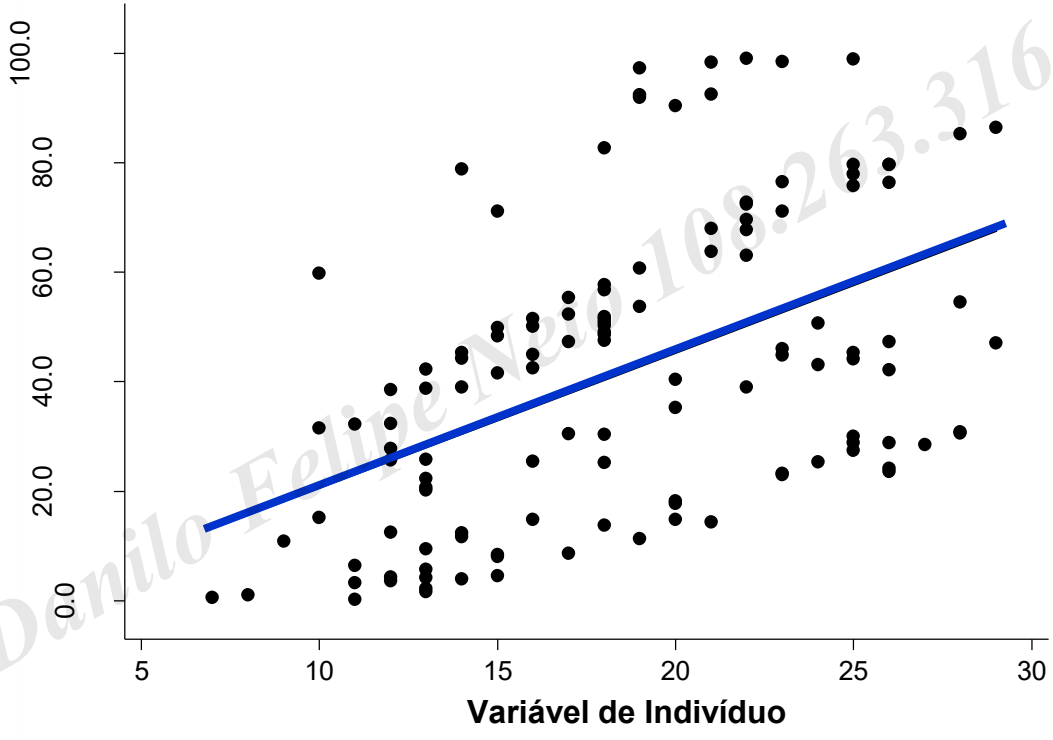
Estrutura Multinível



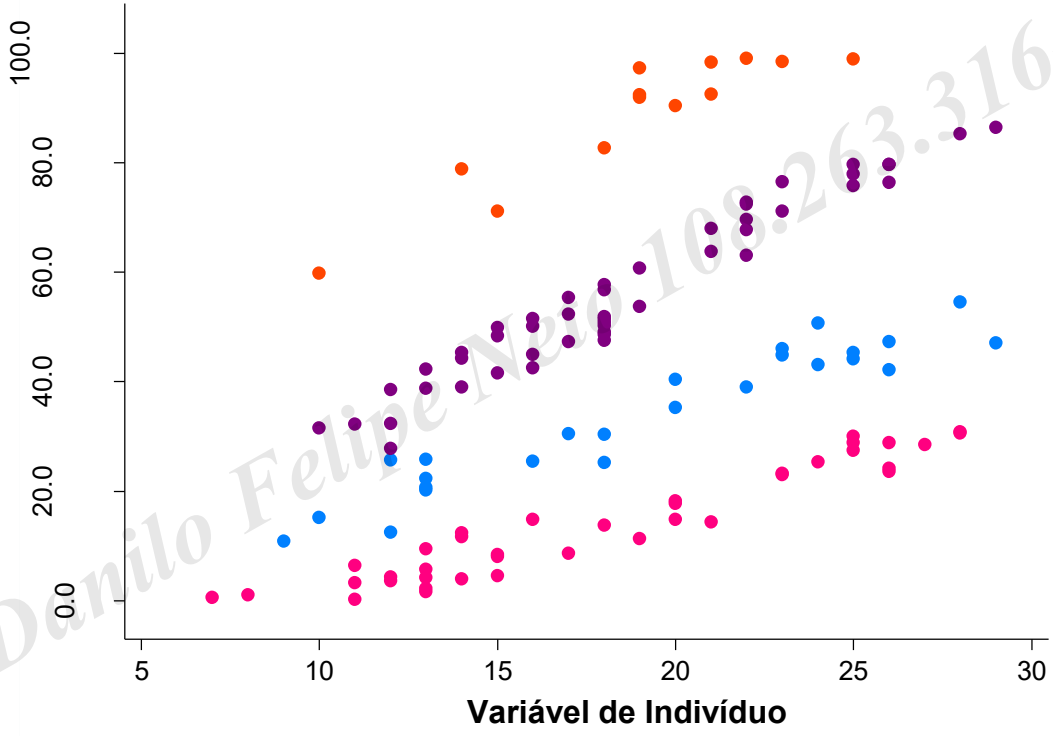
Estrutura Multinível



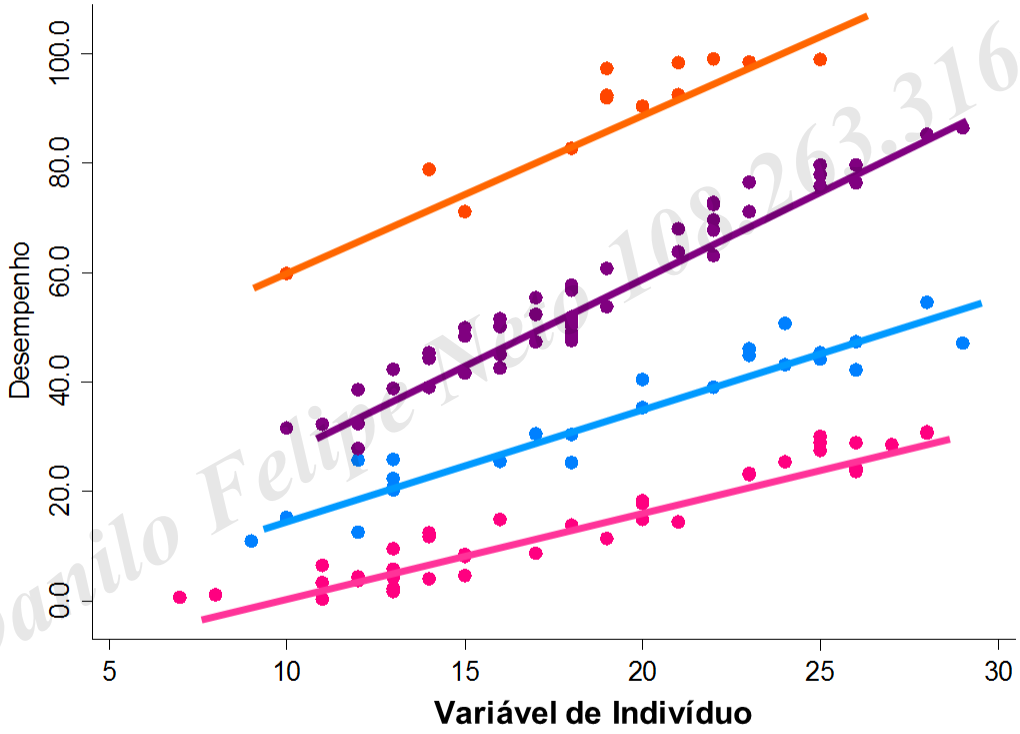
Estrutura Multinível



Estrutura Multinível



Estrutura Multinível



Estrutura Multinível

Escola 1: $Y_{i1} = \beta_{01} + \beta_{11}.X_{i1} + \varepsilon_{i1}$

Escola 2: $Y_{i2} = \beta_{02} + \beta_{12}.X_{i2} + \varepsilon_{i2}$

Escola 3: $Y_{i3} = \beta_{03} + \beta_{13}.X_{i3} + \varepsilon_{i3}$

Escola 4: $Y_{i4} = \beta_{04} + \beta_{14}.X_{i4} + \varepsilon_{i4}$

O Modelo Multinível

Nível 1

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}.X_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Nível 2

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}.W_j + \nu_{0j}$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + \gamma_{11}.W_j + \nu_{1j}$$

$$Y_{ij} = \underbrace{\left(\gamma_{00} + \gamma_{01}.W_j + \nu_{0j}\right)}_{\text{intercepto com efeitos aleatórios}} + \underbrace{\left(\gamma_{10} + \gamma_{11}.W_j + \nu_{1j}\right).X_{ij}}_{\text{inclinação com efeitos aleatórios}} + \varepsilon_{ij}$$

