

7 Modelos Multinível

7.1. Introdução

Segundo a literatura internacional, são muitos os fatores que podem influenciar o desempenho escolar dos alunos. Estas influências podem ser classificadas em três grandes grupos: os associados à família (características sócio-econômicas e culturais), os associados a fatores escolares (infraestrutura, práticas didáticas, características dos professores) e aqueles relacionados ao próprio aluno (habilidade, motivação) (Ferrão & Fernandes, 200; Soares, 2004).

Pesquisas empíricas conduzidas nos anos 1950 e 1960 nos Estados Unidos, Inglaterra e França mostraram que fatores associados às características sócio-econômicas e culturais dos alunos explicam mais as desigualdades observadas no desempenho do aluno do que os fatores escolares. Nos Estados Unidos destaca-se a pesquisa conhecida como “Relatório Coleman”; na Inglaterra, o “Relatório Plowden”, e na França, o longo estudo longitudinal (1962-1972) conduzido pelo INED. Todos esses estudos mostraram, de forma clara, o peso da origem social sobre os destinos escolares. A publicação dessas pesquisas gerou um forte pessimismo pedagógico, pois a sua primeira leitura levava à conclusão de que a escola teria pouco impacto no desempenho dos alunos. Essa idéia está sintetizada na frase “as escolas não fazem diferença”, associadas diretamente aos resultados dos estudos conduzidos por Coleman. Esses resultados resistiram às re-análises dos dados e às críticas posteriores. No entanto, novos estudos, sendo pioneiro o “*Fifteen Thousand Hours*” (Rutter *et al.*, 1979), questionam a decisão de se concluir de que as “escolas não fazem diferença” (Soares, 2004). Assim, estudos recentes têm mostrado que a escola tem impacto substancial nos resultados escolares: alunos que freqüentam escolas de “qualidade” superior atingem melhores resultados acadêmicos do que alunos que freqüentam escolas de qualidade inferior. Tal constatação deu origem ao conceito de **escola eficaz**. A idéia implícita na definição de escola eficaz é a de que a escola tem uma parcela

de responsabilidade nos resultados escolares atingidos pelos alunos (Ferrão & Fernandes, 2003). Segundo Murillo (2003) “uma escola é eficaz se consegue um desenvolvimento integral de todos e cada um dos seus alunos maior do que seria esperado tendo em conta seu rendimento prévio e a situação social, econômica e cultural das famílias”.

Neste capítulo estudamos a existência do “efeito escola”, ou seja, a parcela da contribuição da escola no desempenho escolar de seus alunos. O efeito é calculado depois de incluídos os controles, no nível do aluno e da escola, as variáveis de capital social, capital cultural e capital econômico. Para tal fim se utiliza o modelo de regressão multinível.

Na sequência desenvolvemos o modelo teórico e depois apresentamos os resultados.

7.2. Especificação formal do modelo multinível

Os modelos de regressão multinível ou hierárquicos incorporam naturalmente a estrutura hierárquica ou de agrupamento da população em estudo. Na área de educação os alunos são agrupados em salas de aulas, e estas estão reunidas em escolas que, por sua vez, podem ser agrupadas em sistemas de ensino ou regiões geográficas.

O modelo de regressão multinível²⁰, especificado em dois níveis, trata o aluno como a unidade do nível 1, identificado pelo subscrito i , e a escola como unidade do nível 2, identificada pelo subscrito j . Considera-se a existência de J escolas, $j = 1, 2, \dots, J$ cada uma delas com n_j alunos, $i = 1, 2, \dots, n_j$.

Para efeito de ilustração, considere-se a variável Y_{ij} que representa o desempenho escolar (proficiência) do aluno i na escola j . O modelo multinível nulo (sem variáveis explicativas é composto apenas pelo intercepto) para a variável Y_{ij} (proficiência) é especificado da seguinte forma:

²⁰ O nosso texto foi baseado no livro de Ferrão (2003) e Raudenbush & Bryk (1992).

$$\begin{aligned} Y_{ij} &= \beta_{0j} + \varepsilon_{ij}, & \varepsilon_{ij} &\sim NID(0, \sigma^2_{\varepsilon}) \\ \beta_{0j} &= \beta_{00} + u_{0j}, & u_{0j} &\sim NID(0, \sigma^2_{u0}) \end{aligned} \quad (7.1)$$

β_{00} : representa a média global da proficiência.

u_{0j} : representa o afastamento da proficiência média da escola j à média global.

