



Efeito Escola e Gradiente Socioeconômico no Brasil: A Lição do "PISA Shock" sob Análise nos Dados de 2018

Quantificando o Papel da Gestão e do Clima Escolar na Equidade Educacional

Análise dos Microdados PISA 2018 via Mineração de Dados Educacionais (EDM)

Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

Programa de Pós-Graduação em Informática (Mestrado)

Disciplina: Inteligência Artificial Aplicada à Educação

Autor: Fábio Linhares

Orientador: Prof. Dr. Ig Ibert Bittencourt Santana Pinto

Ano: 2025

Resumo

Inspirado pelas reformas educacionais pós-"PISA Shock" na Alemanha, que focaram no clima escolar como alavanca de equidade, este artigo investiga se premissa similar se aplica ao Brasil. Analisamos o efeito escola utilizando microdados do PISA 2018 de alunos ($n = 10.691$) e

escolas ($n = 597$) por meio de modelos de regressão ponderada (WLS) e modelos multinível (MixedLM) com intercepto e inclinação aleatórios. O pipeline de Mineração de Dados Educacionais (EDM) incluiu a união das bases STU_BRA, FLT_BRA e SCH_BRA, reversão de escalas WLE, imputação múltipla (IterativeImputer) e agregação ponderada. Os resultados mostram que climas organizados elevam a média de proficiência (+6 a +7 pontos), confirmando a H2. No entanto, ao contrário da expectativa teórica, a interação ESCS \times clima é positiva ($\approx +1$ ponto), tornando o gradiente mais íngreme e refutando a H1 (a "lição alemã" de equidade). O coeficiente de correlação intraclasse (ICC) manteve-se alto (0,22–0,26), indicando que 22–26% da variância persiste entre escolas. Discutimos por que, no Brasil, a melhoria do clima pode não ser suficiente para gerar equidade, apontando limitações (ausência de PVs e BRR) e diretrizes de reprodutibilidade.

Palavras-chave: PISA 2018; PISA Shock; efeito escola; gradiente socioeconômico; modelos multinível; clima escolar; equidade.

1. Introdução

Quando a Alemanha recebeu seus resultados do PISA 2000 e se viu abaixo da média da OCDE, a reação nacional ficou conhecida como "PISA Shock"[101]. Esse "choque" desencadeou profundas reformas, com um foco renovado não apenas em padrões de ensino, mas em fatores institucionais governáveis, como a gestão e o clima escolar. A literatura sugere que parte da subsequente recuperação alemã esteve ligada à premissa de que um clima escolar positivo e organizado poderia servir como um motor duplo: elevar a proficiência média (qualidade) e, crucialmente, reduzir a dependência do desempenho em relação à origem socioeconômica (equidade), achatando o gradiente.

O Brasil, embora não tenha tido um "choque" singular, enfrenta cronicamente os mesmos desafios: baixo desempenho médio no PISA e um dos gradientes socioeconômicos mais íngremes entre os países participantes. A eficácia escolar, portanto, torna-se central no debate de políticas públicas.

Este estudo importa a premissa alemã para o contexto brasileiro. Investigamos se as lições do PISA Shock se aplicam aqui: será que fatores institucionais, como o clima disciplinar, atuam como moderadores da desigualdade?

1.1 Perguntas e Hipóteses de Pesquisa

Buscamos responder às seguintes perguntas:

- **Q1:** Quanto da variância nas proficiências de Leitura, Matemática e Ciências está entre escolas (ICC)?
- **Q2:** O clima escolar e o ESCS médio da escola agregam poder explicativo além do ESCS individual?
- **Q3:** Escolas com melhor clima/gestão apresentam gradientes socioeconômicos mais planos (achatados)?

Três hipóteses guiam a investigação:

- **H1 (A Hipótese da Equidade):** Inspirada na "lição alemã", esperamos que o clima disciplinar eficaz reduza a inclinação ESCS → proficiência (gradiente mais plano).
- **H2 (A Hipótese do Desempenho):** As mesmas condições elevam as médias de proficiência, controlando a composição socioeconômica.
- **H3 (A Hipótese da Variância):** A introdução de variáveis de clima/gestão deve reduzir o ICC, explicando parte do "efeito escola".

