COMPARAÇÃO ENTRE DOIS MODELOS MULTINÍVEL COM DADOS LONGITUDINAIS ASSOCIADOS À PROFICIÊNCIA EM LEITURA

Adilson Dalben, UNICAMP (adalben@uol.com.br)

RESUMO

Este artigo compara dois modelos multinível que envolvem as mesmas variáveis e processam os mesmos dados longitudinais fornecidos pelo Projeto GERES. São dados dos alunos de amostra de 312 escolas em cinco grandes cidades brasileiras coletados durante 4 anos. Nos modelos, a proficiência final em leitura é colocada como variável resposta e outras 12 variáveis sobre ensino de língua portuguesa na escola e sobre o aluno são colocadas como explicativas. Um dos modelos foi elaborado em dois níveis hierárquicos e analisa as variáveis ano a ano, separadamente, enquanto que o outro agrupa os dados dos 4 anos em três níveis. A convergência esperada dos resultados não foi constatada, colocando em dúvida alguns aspectos da visão determinística associada aos estudos quantitativos dessa natureza.

Palavras-chave: dados longitudinais, modelos multinível, eficácia escolar.

Introdução

O presente artigo traz para a discussão um viés constatado durante o desenvolvimento de uma pesquisa quantitativa com foco na eficácia escolar e que busca identificar os fatores associados à proficiência em leitura e matemática usando dados longitudinais e analisados através de modelos multinível. Esse viés é a falibilidade dos modelos estatísticos e matemáticos e as subjetividades inerentes a eles, ambas pouco explicitadas na divulgação dos resultados produzidos nesses trabalhos.

Os estudos quantitativos ligados à eficácia escolar têm se desenvolvido muito desde a publicação do Relatório Coleman ocorrida em 1966, por mostrar que a maior parte das desigualdades nos resultados educacionais por alunos americanos eram originadas e mantidas pelo contexto socioeconômico em que sua família e sua escola estavam inseridos, ou seja, o estudo trouxe evidências de que as escolas não conseguiam trazer a desejada equidade educacional.

Favorecidos pelo desenvolvimento tecnológico e orientados para a busca de otimização de recursos, os estudos quantitativos ganharam força nas últimas décadas quando as políticas públicas educacionais adotam a avaliação como recurso central para o uso de seus resultados para a tomada de decisão.

Apesar de que no Brasil os estudos quantitativos que envolvem modelos multinível e dados longitudinais ainda serem incipientes, na Europa e nos Estados Unidos, há décadas são produzidos e analisados, sendo que nestes últimos, muita controvérsia tem sido gerada, sobretudo por estarem associados à lógica meritocrática que tornaram as avaliações em exames de alto impacto. Esses exames associam a eficácia da escola ao desempenho médio de seus alunos em testes, sejam eles seccionais ou longitudinais.

Nas avaliações que coletam dados seccionais, as escolas e os profissionais que nela atuam são avaliados pela proficiência dos alunos, um indicador sobre o qual têm influência em apenas parte dele, pois: (i) parte da proficiência dos alunos está atrelada a fatores extra-escolares, em especial ao seu nível socioeconômico, definidos antes de sua entrada na escola[1]; (ii) a escola só poderia ser responsabilizada pelo período de tempo em que o aluno nela permanece; (iii) mesmo depois da entrada do aluno na escola, ela não é a única a definir a qualidade e o ritmo de sua aprendizagem.

- Para minimizar esses problemas, é mais adequado associar a eficácia escolar ao efeito-escola e não apenas à proficiência média dos alunos na escola. Assim, Escola eficaz "*es aquella que promueve de forma duradera el desarrollo integral de cada uno de sus alumnos más allá de lo que sería inprevisible teniendo en cuenta su rendimiento inicial y la situación social, cultural y económica de sus familias*" (Murillo-Torrecilla *et al*., 2007, p. 83)[2] e efeito-escola é "*el porcentaje de variación en el rendimiento de los alumnos debido a las características procesuales del centro en el que están escolarizados. Y se mediría como un porcentaje de varianza*" (Murillo-Torrecilla, 2005, p. 32).

Para tal é interessante considerar na modelagem que:

> Há dois componentes essenciais da pesquisa avaliativa do efeito-escola: 1) a utilização de métodos estatísticos multinível que levem em conta a natureza composta do processo educacional escolar (alunos acomodados nas salas de aula e estas nas escolas); 2) a necessidade de dados longitudinais sobre os

[1] Os Gráficos 1A e 1B evidenciam essa constatação bastante enfatizada desde a década de 1970, tendo como um de seus principais teóricos Bourdier e Passeron (1975) que explicitam a importância das características sociais da família na definição da trajetória escolar dos alunos nessa mesma racional e quando foi desenvolvido o conceito de capital cultural.

[2] O precursor desse conceito foi Mortimore (1998) quando defirne que escola eficaz é aquela "*onde o progresso do aluno vai além do que seria esperado, levando em consideração as suas características à entrada na escola*" (p.237).

> alunos – dados dos mesmos alunos, acompanhados por vários anos. (LEE, 2010a, p.532)

Como no Brasil, desde a década de 1990, as políticas públicas são subsidiadas por avaliações seccionais, e, 2004, seis universidades brasileiras se juntaram para desenvolver o conhecimento em estudos longitudinais e assim criaram, sem qualquer vínculo governamental, o Projeto GERES - Estudo Longitudinal sobre a Qualidade e Eqüidade no Ensino Fundamental Brasileiro - é uma pesquisa longitudinal de painel na qual uma amostra de alunos e escolas públicas e privadas de cinco importantes cidades brasileiras (Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Salvador, Campo Grande e Campinas) foi observada ao longo de quatro anos.

Este artigo, com dados fornecidos pelo Projeto GERES, traz os resultados da comparação entre dois diferentes modelos multiníveis que envolvem as mesmas variáveis explicativas e processam os mesmos dados longitudinais obtidos em quatro anos consecutivos de escolarização, com o objetivo de verificar a convergência dos resultados encontrados nos dois modelos, isto é, deseja-se verificar se as variáveis explicativas são estatisticamente significativas em ambos os modelos.