O Modelo Multinível

$$Y_{ij} = \underbrace{\gamma_{00} + \gamma_{10}.X_{ij} + \gamma_{01}.W_j + \gamma_{11}.W_j.X_{ij}}_{\textbf{Efeitos Fixos}} + \underbrace{\nu_{0j} + \nu_{1j}.X_{ij} + \varepsilon_{ij}}_{\textbf{Efeitos Aleatórios}}$$

- **Os modelos tradicionais de regressão ignoram as interações** entre variáveis no componente de efeitos fixos e as interações entre termos de erro e variáveis no componente de efeitos aleatórios.

Multilevel statistical models. 4. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2011.

Harvey Goldstein
Centre for Multilevel Modelling
University of Bristol

Variância dos Termos Aleatórios

Se as variâncias dos termos aleatórios ν_{0j} e ν_{1j} forem estatisticamente diferentes de zero, procedimentos tradicionais de estimação dos parâmetros do modelo, como mínimos quadrados ordinários, não serão adequados.

Using multivariate statistics. 6. ed. Boston: Pearson, 2013.

Barbara G. Tabachnick
California State University

Linda S. Fidell
California State University

Dummies?

Apenas a inserção de ***dummies* de grupo não capturaria os efeitos contextuais**, visto que não permitiria que se separassem os efeitos observáveis dos não observáveis sobre a variável dependente.

Multilevel and longitudinal modeling using Stata. 3. ed.
College Station: Stata Press, 2012.

Sophia Rabe-Hesketh
U. C. Berkeley

Anders Skrondal
Norwegian Institute of Public Health
University of Oslo
U. C. Berkeley

Por que Utilizar?

Os modelos multinível permitem, portanto, o desenvolvimento de novos e mais bem elaborados constructos para predição e tomada de decisão.

"Dentro de uma estrutura de modelo com equação única, parece não haver uma conexão entre indivíduos e a sociedade em que vivem. Neste sentido, o uso de equações em níveis permite que o pesquisador 'pule' de uma ciência a outra: alunos e escolas, famílias e bairros, firmas e países. Ignorar esta relação significa elaborar análises incorretas sobre o comportamento dos indivíduos e, igualmente, sobre os comportamentos dos grupos. Somente o reconhecimento destas recíprocas influências permite a análise correta dos fenômenos."

Methodology and epistemology of multilevel analysis.
London: Kluwer Academic Publishers, 2003.

Daniel Courgeau
Institut National D´Études Démographiques


深圳证券交易所创业板
上证综指
创业板指
上證180指數
深圳A股指數
APLICAÇÕES DE
MODELAGEM MULTINÍVEL

Aplicações

Business, Economics & Management

Periódico	Índice h5 (Google Scholar)	% / Modelos Supervisionados
American Economic Review	158	10,78%
Journal of Business Research	140	12,71%
Tourism Management	118	14,04%
Journal of Business Ethics	117	12,15%
Journal of Financial Economics	116	11,83%
The Quarterly Journal of Economics	110	3,75%
The Review of Financial Studies	108	6,88%
Technological Forecasting and Social Change	106	4,59%
International Journal of Information Management	105	8,15%
Management Science	103	8,57%
		9,26%

Aplicações

Enginering & Computer Science

Periódico	Índice h5 (Google Scholar)	% / Modelos Supervisionados
IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition	356	4,78%
Advanced Materials	294	3,56%
International Conference on Learning Representations	253	6,22%
Neural Information Processing Systems	245	4,83%
Renewable and Sustainable Energy Reviews	225	3,42%
Advanced Energy Materials	206	2,53%
International Conference on Machine Learning	204	8,24%
Energy & Environmental Science	202	3,54%
ACS Nano	202	2,89%
European Conference on Computer Vision	197	3,38%
		4,28%

Aplicações

Health & Medical Sciences

Periódico	Índice h5 (Google Scholar)	% / Modelos Supervisionados
The New England Journal of Medicine	410	1,97%
The Lancet	345	2,34%
Cell	288	2,41%
Journal of the American Medical Association	253	2,75%
Proceedings of the National Academy of Sciences	245	0,98%
Journal of Clinical Oncology	213	1,75%
Nature Medicine	205	0,73%
The Lancet Oncology	196	0,45%
PLoS ONE	185	0,43%
Nature Genetics	184	2,34%
		1,70%

