



Análise do efeito de patentes educacionais no desempenho acadêmico

Raphael Sapucaia dos Santos¹;
José Ricardo de Santana²;
Jonas Pedro Fabris³;
Luis Felipe Dias Lopes⁴

Resumo: Este estudo analisa a relação entre patentes educacionais (subclasse G09B) e o desempenho de estudantes no PISA em 34 países, nos ciclos de 2000, 2006, 2012 e 2018. A partir de uma abordagem quantitativa e comparativa, foram examinadas variações percentuais em Leitura, Matemática e Ciências. A análise focou nos países que apresentaram crescimento simultâneo em inovação e desempenho acadêmico. Os resultados indicam que o aumento de patentes não assegura, por si só, a melhoria educacional, evidenciando padrões diversos entre os países. Conclui-se que o impacto das tecnologias educacionais depende de sua integração pedagógica, de políticas públicas estruturadas e da capacidade de implementação nos sistemas de ensino.

Palavras-chave: Patentes educacionais; Inovação tecnológica; Avaliação internacional; Desempenho acadêmico; PISA

Código JEL: M13; O38; H25

Área Temática: 6.2 Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação

Analysis of the effect of educational patents on academic performance

Abstract: This study analyzes the relationship between educational patents (subclass G09B) and student performance in PISA across 34 countries, covering the 2000, 2006, 2012, and 2018 cycles. Using a quantitative and comparative approach, the study examines percentage variations in Reading, Mathematics, and Science. The analysis focused on countries that showed simultaneous growth in innovation and academic performance. The results indicate that an increase in patents does not, by itself, ensure educational improvement, revealing diverse patterns among countries. The study concludes that the impact of educational technologies depends on pedagogical integration, structured public policies, and implementation capacity within education systems.

Keywords: Educational patents; Technological innovation; International assessment; Academic performance; PISA

¹ Universidade Federal de Sergipe. E-mail: raphaelsapucaia.ages@gmail.com

² Universidade Federal de Sergipe. E-mail: jrsantana@academico.ufs.br

³ Instituto Federal do Piauí. E-mail: jpfabris@hotmail.com

⁴ Universidade Federal De Santa Maria. E-mail: lflopes67@yahoo.com.br

1. Introdução

As tecnologias educacionais, frequentemente protegidas por ativos de Propriedade Intelectual (PI), como as patentes da subclasse G09B, vêm ganhando destaque pelo seu potencial de promover inovações no ensino e apoiar sistemas educacionais em contextos de transformação digital. No cenário internacional, observa-se que países com ecossistemas de inovação mais consolidados tendem a apresentar melhores desempenhos acadêmicos, enquanto nações com baixa atividade de patenteamento enfrentam maiores desafios de aprendizagem.

Estudos recentes evidenciam que o impacto das tecnologias sobre o desempenho acadêmico depende de sua integração pedagógica e do preparo docente. Leal Uhlig et al. (2023), por exemplo, observaram avanços em leitura com o uso da plataforma Lëttëra, destacando a gamificação como fator de engajamento. Wei (2023) ressalta que os efeitos positivos da tecnologia se manifestam especialmente quando há formação continuada e mediação pedagógica qualificada. Riconscente (2024) e Fang et al. (2023) apontam para o uso de jogos digitais e avaliações implícitas como ferramentas promissoras, ainda que com evidências pontuais.

No campo das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), pesquisas como as de Courtney et al. (2022) e Petko et al. (2017) mostram que o tipo e a qualidade do uso das TIC afetam mais o desempenho do que a frequência de uso. Güzeller e Akin (2014) complementam que a autoconfiança digital dos estudantes é um preditor mais relevante do que o tempo de exposição. Tais achados indicam que a simples presença de tecnologia não garante, por si só, ganhos na aprendizagem — sendo necessário um ambiente propício à inovação com políticas educacionais bem estruturadas.

Diante disso, este estudo parte da seguinte pergunta de pesquisa: em que medida o volume de patentes voltadas à educação pode influenciar o desempenho dos estudantes em avaliações de larga escala, como o PISA? A hipótese é que a presença de ativos tecnológicos só é efetiva quando acompanhada de políticas públicas coerentes e de sua incorporação pedagógica nos sistemas de ensino.

Assim, o objetivo geral é analisar a relação entre o quantitativo de patentes educacionais (subclasse G09B) e os resultados dos estudantes nos ciclos de 2000, 2006, 2012 e 2018 do PISA, buscando superar lacunas identificadas em estudos pontuais e contribuir para a compreensão do papel da inovação formalizada nos resultados educacionais.

2. Referencial Teórico

Nas últimas décadas, a relação entre tecnologias educacionais e desempenho acadêmico tem se consolidado como uma temática central na literatura educacional internacional, impulsionada pela expansão das plataformas digitais, da inteligência artificial aplicada ao ensino e da gamificação como estratégia de engajamento pedagógico (Voogt et al., 2015; Oecd, 2020). Essa crescente atenção reflete a busca por compreender como diferentes recursos tecnológicos podem contribuir para o aprimoramento da aprendizagem em distintos domínios do conhecimento. Esta seção apresenta uma revisão analítica da literatura especializada que discute a interface entre inovação tecnológica e resultados educacionais, com foco nas três áreas cognitivas avaliadas pelo PISA — Leitura, Matemática e Ciências — organizando a discussão em subseções temáticas que examinam, respectivamente, as contribuições, limitações e condicionantes pedagógicos associados ao uso das tecnologias em cada campo.

2.1 Tecnologias Educacionais e Desempenho em Leitura

A integração de metodologias baseadas em jogos digitais e plataformas tecnológicas pode gerar impactos positivos no desenvolvimento da competência leitora entre estudantes do ensino médio. Um estudo realizado no México por Leal Uhlig et al. (2023), com base na aplicação da plataforma educacional Lëttëra, demonstrou melhora significativa no desempenho dos alunos em testes padronizados de leitura, especialmente nas categorias de textos literários e construção de informação. A pesquisa evidenciou que elementos como feedback imediato, desafios personalizados, interface amigável e recursos de gamificação favoreceram tanto a metacognição quanto a motivação dos estudantes, posicionando-os como protagonistas do próprio processo de aprendizagem.

Um estudo recente conduzido por Wei (2023) destaca que a aplicação da inteligência artificial no ensino de leitura pode trazer benefícios significativos à compreensão leitora, desde que esteja inserida em contextos educacionais com mediação pedagógica qualificada. A pesquisa aponta que os efeitos positivos da IA não decorrem apenas do uso da tecnologia em si, mas da forma como ela é integrada ao planejamento pedagógico, com apoio institucional e preparo docente, o que reforça a necessidade de estratégias intencionais para a inovação tecnológica resultar em avanços efetivos de aprendizagem.

Embora parte das evidências envolva diferentes níveis de escolaridade, esses estudos contribuem para explicar mecanismos (feedback, personalização e engajamento) relevantes para o desenvolvimento da leitura em distintos contextos educativos (Silverman et al., 2024). Complementando essas evidências, Riconscente (2024) demonstrou que jogos digitais voltados ao desenvolvimento da leitura podem gerar melhorias significativas nas habilidades inferenciais e na compreensão textual de estudantes do ensino fundamental. Tais benefícios, no entanto, estão fortemente condicionados à existência de coerência entre o design do jogo e os objetivos pedagógicos propostos, reforçando que o impacto educacional da tecnologia depende de sua intencionalidade e articulação com práticas educativas bem estruturadas.

Uma abordagem promissora no uso de tecnologias educacionais para o desenvolvimento da leitura envolve os chamados *stealth assessments*, nos quais jogos digitais são utilizados não apenas como recursos de ensino, mas também como instrumentos de avaliação embutida. Estudos como o de Fang et al. (2023), conduzido com um público de nível educacional elevado, demonstram que esse tipo de avaliação discreta pode capturar dados relevantes sobre as habilidades de leitura dos alunos, permitindo o acompanhamento em tempo real do progresso individual sem interromper o engajamento com a atividade educativa. Contudo, trata-se de uma investigação pontual e localizada, o que reforça a importância de estudos que adotem uma perspectiva mais ampla, contemplando diferentes países e contextos, como se propõe nesta tese.

Além dos estudos de caso citados, uma meta-análise internacional conduzida por Silverman et al. (2024), com base em 119 estudos publicados entre 2010 e 2023, reforça a ideia de que os efeitos positivos das tecnologias educacionais sobre a competência leitora são significativamente mediados por fatores contextuais. Entre esses fatores, destacam-se o tipo de tecnologia utilizada, o foco pedagógico da intervenção (ensino, prática ou avaliação), o perfil dos alunos, a mediação docente e a coerência entre os recursos digitais e os objetivos de aprendizagem. O estudo identificou ganhos consistentes em decodificação, compreensão da linguagem e leitura, mas ressalta que tais avanços ocorrem sobretudo quando as intervenções tecnológicas são implementadas de forma planejada, com apoio institucional e integração ao currículo. Os autores também destacam que, apesar do potencial das tecnologias, ainda são necessárias mais pesquisas com descrições claras das intervenções, a fim de compreender melhor os mecanismos e moderadores desses efeitos. Em síntese, os achados indicam que os efeitos das tecnologias educacionais sobre a competência leitora não decorrem apenas da presença do recurso digital, mas do modo como ele é implementado: integração ao currículo, mediação docente e alinhamento a objetivos de aprendizagem bem definidos (Silverman et al., 2024).

2.2 Tecnologias Educacionais e Desempenho em Matemática

A literatura recente aponta que o uso produtivo das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), quando associado a atitudes positivas dos estudantes em relação a esses recursos, está positivamente correlacionado ao desempenho acadêmico em Matemática. Courtney et al. (2022), por meio de análises multiníveis com base nos dados do PISA, destacam que tanto a frequência quanto a qualidade pedagógica associada às TIC impactam significativamente os resultados escolares, posicionando as tecnologias como catalisadoras eficazes da aprendizagem matemática quando integradas adequadamente ao contexto escolar.