O primeiro modelo, elaborado em dois níveis – aluno e escola, analisa as variáveis explicativas ano a ano. O segundo, elaborado em três níveis – ano de escolarização – aluno - escola, agrupa os dados dos quatro anos e insere variáveis *dummies* para o controle dos anos de escolarização e os processa concomitantemente.

Em ambos, a proficiência final dos alunos em leitura é colocada como variável resposta e um conjunto de doze variáveis explicativas, sendo oito para caracterizar o ensino de língua portuguesa no âmbito da escola, três inerentes ao perfil do aluno e a proficiência inicial do aluno, também em leitura.

A modelagem com a proficiência inicial como uma variável explicativa permite que as estimações sejam feitas considerando o conhecimento prévio do aluno em cada ano de escolarização, eliminando assim, boa parte da influência de fatores extra-escolares sobre a sua proficiência final que antecedem a entrada do aluno na escola.

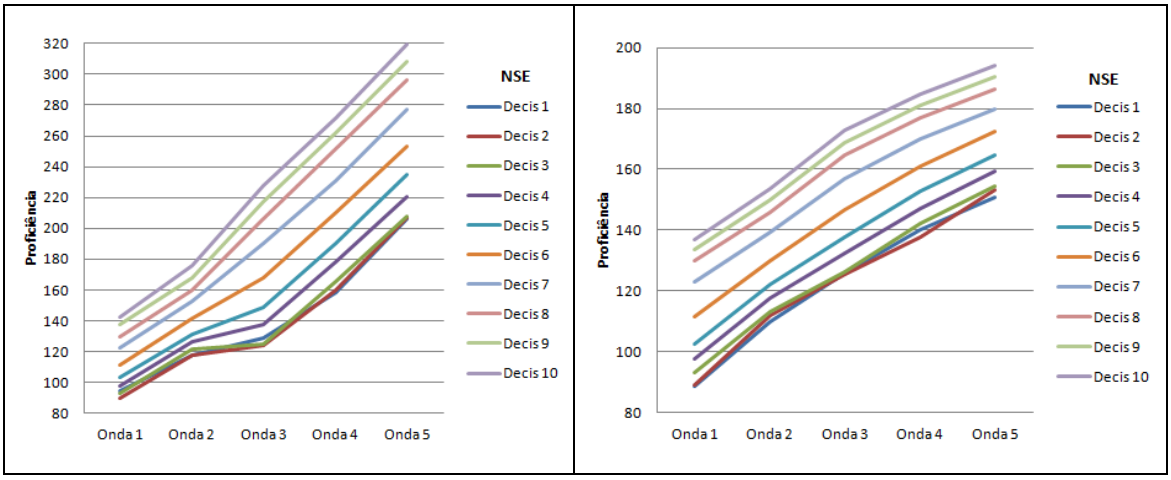
Os Gráficos 1A e 1B[3] explicitam a justificativa para essa decisão metodológica, pois representam as médias das proficiências dos alunos divididos em 10 grupos (denominados decis) classificados pelo nível sócio econômico e evidenciam que, em

[3] Esses gráficos foram elaborados com dados dos alunos que permaneceram na mesma escola durante os quatro anos de escolarização envolvidos na coleta de dados.

média, a proficiência final, independentemente dos anos analisados, são definidas pela proficiência inicial e esta, tem alta correlação com o nível sócio econômico.

Proficiência média dos alunos em cada uma das ondas de em função do NSE

Gráfico 1A – Em matemática **Gráfico 1B – Em Leitura**



Para o processamento foi usado o programa HLM e os dados foram preparados (análise descritiva e redução de variáveis) através com o SPSS.

Após essa introdução, é feita uma breve descrição do Projeto GERES e apresentação conceitual dos modelos multinível, seguidas das especificações das variáveis e dos dois modelos analisados. O texto é finalizado com a comparação e análise dos resultados dos dois modelos.

Projeto Geres

O Projeto GERES[4] teve início em 2004 e foi desenvolvido em uma ação conjunta de seis universidades brasileiras, contando com financiamento da Fundação Ford e do Programa Núcleo de Excelência (CNPq). Seu desenho metodológico é um estudo longitudinal de painel, pois envolve "*a coleta de dados, ao longo do tempo, de uma mesma amostra de respondentes*" (Babbie, 2005, p. 103), que ocorreu no período de 2005 a 2008, seguindo os mesmos alunos de uma amostra de 312 escolas em cinco grandes cidades brasileiras.

[4] Para a obtenção de mais informações sobre o Projeto GERES consultar Brooke e Bonamino (2011) e o site www.geres.ufmg.br.

O Projeto GERES pretendeu identificar: (i) as características escolares que maximizam a aprendizagem dos alunos e que minimizam o impacto da origem social sobre a aprendizagem, (ii) os fatores escolares que diminuem a probabilidade de repetência dos alunos, (iii) os fatores escolares que diminuem o absenteísmo, (iv) os fatores escolares que maximizam a autoestima dos alunos e sua motivação para o estudo.

O banco de dados do Projeto GERES é composto pela medida das proficiências de 35538 alunos em leitura e matemática, estimadas através da Teoria de Resposta ao Item (TRI), em cinco ondas de aplicação de testes padronizados nas quatro primeiras série do Ensino Fundamental[5]. Também foram coletadas, por meio de observação e de questionários, informações sobre os alunos, seus familiares, professores, diretores e da escola.

O desenho metodológico, longitudinal de painel, permite determinar do valor agregado de cada aluno, no entanto, incorpora o fenômeno da mobilidade dos alunos no sistema educacional, uma vez que, no decorrer do tempo, alguns alunos entram e outros saem das escolas que participam da pesquisa, implicando uma redução significativa no número de dados para o cálculo do valor agregado,

> Essa forma de coleta de dados – por meio da qual, em vários momentos, são colhidas informações a respeito do mesmo indivíduo ao longo de um determinado período de tempo – é muito útil para que os pesquisadores possam elaborar sólidas conclusões nos campos da educação. Há muitas dificuldades e problemas típicos desse modelo de coleta de dados, por exemplo, a possibilidade de "perda" de alunos no processo, por transferência, evasão ou ausência no dia da prova. (Lee, 2010, p. 471)

Modelos Multinível (ou Modelos Lineares Hierárquicos)

Modelos multiníveis e modelos lineares hierárquicos são diferentes nomenclaturas para a mesma ferramenta estatística, derivada da regressão linear. A primeira nomenclatura, modelos multinível, é usado pelo pesquisador inglês Goldstein (1999) e está associado ao programa computacional MLWIN, enquanto que a segunda denominação é usada pelos americanos Raudenbush e Bryk (2002) e está associado ao programa computacional HLM.