A primeira equação é conhecida como nível 1 e a segunda equação como nível 2. Cada uma das equações tem associada uma componente aleatória, sendo ε_{ij} o efeito aleatório associado ao nível 1 (indivíduo ij) e u_{0j} o efeito aleatório associado ao nível 2 (escola j). Assume-se que ambos os efeitos seguem distribuição normal com média 0 e variância σ_{ε}^2 e σ_{u0}^2 respectivamente, e são independentes.

Substituindo a equação do nível 2 na equação do nível 1, obtém-se:

$$Y_{ij} = \beta_{00} + u_{0j} + \varepsilon_{ij}.$$

A variância da proficiência pode ser decomposta na variância entre as escolas, σ_{u0}^2 , e na variância intra-escolas, σ_{ε}^2 .

7.3. O efeito escola

O efeito escola pode ser medido pelo coeficiente de correlação intra-escolar, eq. (7.3), o qual mede a proporção da variância entre escolas face à variância total, isto é, o quanto da variação do desempenho escolar entre os alunos é explicado por diferenças existente entre as escolas que eles freqüentam.

$$\rho = \frac{\sigma_{u0}^2}{\sigma_{\varepsilon}^2 + \sigma_{u0}^2}. \quad (7.3)$$

O coeficiente varia de 0 a 1. Quando o seu valor é nulo significa que as escolas são homogêneas entre si e que o desempenho escolar do aluno independe da escola que ele frequenta. Na situação extrema a esta, quando o coeficiente de correlação intra-escolar tem valor 1, toda a variabilidade no desempenho dos alunos deve-se à diferença entre as escolas e, nesta situação hipotética, as características individuais do aluno em nada afetam o seu desempenho escolar, ficando este a dever-se inteiramente às características da escola que ele frequenta.

Se encontrarmos que este coeficiente de correlação intra-escolar, ρ , é grande ou não desprezível, então, tem-se uma justificativa para estudar quais fatores permitem que certas escolas sejam mais eficazes que outras, considerando que as escolas reúnem alunos com iguais características sócio-econômicas e culturais.

Consideremos agora um modelo, com dois níveis, onde se pretenda explicar o desempenho escolar dos alunos (proficiência) através de três variáveis explicativas, medidas no nível do aluno, por exemplo: capital social, capital cultural e capital econômico.

Na equação a seguir apresentamos o modelo em que apenas o intercepto varia aleatoriamente entre as escolas:

$$\begin{aligned} \text{proficiência}_{ij} &= \beta_{0j} + \beta_1 \text{capsocial}_{ij} + \beta_2 \text{capcultural}_{ij} + \beta_3 \text{capeconomico}_{ij} + \varepsilon_{ij} \\ \beta_{0j} &= \beta_{00} + u_{0j} \end{aligned} \tag{7.2}$$

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$$

$$u_{0j} \sim N(0, \sigma_{u_0}^2)$$

O parâmetro β_{0j} tem o índice j , indicando a existência de um parâmetro para cada escola. Ou seja, o intercepto está decomposto no valor médio global, β_{00} , e no efeito individual da escola, u_{0j} , que é a componente aleatória do nível 2 associada ao intercepto.

No modelo inicial, eq. (7.2), consideramos as variáveis explicativas capital cultural, capital social e capital econômico, as quais são medidas no nível do aluno. Na seqüência apresentamos um modelo em que introduzimos as variáveis explicativas referente ao nível da escola: rede de ensino, capital cultural médio da

escola, capital social médio da escola e capital econômico médio da escola²¹. A sua inclusão no nível 2 do modelo é da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{proficiência}_{ij} &= \beta_{0j} + \beta_1 \text{capsocial}_{ij} + \beta_2 \text{capcultural}_{ij} + \beta_3 \text{capeconomico}_{ij} + \varepsilon_{ij} \\ \beta_{0j} &= \beta_{00} + \beta_4 \text{rede.particular}_j + \beta_5 \text{media.capsoc}_j + \beta_6 \text{media.capcult}_j + \beta_7 \text{media.capecon}_j + u_{0j} \\ \varepsilon_{ij} &\sim N(0, \sigma_\varepsilon^2) \\ u_{0j} &\sim N(0, \sigma_{u0}^2) \end{aligned} \tag{7.3}$$

Os parâmetros desconhecidos do modelo a estimar são: $\beta_{00}, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7, \sigma_\varepsilon^2, \sigma_{u0}^2$.