Aplicações

Social Sciences

Periódico	Índice h5 (Google Scholar)	% / Modelos Supervisionados
Journal of Business Ethics	117	0,97%
Computers & Education	109	0,34%
Research Policy	95	0,41%
New Media & Society	93	0,75%
American Journal of Public Health	90	0,98%
Global Environmental Change	86	0,75%
Nature Human Behaviour	84	0,73%
Health Affairs	84	0,45%
Social Science & Medicine	83	0,43%
Teaching and Teacher Education	83	0,97%
		0,64%

Pouca Utilização: Qual a Razão?

- Estrutura dos dados.
- Não consideração de natureza multinível nos dados.
- Capacidade computacional por vezes insuficiente, principalmente quando da existência de interações profundas.

Multilevel network analysis for the social sciences: theory, methods and applications. New York: Springer, 2016.

Emmanuel Lazega
Institut d'Études Politiques de Paris

Tom Snijders
University of Oxford

Aplicação

RAJAN, R.G.; ZINGALES, L.
What do we know about capital structure? Some evidence from international data. **Journal of Finance**, v. 50-5, p. 1421-1460, 1995.

- ***Compustat Global*** **e** ***MSCI*****;**

- **4.557 empresas;**

- **7 países;**

- **período: 1987-1991.**

Country	Local Market Index	Number of Firms
United States	S&P 500	2.583
Japan	Nikkei 500	514
Germany	FAZ Share Index	191
France	CAC General Index	225
Italy	MIB Current Index	118
United Kingdom	FT 500	608
Canada	TSE 300	318

$$Leverage_i = \beta_0 + \beta_1.\left(Tangible\ Assets\right)_i + \beta_2.\left(Market\ to\ Book\right)_i + \beta_3.\left(Log\ Sales\right)_i + \beta_4.\left(ROA\right)_i + \varepsilon_i$$

Aplicação

$$Leverage_i = \beta_0 + \beta_1.\left(Tangible\ Assets\right)_i + \beta_2.\left(Market\ to\ Book\right)_i + \beta_3.\left(Log\ Sales\right)_i + \beta_4.\left(ROA\right)_i + \varepsilon_i$$

Nível 1

$$Leverage_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}.\left(Tangible\ Assets\right)_{ij} + \beta_{2j}.\left(Market\ to\ Book\right)_{ij} + \beta_{3j}.\left(Log\ Sales\right)_{ij} + \beta_{4j}.\left(ROA\right)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Nível 2

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \nu_{0j} \qquad \beta_{1j} = \gamma_{10} + \nu_{1j} \qquad \beta_{2j} = \gamma_{20} + \nu_{2j}$$

$$\beta_{3j} = \gamma_{30} + \nu_{3j} \qquad \beta_{4j} = \gamma_{40} + \nu_{4j}$$

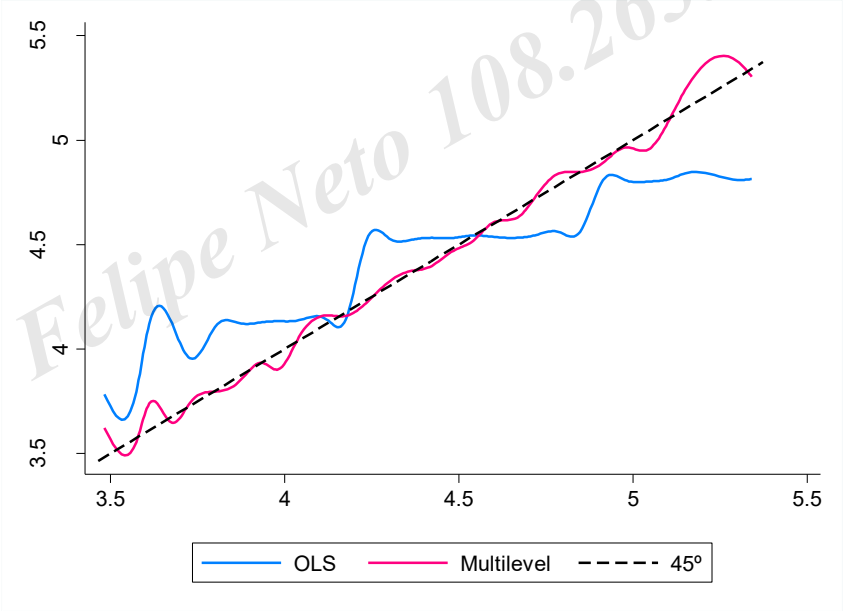
leverage	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
tang_assets	.3462677	.049087	7.05	0.000	.2500589	.4424765
market_book	-.0641481	.0143289	-4.48	0.000	-.0922322	-.036064
logsale	.0353799	.0098784	3.58	0.000	.0160185	.0547413
roa	-.7729998	.2071899	-3.73	0.000	-1.179085	-.366915
_cons	-.6153343	.795045	-0.77	0.439	-2.173594	.9429252