[5] Na época em que ocorreu a coleta de dados, o Ensino Fundamental no Brasil era de oito, hoje, ampliado para nove anos.

O uso de modelos multinível é requerido pela forma de organização escolar, ou seja, neste estudo, proficiências inicial e final de cada um dos anos de escolarização são "aninhadas" em cada um dos alunos e, por sua vez, esses são "aninhados" em escolas.

Em estudos cujos dados têm essas características de aninhamento ou hierarquização, o uso dos métodos de regressão linear comuns seriam inadequados pois implicaria os seguintes problemas, apontados por Lee (2001, 2008):

- Viés de agregação. Ocorre quando se busca verificar um fenômeno que interfere de forma distinta em diferentes níveis. Por exemplo, o nível sócio econômico do aluno interfere de uma forma quando é considerado individualmente e de outra quando se verifica a sua média no nível de turma ou escola.
- Estimação de erros padrão. Ocorre devido ao tratamento estatístico num nível individual implicando numa (não) variância falsa das informações referentes aos grupos. Por exemplo, numa escola com 300 alunos, existirá uma variabilidade inerente aos dados individuais, no entanto, as variáveis referentes à escola se repetiriam 300 vezes.
- Heterogeneidade dos coeficientes de regressão. Consiste no fato de que mesmas características individuais podem ter influências diferentes em agrupamentos diferentes. Por exemplo, dois alunos pertencentes a um mesmo nível socioeconômico pode ter influências diferentes se eles estiverem em escolas com nível socioeconômico distintos.
- Diferenças entre agrupamentos. O tratamento em um único nível não permite o adequado reconhecimento das diferentes influências entre os diferentes agrupamentos, se a unidade de análise for aluno, ou, da mesma maneira, não permite identificar a influência das características individuais em diferentes agrupamentos, se a unidade de análise for a escola.

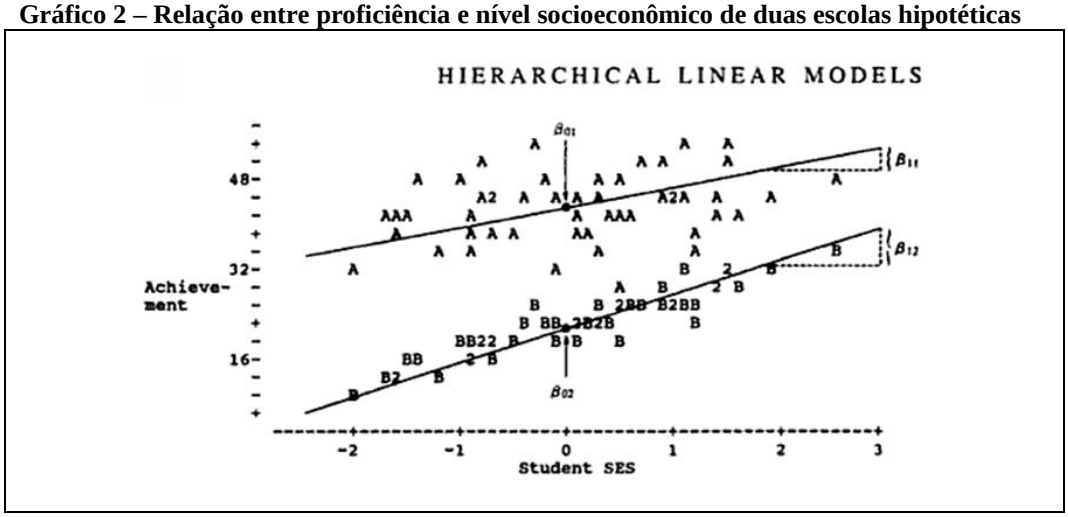
Ferrão (2003, p. 31) explica que os modelos lineares hierárquicos incorporam

> naturalmente, e de forma parcimoniosa, a estrutura hierárquica ou de agrupamento da população em estudo, tratando o intercepto e os coeficientes de inclinação como variáveis aleatórias. Desta forma, o modelo permite a variabilidade das estimativas entre os grupos. Vale enfatizar que, no modelo de regressão linear clássico, tanto intercepto como os coeficientes de

inclinação são fixos – este é o ponto crucial no qual as duas abordagens diferem.

O Gráfico 2 mostra a dispersão da proficiência dos alunos de duas diferentes escolas hipotéticas em função do nível socioeconômico desses alunos e também a reta que melhor se ajusta a cada uma das escolas.

Gráfico 2 – Relação entre proficiência e nível socioeconômico de duas escolas hipotéticas



Fonte: Raudenbush e Bryk (2002, p. 18)

Ainda do Gráfico 2 podemos observar a determinação de diferentes interceptos para cada escola (*β_01* e *β_02*) e também os coeficientes de inclinação (*β_11* e *β_12*) , caracterizando assim esses coeficientes de regressão como sendo variáveis aleatórias no modelo, permitindo um ajuste para cada o contexto de cada uma das escolas.

Ferrão (2003) destaca as seguintes vantagens da utilização do modelo de regressão linear hierárquico:

- Possibilita a obtenção de estimativas eficientes coeficientes de regressão ;
- Leva em conta a informação sobre o agrupamento dos dados, tornando erros-padrão, intervalos de confiança e testes de hipóteses corretos;
- Permite o uso de variáveis explicativas mensuradas em cada nível da hierarquia, permitindo o analista a exploração detalhada do impacto e da contribuição de cada nível para a variabilidade da variável resposta;
- Permite estabelecer listas comparativas do desempenho institucional, que vem ganhando relevo na educação evidenciando a impossibilidade técnica de

estabelecer listas ordenadas das escolas tal como elas têm sido apresentadas em alguns países[6].