2. Dados e Preparação

2.1 Abordagem EDM

Todo o pipeline segue a lógica de Mineração de Dados Educacionais: ingestão de múltiplas bases PISA, tratamento minucioso (reescalonamento, imputação, agregação ponderada) e aplicação de modelos explicativos. Não utilizamos algoritmos de machine learning de caixa-preta; privilegiamos regressões ponderadas e modelos multinível pela capacidade de interpretar efeitos e quantificar o gradiente socioeconômico — prática consolidada na literatura de EDM.

2.2 Fontes e Cobertura

- **STU_BRA.xlsx:** respostas dos estudantes ($n = 10.691$) com proficiências (READ, MATH, SCIE), índice ESCS, clima e controles.
- **FLT_BRA.xlsx:** escalas cognitivas e índices motivacionais (mesmas proficiências já agregadas; não há PVs nesta extração brasileira).
- **SCH_BRA.xlsx:** questionário dos diretores (recursos, clima, financiamento).

Todos os cálculos aplicaram o peso final SENWT, respeitando o plano amostral do PISA para representar a população de estudantes de 15 anos matriculados em escolas brasileiras.

2.3 Pipeline de Preparação

- 1. **Correção de IDs:** o CNTSTUID do FLT recebeu -50.000 para casar com STU (merge *one_to_one*).
- 2. **Reversão das escalas WLE:** índices como ESCS, DISCLIMA, JOYREAD, SCREADCOMP e BELONG foram convertidos de $(\text{valor} + 5) \times 1000$ para a escala original (média 0, DP ≈ 1 ou 0–10 no caso de BELONG).
- 3. **Codificação de controles:** `gender_male` = 1 (menino), `repeat_flag` $\in \{0,1,2\}$ (não repetiu, repetiu, sem informação).
- 4. **Imputação múltipla:** IterativeImputer (20 iterações, amostragem posterior) em ESCS, DISCLIMA, JOYREAD, SCREADCOMP, BELONG utilizando READ, SENWT, `gender_male`, `repeat_flag` e identificadores escolares como preditores.
- 5. **Agregação ponderada:** construção de `school_profile` com médias ponderadas (estat.wavg) de READ, MATH, SCIENCE, ESCS, DISCLIMA, BELONG, além de `n_students`, usando SENWT.
- 6. **Base analítica final:** `students_final` combina as variáveis individuais imputadas com os agregados de escola e foi usada em todas as análises de gradiente e modelos multinível.

2.4 Estatísticas Descritivas

Variável	Média (SENWT)	DP (SENWT)	P10	Mediana	P90	Fonte
READ	412,9	96,6	296,6	406,7	545,4	STU_BRA
MATH	383,6	80,9	288,5	374,8	493,6	STU_BRA
SCIENCE	403,6	85,1	301,7	395,2	522,7	STU_BRA
ESCS	4.706	2.659	1.853	4.717	8.403	STU_BRA
DISCLIMA	546,1	305,9	140,0	621,0	915,0	STU_BRA
BELONG	998,9	424,2	364,0	1.096,0	1.524,0	STU_BRA

Quartis de ESCS mostram saltos de ≈ 95 pontos em leitura entre Q1 (373,0) e Q4 (467,7), confirmando o gradiente bruto.

3. Modelos

3.1 Regressões Ponderadas (WLS)

Modelo 1: Proficiência ~ ESCS_c (ESCS centrado na média brasileira).

Modelo 2: Proficiência ~ ESCS_c + clima_escola_c + DISCLIMA + EDUSHORT + STAFFSHORT + gender_male + repeat_flag + ESCS_c × clima_escola_c.

Estimação via `statsmodels.WLS`, pesos = SENWT, uma especificação para cada domínio (Leitura, Matemática, Ciências).

3.2 Modelos Multinível (MixedLM)

`statsmodels.MixedLM`, grupos = CNTSCHID.

Modelos com intercepto aleatório e, em seguida, intercepto + inclinação aleatórios para ESCS_c.

Pesos normalizados (SENWT/ média de SENWT) quando suportado pelo solver; fallback para ajuste sem pesos em caso de singularidade.