Random-effects Parameters	Estimate	Std. Err.	[95% Conf.	Interval]
country:				
var(tang_a~s)	4.33e-13		1.83e-28	1021.785
var(market~k)	.0087904		.002262	.0341598
var(logsale)	7.67e-06	33%	1.96e-06	.00003
var(roa)	10.84124		3.37015	34.87456
var(_cons)	3.811897		1.036019	14.02538
var(Residual)	29.18282	67%	28.01925	30.39471

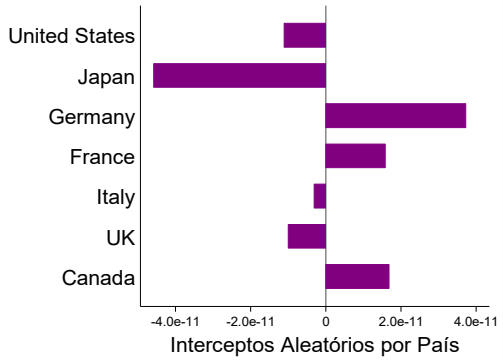
LR test vs. linear regression: chi2(5) = 1047.68 Prob > chi2 = 0.0000

Aplicação

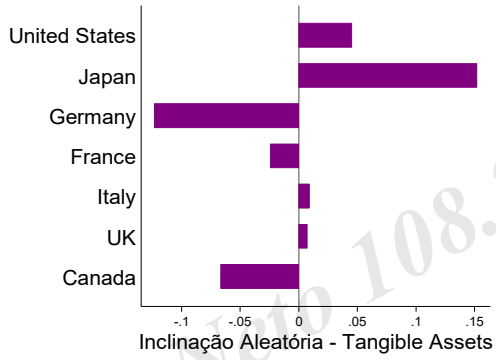
RAJAN, R.G.; ZINGALES, L.
What do we know about capital structure? Some evidence from international data.
Journal of Finance, v. 50-5, p. 1421-1460, 1995.