Note-se ainda, a possibilidade de se calcular a variabilidade dos dados no interior de cada uma das escolas e, devido à hierarquização dos dados (ou agrupamento), também a variabilidade entre as escolas.

Essa possibilidade permite estudar a variabilidade dos dados e dimensionar o quanto dessa variabilidade depende do perfil do aluno e quanto depende do perfil da escola. Dito de outra forma, esta possibilidade permite estimar o quanto as características das escolas interferem nessa variabilidade, ou seja, qual é o efeito escola.

Definição da amostra de dados e variáveis envolvidas nos modelos

São dois os critérios usados para a seleção dos registros a serem considerados neste estudo:

- ter duas medidas consecutivas proficiências dos alunos para possibilitar o cálculo do valor agregado no respectivo ano de escolarização;
- ter informações nas variáveis selecionadas no estudo.

Com essa redução, os modelos trabalharão com um total de 34657 registros (58,3% do total de 59464 registros existentes), 12180 alunos (correspondendo a 34,3% dos 35538 que possuem alguma informação) e 229 escolas (de 73,4% do total das 312 existentes). A Tabela 01 mostra o número de escolas por cidade e dependência administrativa que permanecem neste estudo.

Tabela 01 - Distribuição das escolas por cidade e dependências administrativas

Pólo	Rede escolar (dependência administrativa)				Total
	Especial	Estadual	Municipal	Privada	
Belo Horizonte	1	20	20	18	59
Campinas	0	16	21	18	55
Campo Grande	0	18	20	12	50
Rio de Janeiro	8	0	33	24	65
Salvador[7]	0	0	0	0	0

[6] Essa observação é importante pois a qualidade, conceito subjacente ao de avaliação, é multidimensional já que a escola é uma instituição complexa cuja eficácia depende, concomitantemente, de muitas variáveis. Assim, representar um patamar de qualidade da em uma única indicador é um reducionismo inadequado que dificulta a avaliação de sua eficácia.

[7] A cidade de Salvador foi eliminada do estudo por uma decisão metodológica na coleta de dados. Nesta cidade, os alunos participaram da primeira onda quando estavam matriculados na 2ª série e, com isso, não puderam participar da 5ª Onda.

Total	9	54	94	72	229

A definição do número de registros utilizáveis nos modelos é relevante já que interferem diretamente no cálculo do peso amostral, considerados neste estudo, e consequentemente na estimação dos coeficientes encontrados nos modelos.

O Quadro 01 apresenta as treze variáveis envolvidas neste estudo.

Quadro 01 - Variáveis envolvidas do estudo

Variável		Descrição
Dados sobre o aluno	LeitF	Proficiência final em cada um dos quatro anos de escolarização.
	LeitI	Proficiência inicial em cada um dos quatro anos de escolarização.
	RET	Variável que recebe o valor 1 quando o aluno sofreu alguma retenção no processo por isso cursa alguma série diferente daquela em que o teste foi aplicado.
	PRE	Indica se o aluno fez a pré-escola
	NSE	Nível sócio-econômico dos alunos GERES
Dados sobre o ensino da escola	DC	Frequência do dever de casa
	PL	Proposição de leitura
	PR	Proposição de redação
	PC	Proposição de cópia ou caligrafia
	EL	Proposição de leitura individual é precedida da explicação do professor
	LC	Leitura em prática coletiva
	LP	Leitura individual e produção de texto individual
	IL	Grau de importância inerente a indicação externa do livro

Obs.: as oito últimas variáveis desse quadro são fatores encontrados a partir de constructos elaborados a partir dos questionários de contexto através da Análise Fatorial Exploratória, descrita detalhadamente em Faccenda, Dalben e Freitas (2011).

Primeiro Modelo

Este modelo faz a estimação dos coeficientes ano a ano, separadamente, e é definido em dois níveis:

Nível 1: Aluno, onde estão as informações de contexto de cada um desses alunos, sua proficiências inicial e final e o indicador se foi reprovado durante o processo;

Nível 2: Escola, onde estão as informações associadas ao ensino de língua portuguesa no âmbito da escola, como mostra o Quadro 01.

O Modelo Nulo, que não tem qualquer variável explicativa inserida, permite apenas estimar a partição da variância entre os três níveis.

As equações desse modelo, em uma representação teórica, ficariam assim definidas:

Nível 1: $LeitF_{jk} = \beta_{0k} + e_{jk}$ Nível 2: $\beta_{0k} = \gamma_{00} + u_{0k}$

$e_{jk} \sim NID(0, \sigma_e^2)$; $u_{0k} \sim NID(0, \sigma_{u0}^2)$ e independentes entre si.

Onde:

- $LeitF_{jk}$ é proficiência final do respectivo ano de escolarização do aluno *j*, na escola *k*;
- β_{0k} é proficiência final média de cada uma das *k* escolas, calculada com base nas proficiência finais obtidas por esse aluno no respectivo ano de escolarização;
- e_{jk} é o erro de estimativa do modelo (distúrbio aleatório) associado às proficiências finais do aluno *j*, na escola *k*, não captados pela componente determinística do modelo referente ao Nível 1;
- γ_{00} é a média das proficiências finais das *k* escolas;
- u_{0k} é o erro de estimativa do modelo (distúrbio aleatório) associado proficiências médias das *k* escolas, não captado pela componente determinística do modelo referente ao Nível 2;
- σ_e^2 representa a variância do erro de estimativa e_{jk};
- σ_{u0}^2 representa a variância do erro de estimativa u_{0k}. Deve ser interpretado como a variância do erro que fica entre as médias das proficiências finais das escolas em relação à média geral. É a variância entre as médias das escolas.