No entanto, o simples incremento no uso de tecnologias educacionais não assegura melhoria automática dos resultados educacionais. Segundo Petko et al. (2017), os dados do PISA 2012 evidenciaram que o desempenho em matemática pode estar negativamente associado ao uso excessivo de tecnologias em sala de aula, caso sua implementação não esteja claramente vinculada a objetivos educacionais específicos. Por outro lado, quando há percepção positiva dos estudantes quanto à clareza, relevância e integração pedagógica dessas tecnologias, observa-se melhoria significativa no desempenho

acadêmico. Isso indica que o impacto das tecnologias digitais depende fortemente da qualidade da experiência oferecida, e não simplesmente da intensidade ou frequência de uso.

Em complemento, Güzeller e Akın (2014), analisando os dados do PISA 2006, demonstraram que o uso frequente de tecnologias digitais para atividades escolares ou recreativas não apresenta relação direta com resultados melhores em matemática. Em contrapartida, a confiança dos estudantes quanto ao uso competente das TIC mostrou-se um preditor relevante do desempenho acadêmico, indicando que a percepção individual de competência tecnológica pode ser mais determinante para o sucesso educacional do que o volume absoluto de uso das tecnologias.

2.3 Tecnologias Educacionais e Desempenho em Ciências

A utilização de tecnologias educacionais no ensino das Ciências tem se mostrado uma estratégia eficaz para promover maior engajamento estudantil, melhor compreensão conceitual e o desenvolvimento de habilidades científicas essenciais, como o pensamento crítico e a investigação empírica. A literatura destaca que a incorporação efetiva de tecnologias, como laboratórios virtuais e simulações digitais, pode proporcionar aos estudantes experiências práticas que são difíceis de replicar em ambientes tradicionais (Falloon, 2019).

A Oecd (2019), no relatório PISA 2018, observa que estudantes expostos regularmente a recursos tecnológicos integrados à aprendizagem das Ciências apresentam desempenho superior em testes padronizados, especialmente quando tais ferramentas estão alinhadas a metodologias ativas de ensino, como aprendizagem por investigação ou resolução de problemas. Esses resultados sugerem que o impacto positivo das tecnologias educacionais em Ciências não depende apenas da presença dos recursos, mas do modo como estes são incorporados à prática educativa cotidiana.

Complementando essa perspectiva, um estudo de Ibáñez e Delgado-Kloos (2018) demonstrou que tecnologias imersivas, como realidade aumentada (RA) e realidade virtual (RV), têm potencial significativo para aprimorar o aprendizado em Ciências, particularmente em tópicos que requerem visualização tridimensional ou simulação prática complexa. Os autores ressaltam, contudo, que a efetividade dessas tecnologias está condicionada à clara articulação com objetivos curriculares específicos e ao suporte pedagógico consistente oferecido pelos docentes.

Anisimova, Sabirova e Shatunova (2020) reforçam que a eficácia das tecnologias educacionais nas Ciências depende de fatores adicionais à tecnologia em si, incluindo planejamento pedagógico estruturado, formação docente adequada e percepção positiva dos estudantes sobre a relevância dos recursos tecnológicos utilizados. Sem esses elementos, as tecnologias avançadas correm o risco de subutilização, minimizando seus benefícios potenciais para a aprendizagem científica.

Esses estudos fundamentam a hipótese de que a relação entre patentes educacionais e desempenho acadêmico em Ciências deve ser considerada sob uma perspectiva sistêmica e integrada, que reconheça a importância da mediação pedagógica qualificada, alinhamento curricular e apoio institucional consistente às práticas educativas tecnológicas.

2.4 Influência de Fatores Socioeconômicos e Tecnológicos no Desempenho Educacional

Além das tecnologias educacionais diretamente aplicadas ao processo de ensino e aprendizagem, fatores socioeconômicos e tecnológicos têm ganhado destaque na literatura por sua influência no desempenho acadêmico. Indicadores socioeconômicos, como a renda nacional, têm se mostrado consistentemente relacionados ao desempenho acadêmico dos estudantes em avaliações internacionais como o PISA. Por exemplo, Boman (2023) e Anastasiou, Sideridis e Keller (2020) destacam que, embora exista uma associação clara entre níveis elevados de renda nacional e desempenho acadêmico superior, esta relação é fortemente mediada por fatores como a desigualdade social e a equidade no acesso aos recursos educacionais.

A conectividade digital, representada pelo acesso à internet, também emerge como uma variável importante para explicar as diferenças no desempenho educacional entre países. Shala e Grajčevci (2023), ao investigarem dados do PISA referentes ao Kosovo, identificaram que o uso frequente das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) pelos estudantes está positivamente associado ao seu desempenho acadêmico, revelando, simultaneamente, desigualdades significativas de

acesso. Este achado ressalta a necessidade de políticas públicas que garantam não apenas o acesso, mas a qualidade e equidade da conectividade digital como estratégia para reduzir disparidades educacionais.

Adicionalmente, o impacto desses fatores deve ser compreendido a partir de uma abordagem integrada. Rico-Juan, Peña-Acuña e Navarro-Martínez (2024), ao analisarem o desempenho em leitura a partir de múltiplas variáveis baseadas nos resultados do PISA, defendem que fatores socioeconômicos, tecnológicos e socioemocionais devem ser examinados conjuntamente, já que isoladamente não são capazes de explicar plenamente as variações observadas no desempenho acadêmico. Mouronte-López e Ceres (2021) corroboram essa visão integrada, destacando que tecnologias educacionais são um diferencial significativo no engajamento dos estudantes, especialmente quando associadas ao suporte institucional e socioeconômico adequado.

Complementando esses achados, King e Wang (2025) argumentam que o desempenho educacional pode ser amplificado pelo status socioeconômico, especialmente quando acompanhado por uma mentalidade positiva frente à educação, observando que estudantes com maiores recursos tendem a apresentar níveis mais elevados de resiliência acadêmica. Esse argumento reforça que o desempenho acadêmico deve ser interpretado como produto da interação entre recursos disponíveis, disposições individuais e contextos educacionais.

Nesse sentido, é fundamental distinguir o status socioeconômico do estudante (condição familiar individual) do status socioeconômico escolar (SES escolar), entendido como um indicador contextual que expressa a composição socioeconômica média do corpo discente de uma escola. Em pesquisas baseadas no PISA, esse constructo é frequentemente operacionalizado pela agregação do índice socioeconômico dos estudantes (por exemplo, a média do ESCS no nível da escola), permitindo captar efeitos associados à segregação socioeconômica entre escolas e às oportunidades educacionais desigualmente distribuídas (PERRY; SAATCIOGLU; MICKELSON, 2022; AVVISATI, 2020).

Perry, Saatcioglu e Mickelson (2022), com base no PISA 2018 na Austrália, indicam que o SES escolar é um preditor relevante do desempenho em leitura, matemática e ciências, mesmo considerando características individuais dos alunos, sugerindo que a aprendizagem é influenciada também pelo contexto institucional e social no qual ocorre. Tal relação se explica, em parte, pela associação do SES escolar a mecanismos como qualidade e estabilidade do corpo docente, expectativas acadêmicas, disponibilidade de materiais, clima disciplinar, acesso a práticas pedagógicas mais ricas e efeitos de pares, que podem favorecer ou limitar o desenvolvimento de competências. Os autores sugerem ainda que esse efeito se mantém ao longo de diferentes níveis de rendimento, embora sua importância relativa possa ser mais sensível entre estudantes nas faixas inferiores, reforçando a necessidade de considerar determinantes estruturais e contextuais na interpretação das desigualdades educacionais.

Por outro lado, González-Betancor et al. (2023) identificaram que a desigualdade socioeconômica tem efeitos persistentes sobre o desempenho acadêmico mesmo em contextos de ensino superior, destacando a importância de estratégias que promovam a equidade no acesso à educação de qualidade em todas as etapas da formação acadêmica.

Esses estudos indicam que o impacto da inovação tecnológica sobre o desempenho acadêmico deve ser compreendido não apenas como uma função das tecnologias educacionais em si, mas também considerando o contexto socioeconômico e tecnológico mais amplo em que essas tecnologias são implementadas. Tal perspectiva justifica a relevância das análises estatísticas integradas propostas neste estudo, que buscam identificar a contribuição relativa desses diferentes fatores para os resultados observados no desempenho educacional.

2.5 Limitações e críticas ao PISA como instrumento de avaliação global

Embora o PISA tenha se consolidado como a principal métrica global de desempenho educacional, sua metodologia e impacto político enfrentam questionamentos robustos na literatura especializada, que apontam para uma simplificação da complexidade educacional. Ao priorizar a avaliação de leitura, matemática e ciências, o exame sinaliza implicitamente que essas são as únicas competências relevantes, negligenciando domínios essenciais para uma formação integral, como as artes, a educação física, a cidadania e os valores éticos e socioemocionais (López-Vicente et al., 2016). Essa abordagem reflete uma visão econômica da educação, na qual a quantificação de resultados mensuráveis — vistos como indicadores de capital humano e competitividade futura — acaba por

restringir o currículo e reduzir o conceito de sucesso educativo a pontuações em testes padronizados (Kim, 2021; López-Vicente et al., 2016).