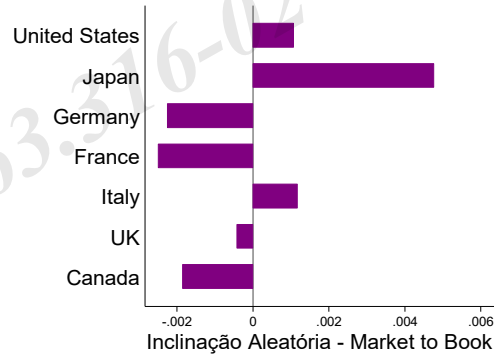
Aplicação



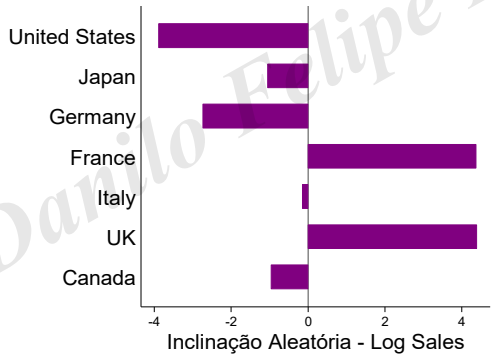
Interceptos Aleatórios por País



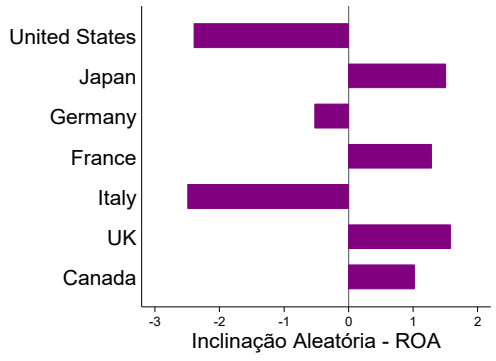
Inclinação Aleatória - Tangible Assets



Inclinação Aleatória - Market to Book

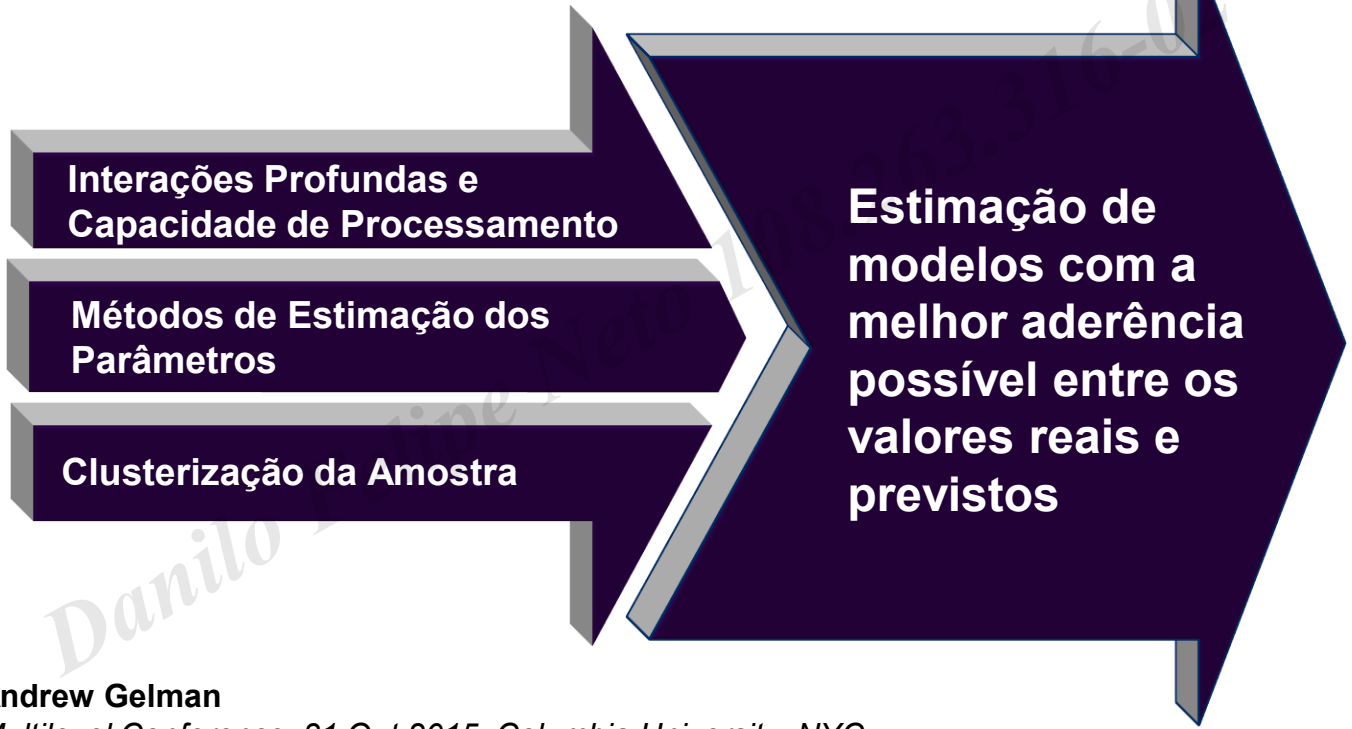


Inclinação Aleatória - Log Sales



Inclinação Aleatória - ROA

Desafios em Modelagem Multinível



Andrew Gelman
Multilevel Conference, 31 Out 2015, Columbia University, NYC.

MODELAGEM MULTINÍVEL NO R


Modelagem HLM2 com
Dados Agrupados

Modelagem HLM2

Modelo Nulo

Nível 1 $desempenho_{ij} = \beta_{0j} + \varepsilon_{ij}$

Nível 2 $\beta_{0j} = \gamma_{00} + \nu_{0j}$

Substituindo... $desempenho_{ij} = \gamma_{00} + \nu_{0j} + \varepsilon_{ij}$

LINHA 390 DO SCRIPT

Modelagem HLM2

Modelo com Interceptos Aleatórios

Nível 1

$$desempenho_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}.horas_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Nível 2

$$\begin{cases} \beta_{0j} = \gamma_{00} + \nu_{0j} \\ \beta_{1j} = \gamma_{10} \end{cases}$$