Essas duas últimas estimativas permitirão o cálculo da partição da variância inerente a cada um dos níveis, afinal a variância total do modelo é dada pela soma delas. Assim, o Modelo Nulo proporciona essas estimativas e são calculadas da seguinte forma:

Parte da variação que se deve ao Nível 1	Parte da variação que se deve ao Nível 2
$\dfrac{\sigma_e^2}{\sigma_e^2 + \sigma_{u_0}^2}$	$\dfrac{\sigma_{u_0}^2}{\sigma_e^2 + \sigma_{u_0}^2}$

Os resultados do processamento do Modelo Nulo para cada ano dos quatro anos de escolarização estudados estão expressos na Tabela 02.

Tabela 02 – Estimativas do Modelo Nulo

	Período			
	Ano1	**Ano2**	**Ano3**	**Ano4**
R (Nível 1)	262,38	433,36	442,61	411,86
U0 (Nível 2)	286,64	352,48	442,02	405,26
Entre alunos	47,8%	55,1%	50,0%	50,4%
Entre escolas (ICC)	52,2%	44,9%	50,0%	49,6%

Os resultados da Tabela 02 parecem ser coerentes, visto que é esperado que haja uma significativa diferença entre os alunos e o mesmo entre as escolas, uma vez que há escolas pertencentes a diferentes redes de ensino.

Após a inserção das variáveis explicativas, em ambos os níveis, o modelo fica assim definido:

Nível 1:
$LeitF_{jk} = \beta_{0k} + \beta_{1k} LeitI_{jk} + \beta_{2k} RET_{jk} + \beta_{3k} PRE_{jk} + \beta_{4jk} NSE_{jk} + e_{ijk}$
Nível 2:
$\beta_{0k} = \gamma_{00} + \gamma_{01} DC_k + \gamma_{02} PL_k + \gamma_{03} PR_k + \gamma_{04} PC_k + \gamma_{05} EL_k + \gamma_{06} LC_k + \gamma_{07} LP_k + \gamma_{08} IP_k + u_{00}$
$\beta_{1k} = \gamma_{10} + \gamma_{11} DC_k + \gamma_{12} PL_k + \gamma_{13} PR_k + \gamma_{14} PC_k + \gamma_{15} EL_k + \gamma_{16} LC_k + \gamma_{07} LP_k + \gamma_{18} IP_k$
$\beta_{2k} = \gamma_{20} + \gamma_{21} DC_k + \gamma_{22} PL_k + \gamma_{23} PR_k + \gamma_{24} PC_k + \gamma_{25} EL_k + \gamma_{26} LC_k + \gamma_{27} LP_k + \gamma_{28} IP_k$
$\beta_{3k} = \gamma_{30} + \gamma_{31} DC_k + \gamma_{32} PL_k + \gamma_{33} PR_k + \gamma_{34} PC_k + \gamma_{35} EL_k + \gamma_{36} LC_k + \gamma_{37} LP_k + \gamma_{38} IP_k$
$\beta_{4k} = \gamma_{40} + \gamma_{41} DC_k + \gamma_{42} PL_k + \gamma_{43} PR_k + \gamma_{44} PC_k + \gamma_{45} EL_k + \gamma_{46} LC_k + \gamma_{47} LP_k + \gamma_{48} IP_k$
$\beta_{5k} = \gamma_{50} + \gamma_{51} DC_k + \gamma_{52} PL_k + \gamma_{53} PR_k + \gamma_{54} PC_k + \gamma_{55} EL_k + \gamma_{56} LC_k + \gamma_{57} LP_k + \gamma_{58} IP_k$

Segundo Modelo

Este modelo agrupa as informações em um único banco de dados e as equações usadas para a estimação seguem a seguinte lógica de hierarquização:

- As proficiências dos alunos, coletadas em quatro anos (uma linha de base no início do primeiro ano de escolarização e as demais, ao final de cada ano) são agrupadas por alunos.
- Esses alunos são agrupados por escolas.

Nesta lógica, o modelo é construído com três níveis hierárquicos:

Nível 1: Ano de escolarização, onde são registradas as proficiências inicial e final de cada um dos anos de escolarização, de cada um dos alunos pertencentes ao banco de dados, além da informação se ele foi retido durante o processo;

Nível 2: Aluno, onde estão as informações de contexto de cada um desses alunos, que neste estudo se limitou a controlar se o alunos participou da pré-escola e o seu nível socioeconômico;

Nível 3: Escola, onde estão as informações associadas ao ensino de língua portuguesa no âmbito da escola, como mostra o Quadro 01.

Assim como no primeiro modelo, o processamento sem a inserção de qualquer variável explicativa permite apenas estimar a partição da variância entre os três níveis.

Em uma representação teórica, tendo $LeitF_{ijk}$ como a proficiência final de cada um dos alunos nos diferentes anos de escolarização, as equações desse modelo ficariam:

Nível 1: $LeitF_{ijk} = \beta_{0jk} + e_{ijk}$ Nível 2: $\beta_{0jk} = \gamma_{0j} + u_{0jk}$ Nível 3: $\gamma_{00j} = \pi_{000} + r_{00k}$

$e_{ijk} \sim NID(0, \sigma_e^2)$; $u_{0jk} \sim NID(0, \sigma_{u0}^2)$; $r_{00k} \sim NID(0, \sigma_{r00}^2)$ e independentes entre si.

Onde:

- $LeitF_{ijk}$ é proficiência final do ano de escolarização *i*, do aluno *j*, na escola *k*;
- β_{0jk} é proficiência final média de cada um dos *j* alunos, de cada uma das *k* escolas, calculada com base nas proficiência finais obtidas por esse aluno ao final de cada ano de escolarização;
- e_{ijk} é o erro de estimativa do modelo (distúrbio aleatório) associado às proficiências finais do aluno *j*, na escola *k*, tendo como referência a média das proficiências finais desse aluno, não captados pela componente determinística do modelo referente ao Nível 1;
- γ_{0j} é a média das proficiências média de cada um dos *j* alunos da escola *k*;
- u_{0jk} é o erro de estimativa do modelo (distúrbio aleatório) associado às médias das proficiências médias de cada um dos *j* alunos da escola *k*, tendo como referência a média das proficiências finais médias de cada um dos alunos dessa escola, ou seja, são os efeitos contextuais dos alunos da escola j, não captados pela componente determinística do modelo referente ao Nível 2;
- π_{000} é a média das proficiências finais médias de cada uma das *k* escolas;
- r_{00k} é o erro de estimativa do modelo (distúrbio aleatório) associado às médias das proficiências finais médias de cada uma das escolas *k*, tendo como referência a

média das proficiências finais médias de cada uma das escolas, ou seja, são os efeitos contextuais das escolas *k*, não captados pela componente determinística do modelo referente ao Nível 3;