Essa padronização impõe um modelo único de "boa educação" baseado em normas da OCDE, assumindo erroneamente uma universalidade que desconsidera as disparidades culturais, sociais e curriculares entre os países participantes (Kim, 2021; Valqueresma; Zamana, 2025). A divulgação dos resultados em forma de rankings internacionais cria uma lógica de competição que pressiona governos a buscarem soluções rápidas em detrimento de reformas estruturais sustentáveis (Muench; Wieczorek, 2022). Esse fenômeno induz práticas como o ensino voltado para o teste (teaching to the test) e estratégias de "gaming the system" (manipulação do sistema), onde o foco se desloca da melhoria real da aprendizagem para o treinamento específico visando inflar pontuações de curto prazo, sem garantir que o conhecimento seja transferível ou duradouro (Lee; Kang, 2019; Zakharov; Carnoy, 2021).

No que tange especificamente à avaliação do Pensamento Criativo, a imposição de um padrão global é particularmente crítica. O formato do PISA tende a privilegiar paradigmas ocidentais de ideação individual, falhando em capturar a criatividade colaborativa ou culturalmente situada e excluindo expressões multimídia fundamentais na era digital (Valqueresma; Zamana, 2025). Além disso, a validade psicométrica é comprometida pela natureza de "baixos riscos" (low-stakes) do teste para os alunos, o que pode levar a um esforço subótimo e distorcer a medida real das competências, afetando a precisão dos rankings de equidade (Borger et al., 2025).

Adicionalmente, a representatividade das amostras utilizadas pelo PISA é um ponto de tensão, especialmente em países com profundas desigualdades regionais. Estudos apontam que a exclusão de grupos específicos — como alunos com necessidades educacionais especiais ou aqueles fora da faixa etária escolar padrão devido à repetência — pode enviesar os resultados, superestimando o desempenho nacional e mascarando a realidade da diversidade escolar (Muench; Wieczorek, 2022; Smith; Douglas, 2014).

Por fim, a utilização do PISA como único farol para políticas públicas desconsidera que o desempenho educacional é fortemente condicionado pelo "exossistema" — fatores geográficos, políticos e socioeconômicos externos à escola, como o PIB per capita e a desigualdade de renda (Martínez-Abad et al., 2025). Atribuir às escolas a responsabilidade exclusiva pela equidade, ignorando essas condições estruturais, pode levar a intervenções ineficazes que não atacam as raízes das disparidades de desempenho (Martínez-Abad et al., 2025).

3. Métodos

A proposta metodológica adotada neste capítulo consiste em investigar a existência de padrões de associação entre a evolução do volume de patentes educacionais — enquanto expressão formal da inovação tecnológica — e os resultados obtidos pelos estudantes em avaliações internacionais de larga escala, como o PISA. Para isso, são analisados dados de múltiplos países ao longo de um período estendido, com registros de patentes entre 1994 e 2017 e médias de desempenho dos estudantes nos ciclos do PISA de 2000, 2006, 2012 e 2018.

Este estudo adota uma abordagem quantitativa e comparativa, com base em dados longitudinais de 34 países. Para a análise apresentada neste artigo, foram considerados apenas os países posicionados no primeiro quadrante em cada ciclo e área do conhecimento — ou seja, aqueles que apresentaram variações percentuais positivas tanto no volume de patentes educacionais quanto no desempenho dos estudantes nas áreas de Leitura, Matemática e Ciências, conforme os dados do PISA (Programme for International Student Assessment) nos ciclos de 2000, 2006, 2012 e 2018.

3.1 Objetivo da análise e cálculo dos indicadores de variação percentual

Esta etapa da pesquisa busca investigar se há padrões de associação entre a evolução dos registros de patentes educacionais (indicador de inovação tecnológica formalizada) e o desempenho dos estudantes em avaliações internacionais de larga escala, especialmente o PISA. Para isso, foram desenvolvidos indicadores de variação percentual que captam o ritmo de crescimento ou retração em ambas as dimensões, permitindo comparações proporcionais entre países ao longo do tempo.

As etapas de cálculo dos indicadores de variação percentual, bem como os critérios utilizados na

seleção e agrupamento dos dados, são descritas a seguir e organizadas em três segmentos conforme Quadro 1:

Quadro 1 — Segmentos da análise e respectivos indicadores		
Segmento	Descrição	Indicadores
a) Variação Percentual das Patentes Educacionais (DP)	Apresenta o cálculo dos indicadores que medem a evolução intertemporal do volume de patentes educacionais.	DP1, DP2, DP3
b) Cálculo da Variação Percentual do Desempenho Acadêmico (PISA)	Detalha os procedimentos para obtenção dos indicadores de desempenho em cada área avaliada pelo PISA.	DL1, DL2, DL3 (Leitura); DM1, DM2, DM3 (Matemática); DC1, DC2, DC3 (Ciências)
c) Integração dos Indicadores	Explica como foi realizada a articulação entre dados de patentes e de desempenho acadêmico, visando identificar possíveis associações entre inovação tecnológica e evolução da aprendizagem.	Conjunto integrado de DP + DL/DM/DC

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Já os procedimentos metodológicos para a coleta dos dados sobre patentes educacionais (subclasse G09B) são apresentados na próxima seção Secundária, com o detalhamento das bases utilizadas e dos critérios de busca.

3.1.1 Variação Percentual das Patentes Educacionais (DP)

A evolução da atividade de patenteamento educacional em cada país foi medida por meio de três indicadores, representados como DP1, DP2 e DP3, correspondendo às variações intertemporais entre os ciclos de coleta definidos para o estudo. As fórmulas adotadas para estimar as variações percentuais entre os ciclos de coleta estão organizadas no Quadro 2, permitindo visualizar a lógica de cálculo aplicada a cada intervalo temporal.

Quadro 2 — Fórmulas de Cálculo dos Indicadores de Variação Percentual das Patentes Educacionais (DP1, DP2 e DP3)		
Indicador	Período de Comparação	Fórmula de Cálculo
DP1	2000-2005 em relação a 1994-1999	$DP1 = (Patentes_{00-05} - Patentes_{94-99}) / Patentes_{94-99} \times 100$
DP2	2006-2011 em relação a 2000-2005	$DP2 = (Patentes_{06-11} - Patentes_{00-05}) / Patentes_{00-05} \times 100$
DP3	2012-2017 em relação a 2006-2011	$DP3 = (Patentes_{12-17} - Patentes_{06-11}) / Patentes_{06-11} \times 100$

Fonte: Elaborado pelo autor em (2025), com base nos dados de coleta de patentes educacionais (Espacenet, subclasse G09B).

Esses indicadores permitem captar a dinâmica do crescimento ou retração do volume de patentes educacionais ao longo do período analisado.

3.1.2 Cálculo da Variação Percentual do Desempenho Acadêmico nas Áreas do PISA

Com o objetivo de capturar as dinâmicas de evolução dos resultados educacionais entre os diferentes ciclos avaliados, foi calculada a variação percentual nas médias de desempenho dos estudantes em cada uma das três áreas analisadas pelo PISA: Leitura, Matemática e Ciências.

A construção desses indicadores permite comparar o ritmo de progresso educacional de cada país de forma proporcional, ajustando eventuais diferenças nos níveis iniciais de desempenho absoluto.

As variações percentuais foram calculadas separadamente para cada domínio do conhecimento (Leitura, Matemática e Ciências), em três intervalos temporais consecutivos conforme quadro 3:

Quadro 3 — Variações percentuais dos Indicadores de Resultado PISA		
Intervalo Temporal	Períodos do resultado Pisa	Indicadores
Primeiro	2000 → 2006	DL1; DM1; DC1
Segundo	2006 → 2012	DL2; DM2; DC2
Terceiro	2012 → 2018	DL3; DM3; DC3

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Essa abordagem metodológica viabiliza análises de dispersão e correlação mais robustas, considerando as trajetórias de crescimento ou retração dos países ao longo do tempo. O Quadro 4

apresenta as fórmulas aplicadas para o cálculo dos indicadores de variação percentual em cada uma das áreas avaliadas.

Quadro 4 — Fórmulas de Cálculo dos Indicadores de Variação Percentual do Desempenho Acadêmico (Leitura, Matemática e Ciências)

Indicador	Área de Conhecimento	Período de Comparação	Fórmula de Cálculo
DL1	Leitura	2006 em relação a 2000	$DL1 = (Leitura_2006 - Leitura_2000) / Leitura_2000 \times 100$
DL2	Leitura	2012 em relação a 2006	$DL2 = (Leitura_2012 - Leitura_2006) / Leitura_2006 \times 100$
DL3	Leitura	2018 em relação a 2012	$DL3 = (Leitura_2018 - Leitura_2012) / Leitura_2012 \times 100$
DM1	Matemática	2006 em relação a 2000	$DM1 = (Matemática_2006 - Matemática_2000) / Matemática_2000 \times 100$
DM2	Matemática	2012 em relação a 2006	$DM2 = (Matemática_2012 - Matemática_2006) / Matemática_2006 \times 100$
DM3	Matemática	2018 em relação a 2012	$DM3 = (Matemática_2018 - Matemática_2012) / Matemática_2012 \times 100$
DC1	Ciências	2006 em relação a 2000	$DC1 = (Ciências_2006 - Ciências_2000) / Ciências_2000 \times 100$
DC2	Ciências	2012 em relação a 2006	$DC2 = (Ciências_2012 - Ciências_2006) / Ciências_2006 \times 100$
DC3	Ciências	2018 em relação a 2012	$DC3 = (Ciências_2018 - Ciências_2012) / Ciências_2012 \times 100$

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3.1.3 Integração dos Indicadores

Com base nos indicadores de variação percentual do volume de patentes educacionais (DP1, DP2, DP3) e dos desempenhos acadêmicos nas três áreas avaliadas pelo PISA — Leitura (DL1, DL2, DL3), Matemática (DM1, DM2, DM3) e Ciências (DC1, DC2, DC3) — foi realizada a integração dos dados visando à investigação das possíveis associações entre inovação tecnológica formalizada e evolução do desempenho educacional.