7.4. Aplicação aos dados do PISA 2000

Nesta seção, aplicamos o modelo multinível aos dados do Peru-PISA 2000, no teste de Matemática, abrangendo **2116** alunos e **177** escolas, das quais **144** são públicas e **33** são privadas.

Estimamos um modelo de dois níveis (alunos-nível 1; escolas-nível 2). A variável resposta é a proficiência em Matemática e as variáveis explicativas no nível do aluno são: capital social, capital cultural e capital econômico e no nível escola são rede de ensino (privada=1; pública=0), capital social médio da escola, capital cultural médio da escola e capital econômico médio da escola. A estimação dos modelos multinível foi realizada através do pacote estatístico *MlwiN* (Rasbash *et al.*, 2001), através do método Mínimos Quadrados Generalizados Iterativos (*IGLS*).

Nos capítulos anteriores estimamos os construtos latentes, capital social, capital cultural e capital econômico, usando a TRIN para um estudo da escalonabilidade dos construtos, e a AFC para se obter um escala contínua. Nesta seção consideraremos somente as variáveis obtidas através da segunda

²¹ Estas variáveis foram criadas por agregação do capital social, cultural e econômico dos alunos para o nível da escola, através da média.

metodologia²². Na tabela 7.1, mostramos as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas na análise.

Tabela 7.1- Estatísticas descritivas.

	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Capital social	-1,6	2,9	1,40	0,94
Capital cultural	1,7	8,9	4,46	1,35
Capital econômico	1,5	4,3	2,12	0,48
Rede: privada	0	1	0,20	0,39
Proficiência *	152	808	333	99,5

* Esta variável estimada se tomou da base dados de PISA 2000.

Em continuação apresentamos os resultados da estimação dos modelos.

a) Modelo Nulo

Ao estimar o modelo nulo, encontrou-se que 26% (tabela 7.2) da variação no desempenho dos estudantes pode ser atribuído às diferenças entre escolas. No entanto, a variabilidade que interessa conhecer é aquela obtida a partir de um modelo que controla a influência das variáveis sócio-econômicas e culturais (variáveis extra escolares) no desempenho dos alunos, pois a alocação dos alunos às escolas não é aleatória.

b) Modelo controlado pelas variáveis extra escolares no nível do aluno

Neste segundo modelo, incluímos 3 variáveis de controle no nível do aluno, capital social, capital cultural e capital econômico. Uma vez introduzidas na modelagem, observou-se que a variável capital social era não significativa. Desse modo, essa variável foi omitida da especificação, ficando assim duas variáveis de controle.

Na tabela 7.2 podemos observar que a inclusão das duas variáveis diminuiu consideravelmente a variação (nível da escola), não explicada pelo modelo que passou de 2553,94 para 1657,39, uma redução em torno de 35%. Desta maneira

²² As estimativas resultaram ser similares. O coeficiente de correlação intra-escolar utilizando a metodologia TRI não-paramétrica é 10.13%, frente ao 9.8% da AFC. No apêndice A.1 mostramos os resultados obtidos com TRIN.

fica clara a influência das duas variáveis extra escolares no desempenho dos alunos. O coeficiente de correlação intra-escolar passou de 26% para 18,6%.

Tabela 7.2- Resultados do modelo de 2 níveis: aluno e escola.

	Modelo nulo	Modelo com 2 variáveis explicativas no nível do aluno	Modelo com 3 variáveis explicativas, 2 no nível do aluno e 1 no nível da escola.	Modelo final com 4 variáveis, 2 no nível do aluno e 2 no nível da escola.
Parâmetros fixos				
β_{00}	327,72	248,80	326,17	154,07
	(4,37)	(10,69)	(14,64)	(20,221)
$\beta_{cap.cultural}$		7,17	6,54	4,525
		(2,09)	(2,07)	(2,10)
$\beta_{cap.econômico}$		22,88	15,48	11,41**
		(6,17)	(6,22)	(6,25)
$\beta_{rede.particular}$			71,99	38,25
			(8,58)	(9,90)
$\beta_{escola.capcult}$				28,14
				(5,03)
Parâmetros aleatórios				
Nível 2 - escola				
σ_{u0}^2	2553,94	1657,39	1033,64	782,49
	(348,9)	(251,83)	(182,07)	(152,46)
Nível 1- aluno				
σ_{ε}^2	7275,67	7257,53	7225,47	7221,26
	(233,27)	(232,39)	(231,19)	(231,03)
-2log verossimilhança	25096,07	25036,02	24974,06	24945,46
$\hat{\rho}$	26%	18,6%	12,5%	9,8%
Proporção explicada pelo modelo das diferenças entre escolas			59,5% ^a	69,3% ^b