4. Resultados

4.1 Gradiente Socioeconômico (Modelo 2)

Domínio	Coef. ESCS_c	Coef. clima_escola_c	Interação ESCS×clima	R²
Leitura	+9,43 (p < 0,001)	+6,81 (p < 0,001)	+1,11 (p < 0,001)	0,375
Matemática	+8,98 (p < 0,001)	+5,97 (p < 0,001)	+1,38 (p < 0,001)	0,428
Ciências	+9,13 (p < 0,001)	+5,52 (p < 0,001)	+1,45 (p < 0,001)	0,413

Interpretação: O clima escolar organizado eleva o intercepto (desempenho médio) em ≈ +6–7 pontos, confirmando H2. No entanto, a interação ESCS × clima é positiva e significativa, indicando que o gradiente se torna mais íngreme em escolas com melhor clima. Isso refuta a H1.

4.2 ICC e Modelos Multinível

Domínio	ICC	Var_between	Var_within	Coef. ESCS (nível 1)
Leitura	0,222	1.444,9	5.057,0	+3,13
Matemática	0,241	1.021,8	3.226,8	+3,86
Ciências	0,256	1.195,3	3.477,3	+4,22

Interpretação: $\approx 22\text{--}26\%$ da variância permanece entre escolas, mesmo após adicionar moderadores. O efeito escola no Brasil é substancial e não foi explicado pelas variáveis de clima incluídas, não confirmando H3.

4.3 Resumo das Perguntas e Hipóteses

- **Q1:** ICC elevado (0,22–0,26) → efeito escola substancial. H3 (redução do ICC via clima) não confirmada.
- **Q2:** Climas favoráveis elevam os resultados médios → H2 confirmada.
- **Q3:** Interações positivas indicam gradientes mais íngremes em escolas com bom clima → H1 (Hipótese da Equidade) refutada.

5. Discussão: A Refutação da "Lição Alemã"

O resultado mais provocativo deste estudo é a refutação da Hipótese 1. Iniciamos com a premissa, inspirada nas reformas pós-PISA Shock, de que o clima escolar seria um motor de equidade. Nossos dados para o Brasil de 2018 sugerem o oposto.

Enquanto H2 foi confirmada (bom clima = notas médias mais altas), a interação positiva ESCS \times clima implica que os alunos de ESCS mais alto se beneficiam mais de um clima organizado do que os alunos de ESCS mais baixo.

5.1 Por que isso ocorreria no Brasil?

Efeito Mateus (Matthew Effect): No contexto brasileiro, um clima disciplinar organizado pode ser uma condição necessária, mas não suficiente[95][96]. Alunos com maior capital cultural (tipicamente de ESCS mais alto) podem ser mais capazes de "aproveitar" essa organização e convertê-la em desempenho, enquanto alunos vulneráveis podem precisar de intervenções pedagógicas e de apoio mais diretas que o "clima" por si só não oferece.

Segregação Oculta: Embora controlemos para o ESCS médio da escola, é possível que escolas com "bom clima" no Brasil sejam, majoritariamente, aquelas que já praticam seleção de alunos ou que atendem a um público que valoriza esse tipo de ambiente, reforçando desigualdades existentes.

5.2 Implicações Políticas

A lição para o Brasil é que a melhoria da gestão e do clima, embora desejável e positiva para a média (H2), não é, isoladamente, uma política de equidade. Sem ações pedagógicas compensatórias e focalizadas nos alunos mais vulneráveis dentro dessas escolas, a melhoria do clima pode, inadvertidamente, ampliar o gap de desempenho.

6. Reprodutibilidade

Repositório: <https://github.com/fabio-linhares/EDM---Efeito-Escola-e-Gradiente-Socioeconomico-no-Brasil-PISA-2018->

Ambiente: Python 3.13 (venv), dependências listadas em `requirements-pisa-edm.txt` (pandas, numpy, statsmodels, scikit-learn, matplotlib, seaborn, openpyxl, nbformat).

Dados: baixar PISA 2018 (Brasil) no formato XLSX e colocá-los em `pisa2018/stu`, `pisa2018/flt`, `pisa2018/sch`.

Execução: rode `projeto_pisa_edm.ipynb` ou o notebook de apresentação `notebooks/apresentacao_especialista.ipynb`. As estatísticas usadas neste artigo estão armazenadas em `outputs/weighted_summary.csv` e `outputs/quartil_summary.csv`.