A análise envolveu a construção de modelos de dispersão bivariada, considerando os respectivos períodos temporais. Foram gerados gráficos de dispersão para cada ciclo de avaliação do PISA e para cada domínio de conhecimento, permitindo observar os diferentes padrões de associação existentes entre o crescimento do volume de patentes e o desempenho dos estudantes.

Além das análises de dispersão, foi aplicada a correlação de Pearson em cada ciclo temporal, conforme apresentado nos quadros estatísticos posteriores, com o objetivo de avaliar a força e a significância estatística das associações detectadas.

Essa abordagem integrada permitiu não apenas identificar padrões gerais de associação entre inovação formalizada e desempenho educacional, mas também analisar as especificidades de cada país, considerando as particularidades institucionais, políticas públicas e contextos socioeconômicos que influenciam o impacto efetivo das tecnologias educacionais na aprendizagem. Na próxima subseção, detalham-se os procedimentos específicos adotados para a coleta dos dados sobre as patentes educacionais que embasam os indicadores aqui descritos.

Ao adotar essa estratégia metodológica, este estudo busca superar limitações observadas na literatura existente, que frequentemente se restringem a contextos pontuais. A análise aqui apresentada se diferencia por sua abrangência geográfica e temporal — envolvendo múltiplos países e um período contínuo de quase três décadas —, oferecendo uma visão mais sistêmica e comparativa sobre a relação entre inovação educacional formalizada e desempenho acadêmico.

3.2 Procedimentos metodológicos para coleta de dados das patentes (g09b)

A coleta de dados sobre patentes educacionais foi realizada por meio da plataforma Espacenet, utilizando como critério principal a Classificação Internacional de Patentes (IPC), subclasse G09B. Esta subclasse abrange uma ampla gama de tecnologias aplicadas ao ensino, como dispositivos interativos,

recursos audiovisuais, simuladores, ferramentas digitais, materiais táteis, entre outros voltados ao processo de ensino e aprendizagem.

Considerando a necessidade de garantir a aderência das tecnologias educacionais ao objeto da pesquisa, foi realizada uma triagem dos subgrupos da classificação IPC G09B. Para isso, efetuou-se uma avaliação qualitativa, a fim de identificar o potencial de cada subgrupo em influenciar o desempenho dos estudantes no PISA. Foram consideradas as competências avaliadas no exame (Leitura, Matemática e Ciências) e a natureza das tecnologias associadas às patentes de cada subgrupo. O Quadro 5 apresenta o resumo dessa análise:

Quadro 5 — Impacto potencial dos Subgrupos IPC G09B sobre o desempenho PISA		
Subgrupo IPC	Pode influenciar o PISA?	Justificativa
G09B 1/00	☒ Sim	Ferramentas básicas de aprendizagem (símbolos, placas, figuras) ajudam na alfabetização e raciocínio visual.
G09B 3/00	☒ Sim	Dispositivos de perguntas e respostas desenvolvem raciocínio lógico, muito importante para Matemática e Ciências.
G09B 5/00	☒ Sim	Aparelhos eletrônicos de ensino otimizam o processo de aprendizado, tornando-o mais interativo e eficaz.
G09B 7/00	☒ Sim	Computadores de aprendizagem são diretamente ligados à inovação educacional e personalização da aprendizagem.
G09B 9/00	☒ Não	Simuladores ajudam em treinamento técnico; impacto direto na aprendizagem básica (PISA) é limitado.
G09B 11/00	☒ Sim	Alfabetização e habilidades de escrita (taquigrafia, desenho) têm ligação direta com leitura e expressão.
G09B 13/00	☒ Não	Datilografia é importante, mas hoje menos central para o desempenho em Leitura/Matemática/Ciências.
G09B 15/00	☒ Não	Música ajuda no desenvolvimento cognitivo, mas impacto direto no PISA é marginal.
G09B 17/00	☒ Sim	Ensino da leitura é fundamental para a competência de Leitura do PISA.
G09B 19/00	☒ Sim	Ensino "não coberto" pode incluir métodos inovadores que impactem habilidades cognitivas gerais.
G09B 21/00	☒ Sim	Tecnologias assistivas (para cegos/surdos) promovem inclusão, elevando médias educacionais gerais.
G09B 23/00	☒ Sim	Modelos científicos auxiliam o ensino de Ciências e Matemática experimental.
G09B 25/00	☒ Não	Modelos industriais não têm relação direta com ensino formal básico/médio avaliado no PISA.
G09B 27/00	☒ Não	Planetários têm um uso muito específico e limitado para impactar resultados gerais do PISA.
G09B 29/00	☒ Não	Mapas e gráficos são úteis, mas a maioria das patentes refere-se a cartografia técnica, pouco usada no ensino básico em larga escala.

Fonte: Adaptado da Classificação Internacional de Patentes (IPC), disponível em Espacenet (2025).

Observa-se que tecnologias voltadas à alfabetização, resolução de problemas, ensino assistivo e metodologias científicas apresentam maior potencial de impacto positivo no desempenho estudantil. Subgrupos mais periféricos ao currículo básico, como datilografia (G09B 13/00) e música (G09B 15/00), foram classificados como de impacto indireto ou limitado.

Com base nessa avaliação, foram incluídos na análise apenas os subgrupos que apresentavam relação direta com práticas de ensino e aprendizagem aplicáveis ao contexto escolar avaliado pelo PISA. O Quadro 6 a seguir sintetiza os subgrupos considerados, indicando seu status de inclusão ou exclusão na pesquisa:

Quadro 6 — Status dos Subgrupos G09B (Incluído/Excluído)		
Subgrupo IPC	Descrição dos Subgrupos	Status na Análise

G09B 1/00	Aparelhos educativos operados manualmente ou mecanicamente que utilizam símbolos, placas, figuras ou similares.	Incluído
G09B 3/00	Aparelhos educativos com operação manual ou mecânica com perguntas e respostas.	Incluído
G09B 5/00	Aparelhos educativos operados eletricamente com perguntas e respostas.	Incluído
G09B 7/00	Aparelhos educativos ou de ensino operados eletricamente, com perguntas e respostas (ex.: computadores de aprendizagem).	Incluído
G09B 9/00	Simuladores destinados ao ensino ou treinamento.	Excluído
G09B 11/00	Ensino de escrita manual, taquigrafia, desenho ou pintura.	Incluído
G09B 13/00	Ensino de datilografia.	Excluído
G09B 15/00	Ensino de música (ex.: metrônomos).	Excluído
G09B 17/00	Ensino da leitura.	Incluído
G09B 19/00	Ensino não coberto por outros grupos da subclasse.	Incluído
G09B 21/00	Ensino ou comunicação para cegos, surdos ou mudos.	Incluído
G09B 23/00	Modelos para propósitos científicos, médicos ou matemáticos.	Incluído
G09B 25/00	Modelos para demonstração com propósitos não previstos anteriormente.	Excluído
G09B 27/00	Planetários e Globos.	Excluído
G09B 29/00	Mapas, planos, gráficos e diagramas educativos.	Excluído

Fonte: Adaptado da Classificação Internacional de Patentes (IPC), disponível em Espacenet (2025).

A exclusão de alguns subgrupos específicos — G09B 9/00 (Simuladores destinados ao ensino ou treinamento), G09B 13/00 (Ensino de datilografia), G09B 15/00 (Ensino de música), G09B 25/00 (Modelos para demonstração), G09B 27/00 (Planetários e globos) e G09B 29/00 (Mapas, gráficos e diagramas educativos) — baseou-se na análise de sua baixa relevância direta para o desenvolvimento das competências básicas de Leitura, Matemática e Ciências avaliadas pelo PISA. Com base nos subgrupos selecionados, as buscas foram realizadas individualmente para cada país analisado, por meio do seguinte comando estruturado na plataforma Espacenet:

Nesta pesquisa, a coleta de dados sobre patentes educacionais priorizou o campo Countries (family) disponível na plataforma Espacenet. Este critério identifica os países nos quais a proteção comercial da patente foi requerida, independentemente do local de origem do depositante. A escolha por esse critério visa captar o interesse estratégico em difundir a tecnologia educacional em diferentes mercados, refletindo não apenas a capacidade inventiva, mas sobretudo a adoção potencial das inovações no ambiente educacional de cada país.

Assim, para cada ciclo do PISA (2000, 2006, 2012 e 2018), foram consideradas as patentes da subclasse G09B que, dentro da janela de seis anos anteriores a cada edição, foram protegidas nos países analisados. Para facilitar a compreensão dos períodos considerados para a coleta de dados, apresenta-se no Quadro 7 a delimitação da janela de seis anos anteriores a cada edição do PISA:

Quadro 7 — Períodos de coleta das patentes para cada edição do PISA

Edição do PISA	Ano de aplicação	Janela de análise das patentes (anos de depósito)
PISA 2000	2000	1994 – 1999
PISA 2006	2006	2000 – 2005
PISA 2012	2012	2006 – 2011
PISA 2018	2018	2012 – 2017

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Essa delimitação temporal visa capturar as tecnologias educacionais potencialmente disponíveis para implementação no ambiente escolar antes da realização de cada edição do PISA, refletindo o contexto de inovação vigente no período de formação dos estudantes avaliados.

A presença de patentes em determinado país, conforme o campo Countries (family), indica a intenção de comercialização e disseminação tecnológica naquele território, sendo assumida como proxy

da disponibilidade local de inovações educacionais.

O comando de busca no Espacenet foi estruturado utilizando a ferramenta de Pesquisa Avançada, conforme o modelo apresentado no Quadro 8. Foram selecionadas patentes que tivessem como classificação principal ou em subgrupos relacionados (=/low) os seguintes códigos da Classificação Internacional de Patentes (IPC): G09B1/00, G09B3/00, G09B5/00, G09B7/00, G09B11/00, G09B17/00, G09B19/00, G09B21/00 e G09B23/00.