- σ_e^2 representa a variância do erro de estimativa e_{ijk}. Deve ser interpretado como a variância do erro que fica nas diferentes proficiências finais de um mesmo aluno. Poderia ser chamada, se fizesse sentido, de variância do desempenho do aluno nos diferentes anos;
- σ_{r0}^2 representa a variância do erro de estimativa u_{0jk}. Deve ser interpretado como a variância do erro que fica entre as médias das proficiências finais dos alunos de uma mesma escola. É a variância intraescolar;
- σ_{u00}^2 representa a variância do erro de estimativa r_{00k}. Deve ser interpretado como a variância do erro que fica entre as médias das proficiências finais das escolas em relação à média geral. É a variância entre as escolas.

Essas três últimas estimativas permitirão o cálculo da partição da variância inerente a cada um dos níveis, afinal a variância total do modelo é dada pela soma delas. Assim, o Modelo Nulo proporciona essas estimativas e são calculadas da seguinte forma:

Parte da variação que se deve ao Nível 1	Parte da variação que se deve ao Nível 2	Parte da variação que se deve ao Nível 3
$\frac{\sigma_e^2}{\sigma_e^2 + \sigma_{r_0}^2 + \sigma_{u_{00}}^2}$	$\frac{\sigma_{r_0}^2}{\sigma_e^2 + \sigma_{r_0}^2 + \sigma_{u_{00}}^2}$	$\frac{\sigma_{u_{00}}^2}{\sigma_e^2 + \sigma_{r_0}^2 + \sigma_{u_{00}}^2}$

Com o processamento desse Modelo Nulo, a variância total dos dados é de 820,29 e que, dessa variância, 54,9% devem-se às diferenças entre as proficiências de cada um dos alunos medidas nos diferentes momentos, 24,2% devem-se às diferenças entre os alunos de uma mesma escola e 21,0% devem-se às diferenças entre as escolas. Desse modelo, comparando apenas a variância entre as escola e alunos (desconsiderando, portanto, a variância do Nível 1) é estimado que 53,5% da variância devem-se às diferenças entre os alunos de uma mesma escola e 46,5% devem-se às diferenças entre as escolas.

Esses resultados também parecem ser coerentes, já que há escolas pertencentes a diferentes redes de ensino, da mesma forma que foi constatado no primeiro modelo analisado.

A variância encontrada no Nível 1 deve-se, dentre outros motivos, ao diferente desempenho cognitivo do alunos nos diferentes anos de escolarização e por estarem no mesmo arquivo os alunos que foram retidos em pelo menos um dos anos de escolarização. Para controlar esses efeitos foram inseridas as seguintes variáveis:

- a proficiência inicial (*LeitI*);
- variáveis *dummy* para controle do ano de escolarização (*T2, T3* e *T4*);
- interações dessas variáveis *dummies* com a proficiência inicial (*T2*LeitI, T3*LeitI* e *T4*LeitI*);
- indicador se o aluno foi retido ou não durante o processo (*RET*).

Com essas inserções, o modelo fica assim definido:

Nível 1:		
$LeitF_{ijk} = \beta_{0jk} + \beta_{1jk}T2 + \beta_{2jk}T3 + \beta_{3jk}T4\beta_{4jk}LeitI_{ijk} + \beta_{5jk}T2*LeitI_{ijk} + \beta_{6jk}T3*LeitI_{ijk} + \beta_{7jk}T4*LeitI_{ijk} + \beta_{8jk}RET_{ijk} + e_{ijk}$		
Nível 2:		
$\beta_{0jk} = \gamma_{00j} + \gamma_{01j}PRE + \gamma_{02j}NSE + u_{0jk}$		
$\beta_{1jk} = \gamma_{10j} + \gamma_{11j}PRE + \gamma_{12j}NSE$		
$\beta_{2jk} = \gamma_{20j} + \gamma_{21j}PRE + \gamma_{22j}NSE$		
$\beta_{3jk} = \gamma_{30j} + \gamma_{31j}PRE + \gamma_{32j}NSE$		
$\beta_{4jk} = \gamma_{40j} + \gamma_{41j}PRE + \gamma_{42j}NSE + u_{4jk}$		
$\beta_{5jk} = \gamma_{50j} + \gamma_{51j}PRE + \gamma_{52j}NSE$		
$\beta_{6jk} = \gamma_{60j} + \gamma_{61j}PRE + \gamma_{62j}NSE$		
$\beta_{7jk} = \gamma_{70j} + \gamma_{71j}PRE + \gamma_{72j}NSE$		
$\beta_{8jk} = \gamma_{80j}$		
Nível 3		
$\gamma_{00j} = \pi_{000} + \pi_{001}DC + \pi_{002}PL + \pi_{003}PR + \pi_{004}PC + \pi_{005}EL + \pi_{006}LC + \pi_{007}LP + \pi_{008}IL + r_{00k};$	$\gamma_{01j} = \pi_{010};$	$\gamma_{02j} = \pi_{020};$
$\gamma_{10j} = \pi_{100} + \pi_{101}DC + \pi_{102}PL + \pi_{103}PR + \pi_{104}PC + \pi_{105}EL + \pi_{106}LC + \pi_{107}LP + \pi_{108}IL;$	$\gamma_{11j} = \pi_{110};$	$\gamma_{12j} = \pi_{120};$
$\gamma_{20j} = \pi_{200} + \pi_{201}DC + \pi_{202}PL + \pi_{203}PR + \pi_{204}PC + \pi_{205}EL + \pi_{206}LC + \pi_{207}LP + \pi_{208}IL;$	$\gamma_{21j} = \pi_{210};$	$\gamma_{22j} = \pi_{220};$