Para todos os coeficientes da tabela p-valor <0,05 (valores críticos ao 5%: $t = 1,96$; $\chi^2_{gl=1} = 3,84$).

** significativo ao 10%.

a) $\frac{(2553,94-782,49)}{2553,94}$

b) $\frac{(2553,94-1657,39)}{2553,94}$

A estimativa da média global da proficiência controlada pelo capital cultural e capital econômico do aluno é 248,8 pontos. Da tabela 7.2, podemos observar que o resultado escolar é acrescido em 7,17 pontos, por cada unidade adicional no capital cultural, *ceteris paribus*, e, em 22,88 pontos por cada unidade adicional no capital econômico, *ceteris paribus*.

No próximo modelo introduzimos as variáveis, no nível da escola, rede de ensino, que assume o valor 1 para escolas privadas e 0 para as escolas públicas, capital cultural, social e econômico médio da escola.

c) Modelo controlado pelas variáveis extra escolares no nível da escola

Primeiro incluímos a variável de controle “rede-particular” no nível 2, e observamos que a variância entre escolas diminuiu em 59,5%. Também verificamos que o coeficiente da variável “rede-particular” é estimado em 71,99, o que significa que se o aluno estuda numa escola privada, seu desempenho escolar se incrementa em 72 pontos, em respeito aos alunos de escolas públicas. Logo depois para evitar que “as estimativas do efeito de variáveis escolares venham capturar o efeito provocado pela composição da clientela da escola” (Franco et al., 2002), inclui-se neste modelo a variável capital cultural da escola²³.

Na tabela 7.2 observamos que, a variância entre escolas diminuiu em quase 70%. Ao mesmo tempo, o coeficiente de correlação intra-escolar diminuiu a 9,8%.

Os resultados mostram que no modelo nulo, 26% da variabilidade entre os resultados escolares é explicado pelas escolas. Quando se controla pelas variáveis do aluno e da escola este porcentual se reduz e passa a ser 9,8% da variação total. Apesar disso este valor não é desprezível. Agora cabe fazer a seguinte pergunta: quais fatores escolares são aqueles que fazem que em algumas escolas o desempenho dos alunos seja melhor do que em outras escolas? Ou seja, porque algumas escolas são mais eficazes que outras? Tentamos dar uma resposta, a partir da análise de algumas variáveis escolares.

Tomou-se 4 indicadores dos fatores escolares, os quais foram estimados pelo equipe de pesquisadores de PISA; estes índices são:

- Índice de infraestrutura da escola: compreende o estado da infraestrutura, o sistema de iluminação e o espaço para ensinar (sala de classes). Valores baixos indicam baixa qualidade na infraestrutura.
- Índice de recursos educativos: compreende os materiais didáticos, a quantidade de computadores, de livros, de recursos audiovisuais, o

²³ A variável capital social da escola foi não significativa.

equipamento dos laboratórios e facilidades para ensinar artes plásticas. Valores baixos indicam baixa qualidade de recursos educativos.

- Índice de escassez e inadequação de professores. Valores baixos indicam problemas com a disponibilidade de professores.
- Entusiasmo e compromisso dos professores: inclui perguntas sobre se os professores têm a moral alta, trabalham com entusiasmo, têm orgulho de trabalhar nesta escola. Valores baixos indicam moral e entusiasmo dos professores baixo.

Uma vez o modelo estimado, decidimos separar as escolas em dois grupos extremos: um deles contendo as escolas com melhor desempenho de seus alunos e o outro contendo as escolas com pior desempenho²⁴. Para isso utilizamos os resíduos da regressão multinível. O intuito é observar como as escolas dos dois grupos diferem nos valores das 4 variáveis escolares²⁵.