O critério de intervalo temporal considerou as publicações dentro de uma janela de seis anos anterior a cada edição do PISA. Não foi aplicado filtro de país durante a busca inicial; posteriormente, na fase de análise, as patentes foram filtradas conforme os países participantes do respectivo ciclo do PISA.

Essa metodologia assegura a seleção de patentes representativas da inovação educacional com potencial impacto no desempenho em Leitura, Matemática e Ciências, conforme avaliado nos exames internacionais.

Essa escolha metodológica assegura uma análise mais consistente sobre o ambiente de inovação educacional disponível nos países, priorizando a circulação efetiva das tecnologias em vez da origem dos depósitos de propriedade intelectual. Dessa forma, busca-se aferir em que medida a presença de inovações educacionais protegidas em um país pode estar associada a melhores resultados de aprendizagem, conforme aferido nas avaliações do PISA.

Quadro 8 — Estrutura da Consulta Avançada no Espacenet para Identificação de Patentes Educacionais (1994–1999)

Operador	Campo
IPC =/low	G09B1/00
OR IPC =/low	G09B3/00
OR IPC =/low	G09B5/00
OR IPC =/low	G09B7/00
OR IPC =/low	G09B11/00
OR IPC =/low	G09B17/00
OR IPC =/low	G09B19/00
OR IPC =/low	G09B21/00
OR IPC =/low	G09B23/00
Publication Date within	1994-01-01, 1999-12-31

Fonte: Adaptado do sistema Espacenet (2025).

Importa destacar que a estrutura de consulta exemplificada no Quadro 8, referente ao período de 1994–1999, foi rigorosamente replicada para os demais intervalos de análise definidos no Quadro 7 (2000–2005, 2006–2011 e 2012–2017). Em cada janela temporal, foram mantidos os mesmos critérios de classificação IPC explicado no quadro 6. Essa padronização assegura comparabilidade entre os ciclos e a integridade longitudinal dos dados utilizados para análise.

A opção =/low foi escolhida para permitir a identificação não apenas dos grupos principais da subclasse G09B, mas também de suas ramificações tecnológicas mais específicas, ampliando a cobertura sem perder a aderência temática.

As opções disponíveis para configuração da busca no Espacenet e seus significados são sintetizadas no Quadro 9:

Quadro 9 — Opções de Busca no Espacenet e suas Implicações

Opção	Significado	Quando usar
any	A patente será recuperada se tiver qualquer das classificações IPC/CPC indicadas, em qualquer posição (principal ou secundária).	→ Busca ampla. Mais resultados, mas também traz patentes menos relevantes.
all	A patente será recuperada somente se tiver todas as classificações IPC/CPC listadas.	→ Busca muito restrita. Útil quando se busca intersecções entre áreas diferentes.
=	Busca patentes cuja classificação principal é exatamente o IPC/CPC informado.	→ Busca super precisa: pega apenas patentes cujo IPC principal é o desejado.
=/low	Busca patentes cuja classificação principal corresponde ao IPC/CPC informado ou a qualquer um dos seus subníveis.	→ Ideal para capturar tanto o grupo principal quanto variações específicas (ex.: G09B1/02, G09B1/04).

Fonte: Adaptado do sistema Espacenet (2025).

Para garantir que apenas tecnologias efetivamente disponíveis no ambiente educacional anterior a cada ciclo do PISA fossem consideradas, foi adotado o critério de seleção com base na data de publicação das patentes.

No Espacenet, é possível visualizar diferentes tipos de datas associadas às patentes, como a data de prioridade, a primeira publicação da família e a publicação específica do documento analisado, conforme quadro 10. No entanto, para os propósitos deste estudo, foi utilizada exclusivamente a Publication Date (data de publicação do documento), pois ela representa o momento em que a tecnologia foi efetivamente divulgada ao público.

Quadro 10 — Interpretação das Datas de Patentes no Espacenet para Filtros Temporais

Campo	Significado	Uso na Pesquisa
Earliest Priority Date	Data do primeiro pedido de patente realizado em qualquer país. Determina a novidade da invenção.	Não utilizado para o filtro de seleção por data de publicação.
Earliest Publication Date	Primeira data de publicação de qualquer documento da família de patentes. Refere-se à divulgação inicial da invenção.	Não utilizado para o filtro temporal. Referente à família, não ao documento específico.
Publication Date	Data em que o documento específico foi publicado. Representa a disponibilização da tecnologia ao público.	Utilizado para filtrar patentes dentro da janela temporal definida.

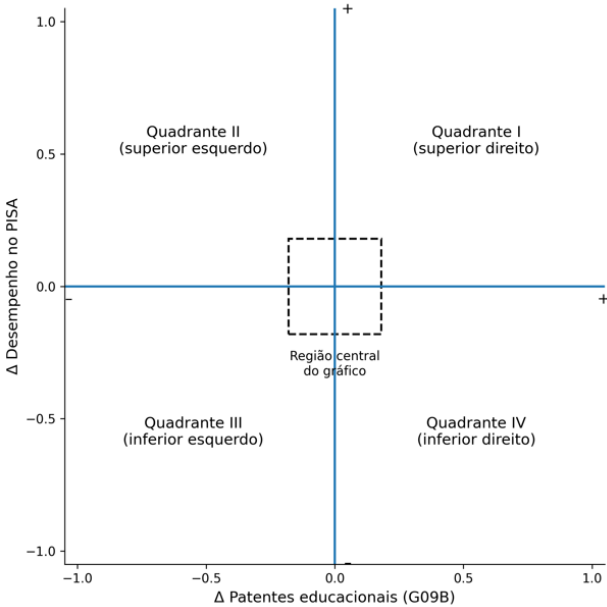
Fonte: Adaptado do sistema Espacenet (2025).

Dessa forma, assegura-se que as tecnologias educacionais analisadas no presente estudo estavam efetivamente acessíveis à comunidade educacional dos países participantes do PISA no período anterior à realização de cada edição do exame.

3.3 Classificação da relação entre patentes educacionais (G09B) e desempenho no PISA por quadrantes

A linha de análise que orienta este estudo busca identificar a existência de correlações estatísticas entre as trajetórias de inovação formalizada e desempenho acadêmico e, sobretudo, classificar os países conforme sua posição em um plano cartesiano (Figura 1). Nesse plano, o eixo horizontal (x) representa a variação do quantitativo de patentes educacionais (Δ Patentes – G09B) e o eixo vertical (y) representa a variação do desempenho no PISA (Δ PISA). Assim, para cada país e para cada janela temporal analisada, foi obtido um par ordenado (Δ Patentes; Δ PISA), utilizado para posicioná-lo no gráfico e determinar sua classificação por quadrante.

Figura 1 — Plano cartesiano para classificação dos países segundo a variação de patentes educacionais (Δ Patentes – G09B) e a variação do desempenho no PISA (Δ PISA).



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A classificação foi realizada com base no sinal das variações (positivas, negativas ou nulas), resultando na organização dos países em Quadrante I, Quadrante II, Quadrante III, Quadrante IV e Região central do gráfico, conforme descrito no Quadro 11. No Quadrante I, o país apresenta $\Delta Patentes > 0$ e $\Delta PISA > 0$, indicando crescimento no número de patentes educacionais acompanhado de melhora no desempenho acadêmico. No Quadrante II, observa-se $\Delta Patentes < 0$ e $\Delta PISA > 0$, ou seja, melhoria no desempenho apesar de estabilidade ou redução no número de patentes, sugerindo influência de outros fatores (como políticas educacionais e práticas pedagógicas). No Quadrante III, ocorre $\Delta Patentes < 0$ e $\Delta PISA < 0$, caracterizando queda simultânea em patentes e desempenho. Já no Quadrante IV, tem-se $\Delta Patentes > 0$ e $\Delta PISA < 0$, isto é, aumento do número de patentes acompanhado de queda no desempenho acadêmico, indicando que a inovação formalizada não necessariamente se converte em ganhos de aprendizagem. Por fim, a Região central do gráfico representa situações em que as variações são nulas ou pouco expressivas (próximas de zero), não permitindo estabelecer uma tendência clara entre as variáveis analisadas.

Embora a classificação seja aplicada ao conjunto de países, a análise desenvolvida neste artigo concentra-se nos países classificados no Quadrante I, por representarem o grupo em que ocorre crescimento simultâneo de patentes educacionais e desempenho no PISA.

Quadro 11 — Critérios de classificação dos países por quadrantes no plano cartesiano (Δ Patentes educacionais – G09B $\times$ Δ Desempenho no PISA)

Quadrante no Gráfico	Descrição	Patentes educacionais	Desempenho acadêmico	Interpretação
Quadrante I (superior direito)	Crescimento do número de patentes educacionais acompanhado de melhora proporcional no desempenho acadêmico.	Positivo ($\Delta > 0$)	Positivo ($\Delta > 0$)	Indica que a inovação formalizada contribuiu para o aprimoramento educacional.
Quadrante II (superior esquerdo)	Melhoria no desempenho acadêmico mesmo diante de estabilidade ou redução no número de patentes educacionais.	Negativo ($\Delta < 0$)	Positivo ($\Delta > 0$)	Sugere que outros fatores (políticas, práticas pedagógicas) compensam a baixa inovação formalizada.
Quadrante III (inferior esquerdo)	Queda simultânea no número de patentes educacionais e no desempenho acadêmico.	Negativo ($\Delta < 0$)	Negativo ($\Delta < 0$)	Reflete fragilidades combinadas nos sistemas de inovação e educação.