LINHA 441 DO SCRIPT

Substituindo...

$$desempenho_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{10}.horas_{ij} + \nu_{0j} + \varepsilon_{ij}$$

Modelagem HLM2

Modelo com Interceptos e Inclinações Aleatórios

Nível 1

$$desempenho_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}.horas_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Nível 2

$$\begin{cases} \beta_{0j} = \gamma_{00} + \nu_{0j} \\ \beta_{1j} = \gamma_{10} + \nu_{1j} \end{cases}$$

LINHA 480 DO SCRIPT

Substituindo...

$$desempenho_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{10}.horas_{ij} + \nu_{0j} + \nu_{1j}.horas_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Modelagem HLM2

Modelo Final HLM2

Nível 1

$$desempenho_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}.horas_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Nível 2

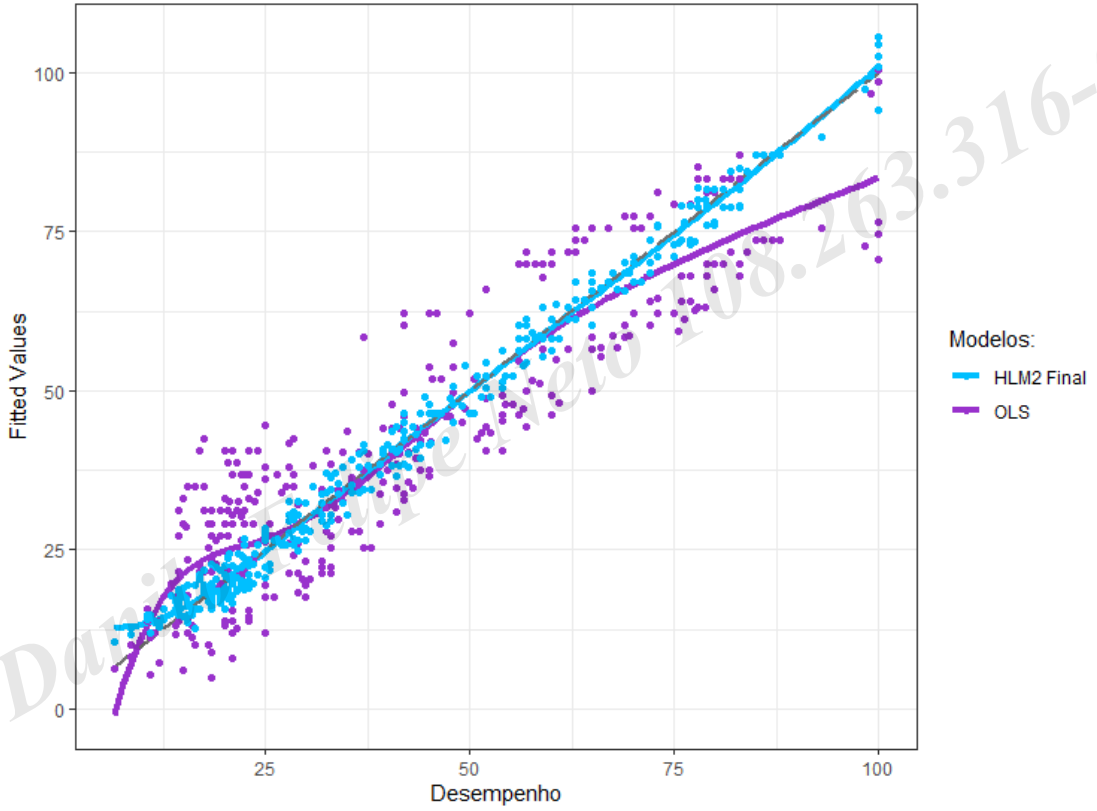
$$\begin{cases} \beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}.texp_j + \nu_{0j} \\ \beta_{1j} = \gamma_{10} + \gamma_{11}.texp_j + \nu_{1j} \end{cases}$$

LINHA 521 DO SCRIPT

Substituindo...

$$desempenho_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{10}.horas_{ij} + \gamma_{01}.texp_j + \gamma_{11}.texp_j.horas_{ij} + \nu_{0j} + \nu_{1j}.horas_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

HLM2 x OLS



MUITO OBRIGADO!

Prof. Dr. Luiz Paulo Fávero

Professor Titular de Data Science & Analytics da USP

LinkedIn