$\gamma_{30j} = \pi_{300} + \pi_{301}DC + \pi_{302}PL + \pi_{303}PR + \pi_{304}PC + \pi_{305}EL + \pi_{306}LC + \pi_{307}LP + \pi_{308}IL;$	$\gamma_{31j} = \pi_{310};$	$\gamma_{32j} = \pi_{320};$
$\gamma_{40j} = \pi_{400} + \pi_{401}DC + \pi_{402}PL + \pi_{403}PR + \pi_{404}PC + \pi_{405}EL + \pi_{406}LC + \pi_{407}LP + \pi_{408}IL + r_{40k};$	$\gamma_{41j} = \pi_{410};$	$\gamma_{42j} = \pi_{420};$
$\gamma_{50j} = \pi_{500} + \pi_{501}DC + \pi_{502}PL + \pi_{503}PR + \pi_{504}PC + \pi_{505}EL + \pi_{506}LC + \pi_{507}LP + \pi_{058}IL;$	$\gamma_{51j} = \pi_{510};$	$\gamma_{52j} = \pi_{520};$
$\gamma_{60j} = \pi_{600} + \pi_{601}DC + \pi_{602}PL + \pi_{603}PR + \pi_{604}PC + \pi_{605}EL + \pi_{606}LC + \pi_{607}LP + \pi_{608}IL;$	$\gamma_{61j} = \pi_{610};$	$\gamma_{62j} = \pi_{620};$
$\gamma_{70j} = \pi_{700} + \pi_{701}DC + \pi_{702}PL + \pi_{703}PR + \pi_{704}PC + \pi_{705}EL + \pi_{706}LC + \pi_{707}LP + \pi_{708}IL;$	$\gamma_{71j} = \pi_{010};$	$\gamma_{72j} = \pi_{720};$
$\gamma_{80j} = \pi_{800}.$		

Em que,

- β_{0jk} representa proficiência final média dos alunos, de cada uma das *k* escolas, que tiraram zero de proficiência inicial. Esta é uma interpretação que não tem qualquer sentido real, já que não há alunos que tiram zero na proficiência inicial;
- β_{2jk} e β_{3jk} serão os acréscimos médios que deverão ser feitos à β_{0jk} para que se determine a proficiência média final obtida por esses alunos no terceiro e quarto ano, respectivamente;
- $LeitI_{ijk}$ é proficiência inicial do aluno *j*, da escola *k* no primeiro ano de escolarização;
- β_{4jk} é o incremento que deve ser feito a β_{0jk} para cada unidade de proficiência inicial que o aluno *j*, da escola *k*, obtenha no primeiro ano de escolarização ($LeitI_{ijk}$);
- β_{5jk}, β_{6jk} e β_{7jk} são os acréscimos médios que devem ser feitos à β_{4jk} para que se determine o incremento à influência que a proficiência inicial tem na proficiência final em cada um dos anos de escolarização
- β_{8jk} é a estimativa da proficiência que deve ser feito a β_{0jk} referente ao *status* dos alunos não retidos durante o processo de coleta de dados;
- Os demais componentes das equações são os coeficientes vinculados a cada uma das variáveis inseridas no modelo.

Com essa modelagem podem ser estimados os parâmetros da reta que melhor se ajusta a cada um dos quatro anos de escolarização. O Quadro 02 apresenta esses parâmetros em cada um dos anos de escolarização

Quadro 02 – Parâmetros da reta de cada um dos anos de escolarização

Ano de escolarização	T2	T3	T4	T2*LeitI	T3*LeitI	T4*LeitI	Intercepto da reta	Coeficiente de Inclinação
1	0	0	0	0	0	0	β_{0jk}	β_{4jk}
2	1	0	0	LeitI	0	0	$\beta_{0jk}+\beta_{1jk}$	$\beta_{4jk}+\beta_{5jk}$
3	0	1	0	0	LeitI	0	$\beta_{0jk}+\beta_{2jk}$	$\beta_{4jk}+\beta_{6jk}$
4	0	0	1	0	0	LeitI	$\beta_{0jk}+\beta_{3jk}$	$\beta_{4jk}+\beta_{7jk}$

Neste modelo foram considerados os efeitos aleatórios apenas no intercepto e na inclinação do primeiro ano de escolarização, algo que seria também interessante considerar para os demais anos de escolarização, porém essa decisão metodológica implicaria acumular efeitos aleatórios sobre outros efeitos aleatórios (já que os parâmetros para intercepto e inclinação dos diferentes anos são somados aos do primeiro ano, conforme Quadro 01), dificultando a convergência na estimação dos parâmetros e a interpretação dos resultados.

Com a colocação do efeito aleatório apenas nos parâmetros da reta do primeiro ano, assume-se que os seus valores poderão ser diferentes entre os alunos de uma mesma escola e que há diferença entre as escolas. Ao mesmo tempo, esses parâmetros serão iguais nos demais anos de escolarização, implicando assim, uma limitação frente à realidade. Para atenuar essa limitação, poderão ser inseridas variáveis explicativas nos níveis de aluno e de escola que permitirão fazer a distinção entre eles.

Comparação dos resultados encontrados nos dois modelos.

Em ambos os modelos, todas as variáveis explicativas foram inseridas no modelo no Nível 1 e foram sendo retiradas uma a uma, em função do pior resultado apresentado no *p*-value, sendo mantidas aquelas com valor inferior a 0,05, que indica que é estatisticamente significativa. Esse processo se repetiu nos demais níveis.

O objetivo deste estudo se limitou a comparar os resultados dos dois modelos e verificar se as variáveis mantidas nos dois modelos eram as mesmas.

O resultado encontrado nos dois modelos está apresentado no Quadro 03, onde estão marcadas as variáveis estatisticamente significativas e em destaque aquelas que foram coincidentes em ambos os modelos.