Quadrante IV (inferior direito)	Aumento do número de patentes educacionais acompanhado de queda no desempenho acadêmico.	Positivo ($\Delta > 0$)	Negativo ($\Delta < 0$)	Aponta que a inovação formalizada não se converteu em ganhos de aprendizagem.
Região central do gráfico	Ausência de relação consistente ou variação pouco expressiva entre inovação formalizada e desempenho acadêmico.	Nulo ($\Delta \approx 0$)	Nulo ($\Delta \approx 0$)	Não permite estabelecer uma tendência clara entre as variáveis analisadas.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da relação entre o crescimento de patentes educacionais (subclasse G09B) e o desempenho em leitura no PISA (Tabela 1) revela diferentes padrões entre os países que integraram o primeiro quadrante ao longo dos ciclos. O primeiro quadrante compreende aqueles países que apresentaram variações percentuais positivas tanto na produção de patentes quanto no desempenho em leitura em determinado ciclo.

No Ciclo 1, destacam-se China (Hong Kong) (DP1 = 65,29%; DL1 = 2,10%), Coreia do Sul (DP1 = 286,82%; DL1 = 5,90%), Hungria (DP1 = 33,33%; DL1 = 0,42%) e Portugal (DP1 = 32,26%; DL1 = 0,43%).

No Ciclo 2, apenas China (Hong Kong) e Portugal mantiveram-se no primeiro quadrante, demonstrando continuidade no crescimento tanto de patentes quanto de desempenho em leitura. Os demais países que compõem esse quadrante nesse ciclo são novos em relação anterior. Entre eles, destaca-se a Romênia, que apresentou a maior variação percentual positiva no desempenho em leitura (DL2 = 10,61%) e também um crescimento expressivo na produção de patentes educacionais (DP2 = 220,00%), evidenciando um avanço consistente em ambas as dimensões.

No Ciclo 3, o Chile foi o país que mais se destacou, com a maior variação percentual positiva tanto na produção de patentes educacionais (DP3 = 230,00%) quanto no desempenho em leitura (DL3 = 2,49%). O caso de Portugal merece destaque adicional por ter sido o único país a permanecer no primeiro quadrante em todos os ciclos analisados, evidenciando consistência na adoção de estratégias educacionais alinhadas à inovação. O Brasil, que já havia figurado no primeiro quadrante no ciclo anterior, manteve-se entre os países com crescimento positivo em ambos os indicadores (DP3 = 52,62%; DL3 = 0,73%), demonstrando continuidade em seus esforços de inovação educacional.

Com base nas médias dos três ciclos, observa-se que a Romênia lidera em crescimento de patentes (P_médio = 75,19%), mas apresenta baixo desempenho médio em matemática (L_médio = 0,28%), indicando possível desalinhamento entre inovação tecnológica e efetividade pedagógica.

A Dinamarca segue padrão semelhante, com desempenho ainda mais modesto em leitura (L_médio = 0,27%) e baixo crescimento médio em patentes (P_médio = 8,61%).

Portugal (P_médio = 21,88%; L_médio = 1,55%) e Polônia (P_médio = 10,69%; L_médio = 2,29%) demonstram maior equilíbrio entre inovação e resultados educacionais, com destaque para a Polônia, que apresentou o melhor desempenho médio em matemática.

Por fim, Brasil (P_médio = 41,96%; L_médio = 1,43%) e Rússia (P_médio = 47,04%; L_médio = 1,34%) apresentam médias expressivas em ambas as variáveis, sugerindo avanços contínuos no fortalecimento da inovação educacional.

Tabela 1 — Variação percentual média das patentes educacionais (PISA G09B) e do desempenho em leitura nos ciclos 2000–2006, 2006–2012 e 2012–2018

Literatura											
Ciclo 1			Ciclo 2			Ciclo 3			Média		
	Patente	Pisa:		Patente	Pisa:		Patente	Pisa:		Patente	Pisa:
Período de Comparação	1994-1999 em relação a 2000-2005	2000 → 2006	Período de Comparação	2000-2005 em relação a 2006-2011	2006 → 2012	Período de Comparação	2006-2011 em relação a 2012-2017	2012 → 2018	Formula	$\frac{(DP1 + DP2 + DP3)}{3}$	$\frac{(DL1 + DL2 + DL3)}{3}$
Pais	DP1	DL1	Pais	DP2	DL2	Pais	DP3	DL3	Pais	P (médio)	L (médio)
CHINA - HONG KONG	65,29	2,10	ARGENTINA	17,65	5,88	ARGENTINA	5,00	1,52	BRASIL	41,96	1,43
CORÉIA	286,82	5,90	BÉLGICA	20,00	1,60	BRASIL	52,62	0,73	DINAMARCA	8,61	0,27
HUNGRIA	33,33	0,42	BRASIL	10,97	4,33	CHILE	230,00	2,49	ISRAEL	9,10	1,51
PORTUGAL	32,26	0,43	CHINA - HONG KONG	294,88	1,68	DINAMARCA	53,70	1,01	POLÓNIA	10,69	2,29
			INDONÉSIA	50,00	0,76	ESTADOS UNIDOS	55,31	1,41	PORTUGAL	21,88	1,55
			ITÁLIA	54,84	4,48	PORTUGAL	30,95	0,82	ROMÊNIA	75,19	0,28
			LUXEMBURGO	100,00	1,88	RUSSIA	22,97	0,84	RUSSIA	47,04	1,34
			MÉXICO	31,78	3,16						
			NORUEGA	20,00	4,13						
			POLÓNIA	20,43	1,97						
			PORTUGAL	2,44	3,39						
			REP. TCHÉCA	14,29	2,07						
			ROMÊNIA	220,00	10,61						
			RUSSIA	88,14	7,95						
			SUÍÇA	9,09	2,00						

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do PISA (OCDE, 2000–2018) e patentes educacionais G09B (Espacenet, 1994–2017).

A análise comparativa da relação entre o crescimento de patentes educacionais (G09B) e o desempenho em matemática no PISA (Tabela 2) evidencia trajetórias distintas entre os países. No Ciclo 1, México (DP1 = 248,65%; DL1 = 4,91%) e Brasil (DP1 = 62,30%; DL1 = 10,78%) lideraram em crescimento tecnológico, com o Brasil também registrando o maior avanço em desempenho, sugerindo impacto positivo inicial da inovação. Grécia, Portugal e Israel também obtiveram ganhos educacionais relevantes.

No Ciclo 2, a Romênia (DP2 = 220,00%; DL2 = 7,23%) apresentou sinergia expressiva entre inovação e aprendizagem, acompanhada por Chile, Itália, Brasil e Polônia, que também combinaram avanços tecnológicos e educacionais, ainda que com variações em magnitude.

No Ciclo 3, a análise mostra menor presença de países com desempenho positivo nas duas dimensões. A Dinamarca (DP3 = 53,70%; DL3 = 1,80%) foi o destaque em desempenho, enquanto a Hungria teve maior crescimento tecnológico (DP3 = 64,29%) com impacto educacional limitado (DL3 = 0,84%). Portugal manteve crescimento equilibrado nos três ciclos, o que pode indicar consistência nas políticas de inovação.

A média geral evidência México, Bulgária e Romênia como líderes em crescimento de patentes, mas com baixo desempenho educacional. Por outro lado, Brasil, Portugal, Polônia, Itália e Israel revelam maior equilíbrio entre inovação e aprendizagem, sugerindo maior integração das tecnologias às práticas pedagógicas.

Tabela 2 — Variação percentual média das patentes educacionais (G09B) e do desempenho em matemática nos ciclos 2000–2006, 2006–2012 e 2012–2018

Matemática											
Ciclo 1			Ciclo 2			Ciclo 3			Média		
	Patente	Pisa:		Patente	Pisa:		Patente	Pisa:			
Período de Comparação	1994-1999 em relação a 2000-2005	2000 → 2006	Período de Comparação	2000-2005 em relação a 2006-2011	2006 → 2012	Período de Comparação	2006-2011 em relação a 2012-2017	2012 → 2018	Formula		
									$\frac{(DP1 + DP2 + DP3)}{3}$	$\frac{(DL1 + DL2 + DL3)}{3}$	
País	DP1	DM1	País	DP2	DM2	País	DP3	DM3	País	P (médio)	LM(médio)
BRASIL	62,30	10,78	ARGENTINA	17,65	1,84	DINAMARCA	53,70	1,80	BRASIL	41,96	4,89
ESPANHA	16,99	0,84	BRASIL	10,97	5,68	HUNGRIA	64,29	0,84	BULGÁRIA	79,76	0,55
GRÉCIA	5,88	2,68	CHILE	900,00	2,92	PORTUGAL	30,95	1,03	ESPANHA	21,74	0,35
HUNGRIA	33,33	0,61	CHINA - HONG KONG	294,88	2,56	RUSSIA	22,97	1,24	ISRAEL	9,10	2,29
ISRAEL	14,58	2,08	COREIA	68,23	1,28				ITÁLIA	29,18	2,16
ITÁLIA	34,78	1,09	ESTADOS UNIDOS	13,55	1,48				MÉXICO	112,89	1,89
MÉXICO	248,65	4,91	ITÁLIA	54,84	4,98				NORUEGA	0,51	0,15
PORTUGAL	32,26	2,64	MÉXICO	31,78	1,72				POLÓNIA	10,69	3,19
			POLÓNIA	20,43	4,65				PORTUGAL	21,88	2,73
			PORTUGAL	2,44	4,51				REP. TCHÉCA	1,55	0,08
			ROMÊNIA	220,00	7,23				ROMÊNIA	75,19	0,43
			RUSSIA	88,14	1,26				RUSSIA	47,04	0,70
			SUÍÇA	9,09	0,19						

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do PISA (OCDE, 2000–2018) e patentes educacionais G09B (Espacenet, 1994–2017).

A análise da relação entre o crescimento das patentes educacionais e o desempenho em Ciências no PISA (Tabela 3) confirma a heterogeneidade já identificada nas áreas de Leitura e Matemática.