Na tabela 7.3 e figura 7.1 podemos observar que a “infraestrutura física” das escolas bem sucedidas é de melhor qualidade, a “carência de professores” nas escolas menos eficazes é maior. No que se refere à variável “entusiasmo e moral dos professores,” verifica-se valores maiores nas escolas mais eficazes. Merece especial atenção a variável “recursos educativos”.

Tabela 7.3- Média de todas as escolas, das melhor sucedidas e das pior sucedidas.

Variáveis escolares (índices)	Média das escolas		
	Mais bem sucedidas (7 escolas)	Mais mal sucedidas (26 escolas)	Total
Infraestrutura física	-0,50	-0,72	-0,68
Carência e inadequação de professores	-0,14	-0,39	-0,34
Recursos educativos	0,39	0,03	-0,09
Entusiasmo e compromisso dos professores	0,31	0,14	0,24
Resíduo	1,87	-0,14	0,19
Rank	168	17	86

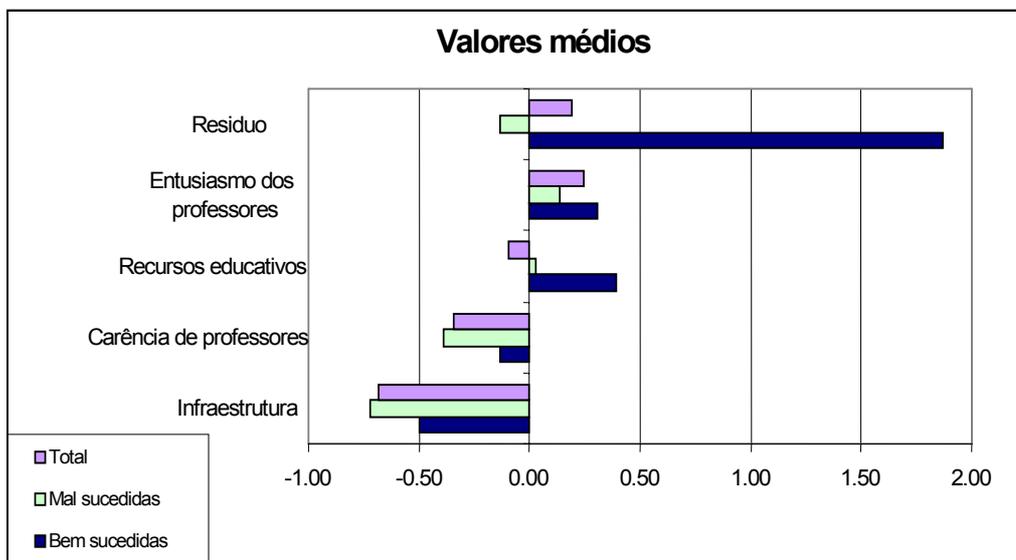
Finalmente, podemos notar que nas escolas bem sucedidas a média dos resíduos, ou seja, o afastamento médio da proficiência destas escolas à

²⁴ A obtenção dos dois grupos extremos foi feita através de uma Análise de Cluster.

²⁵ No modelo final estimaram-se os resíduos no nível da escola, \hat{u}_{0j} , o qual representa o afastamento da proficiência média da escola j à média global. No apêndice A.2 mostramos o gráfico QQ-plot do resíduo e a lista ordenada das escolas.

proficiência média global de todas as escolas, é muito maior que a média dos resíduos nas escolas mal sucedidas.

Figura 7.1-Gráfico de barras dos valores médios de todas as escolas, das melhor sucedidas e das pior sucedidas.



7.5. Conclusões do capítulo

No modelo nulo, encontrou-se que 26% da variabilidade entre os resultados escolares era explicado pelas escolas. Quando se controla pelas variáveis do aluno, este percentual passa a ser 18,6%. Já quando o modelo é controlado pelas variáveis da escola, a variação se reduz, sendo este valor 9,8% da variação total. Identificada a existência do efeito escola, encontrou-se que, nas escolas eficazes, a qualidade da infraestrutura é superior, elas têm melhores recursos educativos, a escassez de professores é menor e o entusiasmo e moral do professores é mais elevado. Este resultado pode ser utilizado diretamente como subsídio para políticas de intervenção nas escolas, de forma a melhorar o desempenho escolar dos alunos. Por exemplo, investindo na infraestrutura, reduzindo a falta de professores, e aumentando a auto-estima dos profissionais de educação, por exemplo valorizando a profissão de professor.