Quadro 03 - Variáveis significativas nos dois modelos

Variáveis		**Modelo 2 níveis**					**Modelo 3 níveis**			
		Ano1	**Ano2**	**Ano3**	**Ano4**		**Ano1**	**Ano2**	**Ano3**	**Ano4**
RET			***X***	***X***	***X***			***X***	***X***	***X***
PRE		***X***	***X***		**X**		***X***	***X***	x	***X***
NSE		***X***	***X***	***X***	***X***		***X***	***X***	***X***	***X***
DC		x						X		
PL		x								
PR										
PC									x	
EL			x					x		
LC										
LP							x	x	x	x
IL					x					

Como pode ser observado, as únicas variáveis estatisticamente significativas nos dois modelos foram:

- *RET*, que indica se o aluno foi retido em pelo menos um ano durante o processo de coleta de dados;
- NSE, que indica o nível sócio econômico dos alunos;

No primeiro modelo, o valor encontrado foi de 20, 14 e 5 pontos para o segundo terceiro e quarto ano, respectivamente. Pelas características do segundo modelo o valor estimado para a variável *RET*, que corresponde à média da defasagem em pontos de proficiência dos quatro anos de escolarização, foi de 5 pontos. O primeiro ano, evidentemente, não alunos considerados retidos para a coleta de dados.

Mais uma vez, se confirma a importância do nível socioeconômico no desempenho dos alunos, e neste caso, mesmo depois da sua entrada na escola. A Tabela 03 sintetiza o incremento na proficiência final para cada ponto na escala de NSE.

Tabela 03 - Incremento devido ao NSE

	Modelo	
	Primeiro	**Segundo**
	2 níveis	**3 níveis**
Ano1	2,7	3,5
Ano2	2,1	1,4
Ano3	1,4	1
Ano4	2,5	2,4

Outra variável que ficou discrepante em apenas um ano foi a que controla se o aluno fez a pré-escola antes do ensino fundamental. A Tabela 04 sintetiza o incremento na proficiência final caso o aluno tenha curso a pré-escola.

Tabela 04 - Incremento devido ao presença na pré-escola

	Modelo	
	Primeiro	**Segundo**
	2 níveis	**3 níveis**
Ano1	3,1	2,3
Ano2	2,4	4,3
Ano3	-	2,3
Ano4	2,7	2,3

Outro aspecto que deve ser evidenciado é que essas três variáveis são associadas ao perfil do aluno, ou seja, houve uma tendência de que as variáveis associadas à escola tendem à não convergência, quando comparado os resultados desses dois modelos.

Diversas hipóteses de explicação podem ser apresentadas para essa não convergência, mas, dentre elas, a principal seria a fragilidade dos dados finais que perpassam por todo o processo, a começar pela qualidade dos instrumentos usados, da aplicação dos instrumentos e tratamentos posterior dado a eles.

No entanto, o aspecto a ser destacado, dado o objetivo do trabalho é a constatação de que modelos estatísticos diferentes podem produzir resultados diferentes mesmo quando processam os mesmos dados.

Essa constatação perde sua relevância quando os estudos quantitativos forem usados para orientar outras pesquisas de natureza qualitativa, mas num contexto oposto, quando em uma lógica meritocrática (quase-mercado) os resultados tornam as avaliações em exames de alto impacto. Ao mesmo tempo em que essa constatação fere a

visão determinística dos modelos estatísticos, corrobora com os atuais estudos americanos que envolvem dados longitudinais e apontam a instabilidade desses modelos.

Nesse sentido, é válido o alerta dados por Freitas (2003) quando afirma que

> a escola é um pouco mais complexa do que um conjunto de variáveis a serem manipuladas, e os valores dessa variáveis são de difícil estabilização e a transferência para outras situações. [...] Isso não significa dizer que nada há a ser aprendido com os estudos quantitativos e com as avaliações de larga escala. Significa que devemos colocá-los em seu devido lugar. (p.35)

Bibliografia

Babbie, E. (2005) *Métodos de pesquisa survey.* (3ª. Ed.).Belo Horizonte: Ed UFMG.

Bourdieu, P.; Passeron, J. C. (1975). A reprodução: elementos para uma teoria do sistema de ensino. Rio de Janeiro: Editora Francisco Alves.

Brooke, N.; Bonamino, A. (Eds.). (2011). *GERES 2005: Razões e Resultados de uma Pesquisa Longitudinal sobre Eficácia Escolar*. Rio de Janeiro: Walprint.

Faccenda, O.; Dalben, A.; Freitas, L.C. (2011) Capacidade explicativa de questionários de contexto: aspectos metodológicos. In: *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*. Vol. 92, nº 231.

Ferrão, M.E. (2003). *Introdução aos modelos de regressão multinível em educação*. Campinas: Komedi.

FREITAS, L.C. (2003) *Ciclos, seriação e Avaliação: Confronto de lógicas*. São Paulo: Moderna.

Goldestein, H. (1999). *Multilevel Statistical Models.* Londres: Institute of Education.

Mortimore, P. (1998). *The Road to Improvement: Reflections on School Effectiveness.* The Netherlands: Swets & Zeitlinger Publishers.

Murillo-Torrecilla, F. J. (2005). *¿Importa la escuela? Una estimación de los efectos escolares en España.* In: Tendencias Pedagógicas, 10, pp. 29-45.

Murillo-Torrecilla, F. J. et al. (2007). Investigación iberoamericana sobre eficacia escolar. Bogotá: Convenio Andrés Bello.

Lee, V.E. (2001). What are multilevel questions, and how might we explore them with quantitative methods? In: *Estudos em Avaliação Educacional*, São Paulo, v. 24, p. 31-45.

Lee, V.E. (2008). Utilização de modelos Hierárquicos lineares para estudar contextos sociais: o caso dos efeitos escola. In: Brooke, N. & Soareas, J. F. *Pesquisa em eficácia escolar: origem e trajetórias.* Belo Horizonte: Editora UFMG.

Lee, V.E. (2010). A necessidade dos dados longitudinais na identificação do efeito-escola. In *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, Brasília, v. 91, n. 229, p. 471-480, set./dez.

Lee, V.E. (2010a) Dados longitudinais em educação: um componente essencial da abordagem de valor agregado no que se refere à avaliação de desempenho escolar. In: Estudos em Avaliação Educacional,São Paulo, v. 21, n. 47, p. 531-542, set./dez.

Raundenbush, S.W. & Bryk, A.S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods.* Califonia: Sage.