No Ciclo 1 (2000 → 2006), destacam-se casos de avanço simultâneo, como Brasil (DP1 = 62,30%; DC1 = 4,00%), Israel (DP1 = 14,58%; DC1 = 4,61%) e Portugal (DP1 = 32,26%; DC1 = 3,27%), que indicam correspondência positiva entre inovação tecnológica e aprendizagem. Por outro lado, países como China–Hong Kong (65,29%; 0,18%) e Nova Zelândia (105,26%; 0,38%) registraram

forte crescimento em patentes, mas ganhos educacionais limitados, revelando desalinhamento entre esforço tecnológico e resultados pedagógicos.

No Ciclo 2 (2006 → 2012), observa-se maior dispersão entre os países. Romênia (DP2 = 220,00%; DC2 = 5,02%), Itália (54,84%; 4,00%) e Polônia (20,43%; 5,62%) mantiveram desempenho consistente em ambas as dimensões, enquanto Brasil (10,97%; 3,85%) também mostrou avanços relevantes. Em contraste, alguns países, como Chile (900,00%; 1,60%), apresentaram altos índices de crescimento tecnológico, mas impacto educacional mais modesto.

No Ciclo 3 (2012 → 2018), o número de países com ganhos simultâneos é mais restrito. Apenas Estados Unidos (DP3 = 55,31%; DC3 = 1,01%), México (58,24%; 0,96%) e Portugal (30,95%; 0,61%) exibiram variações positivas nas duas dimensões, ainda que com impacto educacional relativamente limitado frente ao crescimento das patentes.

As médias dos três ciclos reforçam que Brasil (P_médio = 41,96%; C_médio = 2,53%), Portugal (21,88%; 2,35%), Polônia (10,69%; 1,96%) e Israel (9,10%; 2,14%) mantiveram padrões estáveis de avanço conjunto em tecnologia e aprendizagem. Em contrapartida, países como Estados Unidos (70,06%; 0,21%) e Dinamarca (8,61%; 0,84%) apresentaram maior esforço inovador com resultados médios limitados em Ciências.

Tabela 3 — Variação percentual média das patentes educacionais (G09B) e do desempenho em ciências nos ciclos 2000–2006, 2006–2012 e 2012–2018

Ciência											
Ciclo 1			Ciclo 2			Ciclo 3			Média		
Período de Comparação	Patente	Pisa:	Período de Comparação	Patente	Pisa:	Período de Comparação	Patente	Pisa:	Formula	Patente	Pisa:
1994-1999 em relação a 2000-2005	2000 → 2006		2000-2005 em relação a 2006-2011	2006 → 2012		2006-2011 em relação a 2012-2017	2012 → 2018		$\frac{DP1 + DP2 + DP3}{3}$	$\frac{DL1 + DL2 + DL3}{3}$	
País	DP1	DC1	País	DP2	DC2	País	DP3	DC3	País	P (médio)	C (médio)
BRASIL	62,30	4,00	ARGENTINA	17,65	3,84	ESTADOS UNIDOS	55,31	1,01	ARGENTINA	87,55	0,69
CANADÁ	61,89	0,95	BRASIL	10,97	3,85	MÉXICO	58,24	0,96	BRASIL	41,96	2,53
CHINA - HONG KONG	65,29	0,18	CHILE	900,00	1,60	PORTUGAL	30,95	0,61	DINAMARCA	8,61	0,84
GRÉCIA	5,88	2,60	CHINA - HONG KONG	294,88	2,40				ESTADOS UNIDOS	70,06	0,21
HUNGRIA	33,33	1,61	COREIA	68,23	3,07				ISRAEL	9,10	2,14
ISRAEL	14,58	4,61	ESTADOS UNIDOS	13,55	1,64				POLÔNIA	10,69	1,96
NOVA ZELÂNDIA	105,26	0,38	ITALIA	54,84	4,00				PORTUGAL	21,88	2,35
PORTUGAL	32,26	3,27	LUXEMBURGO	100,00	1,03				RUSSIA	47,04	1,32
RUSSIA	30,02	4,13	MÉXICO	31,78	1,22				SUÍÇA	29,22	0,49
			NORUEGA	20,00	1,64						
			POLÔNIA	20,43	5,62						
			PORTUGAL	2,44	3,16						
			ROMÊNIA	220,00	5,02						
			RUSSIA	88,14	1,46						
			SUÍÇA	9,09	0,59						

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do PISA (OCDE, 2000–2018) e patentes educacionais G09B (Espacenet, 1994–2017).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados quantitativos deste estudo evidenciam um relacionamento heterogêneo entre o crescimento de patentes educacionais (subclasse G09B) e o desempenho acadêmico no PISA nas áreas de Leitura, Matemática e Ciências. Em geral, constatou-se que o aumento no número de patentes não se traduz automaticamente em melhores resultados educacionais, embora alguns países tenham mostrado alinhamento positivo entre inovação e aprendizagem. Por exemplo, Portugal destacou-se por manter, ao longo de todos os ciclos analisados, crescimento simultâneo em inovação tecnológica e desempenho estudantil, indicando uma sinergia consistente. Outros países, como Brasil, Polônia e Israel, também registraram avanços conjuntos em pelo menos duas áreas, especialmente em Matemática e Ciências. Em contraste, observaram-se casos de dissociação: Romênia e México figuraram entre os líderes em crescimento de patentes, porém sem ganhos proporcionais de desempenho educativo, e os Estados Unidos apresentaram um esforço inovador expressivo, porém com resultados médios bastante limitados em Ciências. Esses padrões diversos, detalhados nas Tabelas 1, 2 e 3, reforçam que a expansão da inovação formalizada, por si só, não garante a elevação do desempenho dos alunos.

No entanto, algumas limitações metodológicas devem ser consideradas na interpretação desses resultados. Primeiramente, a análise restringiu-se aos países posicionados no primeiro quadrante de crescimento (aumento simultâneo em patentes e desempenho), o que exclui contextos em que a inovação tecnológica não foi acompanhada de melhoria educacional (ou vice-versa) e pode ter limitado a compreensão de padrões além dos cenários de sucesso relativo. Ademais, a utilização de variações percentuais médias torna os indicadores sensíveis a efeitos de base: incrementos sobre valores absolutos muito baixos tendem a gerar percentuais elevados que nem sempre refletem um impacto substantivo em

larga escala. Outra limitação reside na ausência de controle por fatores externos, como indicadores socioeconômicos e educacionais (por exemplo, PIB per capita, investimento em educação ou qualidade do ensino), os quais podem influenciar tanto a capacidade inovativa quanto o desempenho no PISA. Assim, não se pode inferir causalidade direta a partir dos achados. Os casos de desalinhamento observados sugerem que os benefícios das tecnologias educacionais dependem de condições contextuais favoráveis, corroborando a literatura que aponta que a mera disponibilidade de tecnologia não garante melhorias sem a devida integração pedagógica e suporte institucional (Courtney et al., 2022; Güzeller; Akın, 2014).

Para converter a inovação tecnológica em melhorias efetivas na aprendizagem, as políticas públicas precisam assegurar que o aumento de patentes e recursos tecnológicos venha acompanhado de implementação pedagógica adequada. Isso inclui investir na capacitação docente, com formação continuada para que os professores integrem as novas ferramentas de forma eficaz (Wei, 2023), e incentivar metodologias ativas mediadas por tecnologia — por exemplo, plataformas gamificadas que têm demonstrado ganhos em leitura (Leal Uhlig et al., 2023). Além disso, são necessárias políticas educacionais estruturadas e de longo prazo para criar um ambiente propício à inovação nas escolas, garantindo alinhamento entre tecnologia, currículo e infraestrutura. Deve-se também focar na qualidade do uso das TIC, e não apenas na frequência (Courtney et al., 2022), bem como fortalecer a confiança digital de educadores e estudantes (Güzeller; Akın, 2014), de modo a maximizar o impacto das ferramentas tecnológicas no aprendizado.

Futuras pesquisas podem aprofundar a compreensão da relação entre inovação tecnológica e desempenho educacional ao abordar as lacunas deste estudo. Uma extensão recomendada é incluir na análise países de todos os quadrantes, examinando também casos em que o desempenho acadêmico melhorou sem crescimento equivalente de patentes (ou vice-versa), a fim de identificar dinâmicas não capturadas pelo recorte do primeiro quadrante. Ademais, estudos futuros devem incorporar variáveis de contexto socioeconômico e educacional nos modelos, permitindo avaliar o impacto relativo da inovação tecnológica controlando fatores como investimento em educação, formação de professores, desigualdades socioeconômicas e políticas públicas nacionais. Outra linha promissora de investigação é avaliar qualitativamente como as patentes educacionais se traduzem em práticas pedagógicas efetivas: por exemplo, verificar se e como as tecnologias patenteadas são implementadas nas salas de aula e com que resultados, considerando aspectos como preparo docente e adequação curricular. Por fim, acompanhar ciclos mais recentes do PISA e considerar métricas complementares de inovação — por exemplo, o nível de uso efetivo das TIC nas escolas, conforme captado pelos questionários da própria avaliação (Courtney et al., 2022) — poderá oferecer um panorama mais completo e atualizado sobre como a inovação tecnológica formal se relaciona com a melhoria educacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANASTASIOU, D.; SIDERIDIS, G. D.; KELLER, C. E. The Relationships of Socioeconomic Factors and Special Education With Reading Outcomes Across PISA Countries. *Exceptionality*, v. 28, n. 4, p. 279-293, 2020. DOI: 10.1080/09362835.2018.1531759.

ANISIMOVA, T. I.; SABIROVA, F. M.; SHATUNOVA, O. V. Formation of design and research competencies in future teachers in the framework of STEAM education. *Journal of Physics: Conference Series*, v. 1691, p. 012210, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1691/1/012210>.