Código: todos os scripts auxiliares estão em `scripts/`. A pasta `notebooks/` contém versões ricas dos resultados.

7. Recomendações

1. ** Reforçar clima e gestão nas escolas vulneráveis**

- Enviar equipes de apoio ("força tarefa") com especialistas em gestão de sala e convivência escolar.
- Financiar programas de coaching para diretores/coordenadores, com metas claras de redução de indisciplina.

- Implantar protocolos simples de convivência e mediação de conflitos; monitorar mensalmente o índice de clima e pertencimento.
Esses passos elevam o nível médio das notas (+6 a +7 pontos PISA ao organizar o clima).

2. Direcionar recursos aos alunos de baixo ESCS dentro das escolas organizadas

- Criar tutoria personalizada e reforço no contraturno para alunos identificados com baixo desempenho.
- Oferecer bolsas de permanência/alimentação para evitar evasão e garantir foco nos estudos.
- Aplicar avaliações curtas (diagnósticos) a cada bimestre e usar dashboards simples para direcionar apoio onde a proficiência está caindo.
Essas ações atacam o gradiente socioeconômico, evitando que alunos vulneráveis fiquem para trás mesmo quando a escola funciona bem.

8. Conclusões

Retomando a questão inicial inspirada no "PISA Shock", este estudo traz um alerta para o Brasil. Nossos achados sugerem que a "lição alemã" — melhorar o clima escolar para obter equidade — não se aplica diretamente ao contexto brasileiro nos dados de 2018.

Confirmamos que o efeito escola é robusto ($ICC \approx 0,24$) e que o clima escolar melhora o desempenho médio (H2). Contudo, nossa principal descoberta é que a melhoria do clima, isoladamente, parece beneficiar mais quem já é privilegiado (H1 refutada).

A implicação para políticas públicas é clara: investir na gestão e no clima escolar é importante, mas não é uma bala de prata para a equidade. Para achatar o gradiente, essas políticas precisam ser combinadas com ações pedagógicas focalizadas, como tutoria, reforço e alocação de recursos adicionais para os estudantes de menor ESCS dentro das escolas.

Referências

ALVES, M. T. G.; SOARES, J. F. Eficácia das escolas públicas brasileiras. *Estudos em Avaliação Educacional*, São Paulo, v. 18, n. 36, p. 71-98, 2007.

ERNICA, M.; RODRIGUES, B.; SOARES, J. F. Desigualdades educacionais contemporâneas no Brasil. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 1-28, 2025.

LAUTERBACH, R. et al. PISA as an ideational roadmap for policy change: exploring Germany and England in a comparative perspective. *Journal of Education Policy*, v. 28, n. 4, p. 1-20, 2013.

MERTON, R. K. The Matthew Effect in Science. *Science*, v. 159, n. 3810, p. 56-63, 1968.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). PISA 2018 Database. Paris: OECD Publishing, 2019. Disponível em: <https://www.oecd.org/pisa/data/2018database/>. Acesso em: 13 nov. 2025.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). PISA 2018 Technical Report. Paris: OECD Publishing, 2020.

REANALYSIS of the German PISA Data: A Comparison of Different Approaches for Trend Estimation With a Particular Emphasis on Mode Effects. *Frontiers in Psychology*, v. 11, p. 1-13, 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.01231>. Acesso em: 13 nov. 2025.

SCHWIPPERT, K.; STANAT, P. PISA 2000: Zusammenfassung der Ergebnisse für den deutschsprachigen Raum. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, Berlin, v. 5, n. 2, p. 276-292, 2002.

STANAT, P.; PEKRUN, R. PISA: Schülerleistungen im internationalen Vergleich. In: ROST, D. H. (Org.). *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. 4. ed. Weinheim: Beltz, 2010. p. 560-569.

THE power and paradoxes of PISA: Should Inquiry-Based Science Education be sacrificed to climb on the rankings? *Frontiers in Education*, v. 3, p. 1-13, 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feduc.2018.00003>. Acesso em: 13 nov. 2025.

WALDOW, F. Central European perspectives on the transnational policy influence of the OECD. In: BREAKSPEAR, S. (Org.). *Power and Policy in Education: The Role of Ministries*. Paris: OECD Publishing, 2012. p. 1-25.