AVVISATI, F. The measure of socio-economic status in PISA: a review and some suggested improvements. *Large-scale Assessments in Education*, v. 8, n. 1, art. 8, 2020. DOI: 10.1186/s40536-020-00086-x.

BOMAN, B. Is the SES and academic achievement relationship moderated by perceptions of social mobility?: A study of PISA data from 78 countries. *Frontiers in Psychology*, v. 14, 2023. DOI:

10.3389/fpsyg.2023.1045568. Disponível em:

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2023.1045568/full>. Acesso em: 01 ago. 2025.

BORGER, L.; EKLÖF, H.; JOHANSSON, S.; STRIETHOLT, R. The issue of test-taking motivation in low- and high-stakes tests: are students underachieving in PISA? **Learning and Individual Differences**, [S. l.], v. 122, art. 102722, 2025. DOI: 10.1016/j.lindif.2025.102722.

COURTNEY, M.; KARAKUS, M.; ERSOZLU, Z.; NURUMOV, K. The influence of ICT use and related attitudes on students' math and science performance: multilevel analyses of the last decade's PISA surveys. **Large-scale Assessments in Education**, v. 10, n. 1, p. 8, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40536-022-00128-6>.

EUROPEAN PATENT OFFICE (EPO). What is the coverage of the worldwide Espacenet database? [S.l.]: EPO, [s.d.]. Disponível em: <https://www.epo.org/en/service-support/faq/searching-patents/espacenet-worldwide-patent-search/what-coverage-worldwide>. Acesso em: 4 jan. 2026.

FALLOON, Garry. Using simulations to teach young students science concepts: an experiential learning theoretical analysis. **Computers & Education**, v. 135, p. 138–159, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.03.001>.

FANG, Ying; HUANG, Si; SONG, Xiaoying; ZHOU, Yun; YANG, Qing. Stealth literacy assessments via educational games. **Computers**, v. 12, n. 7, p. 130, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/computers12070130>.

GONZÁLEZ-BETANCOR, S. M.; FERNÁNDEZ-MONROY, M.; GONZÁLEZ-MARRERO, A. M.; BELTRÁN-DE HEREDIA-IBARROLA, A. Academic performance of first-year university students: the influence of resilience and engagement. **Higher Education Research and Development**, v. 42, n. 6, p. 1422-1437, 2023. DOI: 10.1080/07294360.2022.2142534.

GÜZELLER, Cem Oktay; AKIN, Ayça. Relationship between ICT variables and mathematics achievement based on PISA 2006 database: international evidence. **Turkish Online Journal of Educational Technology**, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 184–192, jan. 2014. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1018171>. Acesso em: 17 jun. 2025.

IBÁÑEZ, María Blanca; DELGADO-KLOOS, Carlos. Augmented reality for STEM learning: a systematic review. **Computers & Education**, v. 123, p. 109–123, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). Guia básico: Programas de computador. Brasília, DF: INPI, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/programas-de-computador/guia-basico>. Acesso em: 4 jan. 2026.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). Programas de computador (Perguntas frequentes). Brasília, DF: INPI, 13 maio 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/acesso-a-informacao/perguntas-frequentes/programas-de-computador>. Acesso em: 4 jan. 2026.

KIM, J. 'In numbers we trust': statistical data as governing technologies in the era of student achievement and school accountability. **Educational Philosophy and Theory**, [S. l.], p. 1-12, 2021. DOI: 10.1080/00131857.2021.1920394.

KING, R. B.; WANG, F. The rich get richer: Socioeconomic advantage amplifies the mindset-achievement association across 72 countries. **British Journal of Educational Psychology**, 2025. DOI: 10.1111/bjep.12755

LEAL UHLIG, Emilia Fernanda; GARZA LEÓN, Carolina; CRUZ VARGAS, Xóchitl; HERNÁNDEZ FRANCO, Sheila; PORTUGUEZ-CASTRO, May. Lèttèra web platform: a game-based learning approach with the use of technology for reading competence. **Frontiers in Education**, [S.l.], v. 8, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1180283>. Acesso em: 15 jun. 2025.

LEE, J.; KANG, C. A litmus test of school accountability policy effects in Korea: cross-validating high-stakes test results for academic excellence and equity. **Asia Pacific Journal of Education**, [S. l.], p. 1-14, 2019. DOI: 10.1080/02188791.2019.1598851.

LÓPEZ-VICENTE, P.; CUSSÓ-PARCERISAS, I.; RODRÍGUEZ-GARCIA, E.; RIERA-ROMANÍ, J. Hacia una nueva propuesta de evaluación del éxito educativo. **REICE: Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 1-16, 2016. DOI: 10.15366/reice2016.14.2.006.

MARTÍNEZ-ABAD, F.; TORRECILLA-SÁNCHEZ, E. M.; GAMAZO, A.; TORRIJOS-FINCIAS, P. Towards a model of educational equity based on social justice in Ibero-American countries. **International Journal of Educational Research Open**, [S. l.], v. 9, art. 100548, 2025. DOI: 10.1016/j.ijedro.2025.100548.

MOURONTE-LÓPEZ, M. L.; CERES, J. S. Analyzing enrollment in information & communication technology degrees: Factors in student persistence and academic success. **International Journal of Engineering Education**, v. 37, n. 5, p. 1215-1230, 2021.

MUENCH, R.; WIECZOREK, O. In search of quality and equity: the United Kingdom and Germany in the struggle for PISA scores. **International Journal of Educational Research Open**, [S. l.], v. 3, art. 100165, 2022. DOI: 10.1016/j.ijedro.2022.100165.

OECD. Digital education outlook 2021: pushing the frontiers with artificial intelligence, blockchain and robots. Paris: OECD Publishing, 2020.

OECD. PISA 2018 results (Volume II): where all students can succeed. Paris: OECD Publishing, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1787/b5fd1b8f-en>.

ORGANISING BUREAU OF EUROPEAN SCHOOL STUDENT UNIONS (OBESSU). **PISA's Inconsistencies**: Why policy-makers should be cautious with PISA results. Bruxelas: OBESSU, [s.d.].

PERRY, L. B.; SAATCIOGLU, A.; MICKELSON, R. A. Does school SES matter less for high-performing students than for their lower-performing peers? A quantile regression analysis of PISA 2018 Australia. **Large-Scale Assessments in Education**, v. 10, n. 1, art. 17, 2022. DOI: 10.1186/s40536-022-00137-5.

PETKO, Dominik; CANTIENI, Andrea; PRASSE, Dario. Perceived quality of educational technology matters: a secondary analysis of students' ICT use, ICT-related attitudes, and PISA 2012 test scores. **Journal of Educational Computing Research**, v. 54, n. 8, p. 1070–1091, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1177/0735633116649373>.

RICO-JUAN, J. R.; PEÑA-ACUÑA, B.; NAVARRO-MARTÍNEZ, O. Holistic exploration of reading comprehension based on PISA 2018 performance: A multivariate analysis of the Spanish context. **Heliyon**, v. 10, n. 12, 2024. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e32637.

RICONSCENTE, Michelle M. Inferencing and engagement: a study of a game-based reading intervention for elementary students. **Contemporary Educational Psychology**, [S.l.], v. 77, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2024.102221>. Acesso em: 16 jun. 2025.

SHALA, A.; GRAJCEVCI, A.; LATIFI, F. Does socioeconomic status influence achievement? An analysis of the performance of Kosovar students on the 2015 and 2018 PISA assessment. **Journal of Elementary Education**, v. 14, n. 4, p. 393-408, 2021. DOI: 10.18690/rei.14.4.393-408.2021.

SILVERMAN, Rebecca D.; MURPHY, Kristin M.; FOGARTY, Elizabeth A.; SCHMITT, Sara A.; LEMONS, Christopher J. The effects of educational technology interventions on literacy in elementary school: a meta-analysis. **Review of Educational Research**, [S.l.], v. 94, n. 3, p. 431–471, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3102/00346543241261073>. Acesso em: 11 jul. 2025.

SMITH, E.; DOUGLAS, G. Special educational needs, disability and school accountability: an international perspective. **International Journal of Inclusive Education**, [S. l.], v. 18, n. 5, p. 443-458, 2014. DOI: 10.1080/13603116.2013.788222.

VALQUARESMA, Andreia; ZAMANA, Felipe. To Infinity and Beyond? — Toward a More Nuanced Approach to Creativity in the PISA Creative Thinking Assessment Test. **The Journal of Creative Behavior**, [s.l.], 2025.

VOOGT, J.; KNEZEK, G.; COX, M.; KNEZEK, D.; TEN BRUMMELHUIS, A. Under which conditions does ICT have a positive effect on teaching and learning? A call to action. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 31, n. 5, p. 479–491, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcal.12131>.

WEI, L. Artificial intelligence in language instruction: reading comprehension and beyond. **Frontiers in Psychology**, v. 14, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1261955>.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (WIPO). Frequently Asked Questions: Copyright. Geneva: WIPO, [s.d.]. Disponível em: <https://www.wipo.int/en/web/copyright/faq-copyright>. Acesso em: 4 jan. 2026.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (WIPO). IPC Publication: G09B — Educational or demonstration appliances; appliances for teaching or communicating with the blind, deaf or mute; models; planetaria; globes; maps; diagrams. Geneva: WIPO, [s.d.]. Disponível em: <https://www.wipo.int/ipcpub?symbol=G09B>. Acesso em: 4 jan. 2026.

WORLD TRADE ORGANIZATION (WTO). Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights (TRIPS): Standards (Article 10). Geneva: WTO, 1994. Disponível em: https://www.wto.org/english/docs_e/legal_e/27-trips_04_e.htm. Acesso em: 4 jan. 2026.

ZAKHAROV, A.; CARNOY, M. Does teaching to the test improve student learning? **International Journal of Educational Development**, [S. l.], v. 84, art. 102422, 2021. DOI: 10.1016/j.ijedudev.2021.102