



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL

**A INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA DAS QUESTÕES DE MATEMÁTICA DO PISA
2022 NA AVALIAÇÃO DAS COMPETÊNCIAS MATEMÁTICAS E DESEMPENHO
DOS ESTUDANTES BRASILEIROS NO DISTRITO FEDERAL: UMA ANÁLISE
SOB A ÓTICA DA TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM**

**Brasília
2025**

LEONARDO PEIXOTO SILVA

**A INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA DAS QUESTÕES DE MATEMÁTICA DO PISA
2022 NA AVALIAÇÃO DAS COMPETÊNCIAS MATEMÁTICAS E DESEMPENHO
DOS ESTUDANTES BRASILEIROS NO DISTRITO FEDERAL: UMA ANÁLISE
SOB A ÓTICA DA TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM**

Dissertação apresentada ao Departamento de
Matemática da Universidade de Brasília como
parte dos requisitos para a obtenção do título de
Mestre

Orientador: Prof. Dr. Mauro Luiz Rabelo

Brasília

2025

LEONARDO PEIXOTO SILVA

Dissertação apresentada ao Departamento de
Matemática da Universidade de Brasília como
parte dos requisitos para a obtenção do título de
Mestre
Orientador: Prof. Dr. Mauro Luiz Rabelo

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Mauro Luiz Rabelo (UnB) (Orientador)

Prof. Dr. Igor dos Santos Lima (UnB)

Examinador interno

Prof.ª Dr.ª Sunamita Souza Silva (UFG)

Examinadora externa

Prof.ª Dr.ª Simone Vasconcelos da Silva (UnB)

Examinadora suplente

Data de aprovação: _____ / _____ / _____

AGRADECIMENTO

A Deus, fonte de toda sabedoria e força, minha eterna gratidão. Nos momentos de cansaço, foi Ele quem renovou minhas energias e me sustentou com fé, coragem e esperança.

À minha esposa Alline Peixoto, que esteve comigo com amor, paciência e incentivo constante. Sua presença foi essencial para que eu não desistisse diante das dificuldades.

Aos meus filhos, Davi, Yasmin e Levi, razão do meu esforço e fonte inesgotável de inspiração. Em especial ao caçulinha Levi, que nasceu no início dessa jornada e me ensinou, com sua chegada, que o amor também é um poderoso combustível intelectual.

Aos meus pais, Maria e Luiz Peixoto (in memoriam), por todo o amor, dedicação e pelos valores que me transmitiram ao longo da vida. Esta conquista é fruto dos seus ensinamentos e da força que sempre me deram para seguir em frente. Dona Maria, que sonhou em me ver estudando na Universidade de Brasília, e Luiz Peixoto, cuja memória sigo honrando a cada passo da minha trajetória.

Aos meus irmãos, Luiz Carlos, Luciano e Lessandro, que sempre torceram por mim e celebraram comigo cada conquista. A parceria e o apoio fraternal de vocês me fortaleceram nos momentos de incerteza.

Ao meu sócio e irmão Júnior, pela dedicação e compromisso em suprir meus dias de ausência no cursinho, garantindo que nosso sonho coletivo seguisse firme.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Mauro Luiz Rabelo, pela orientação firme, atenciosa e generosa. Sua escuta sensível, seu rigor acadêmico e seu compromisso com a formação docente foram fundamentais para que esta dissertação se concretizasse com consistência e profundidade.

Aos professores e colegas do ProfMat/UnB, minha sincera gratidão. Cada disciplina, cada seminário e cada conversa contribuíram imensamente para minha formação crítica, ética e profissional.

Aos meus colegas de cursinho e de escola, que me lembram diariamente por que escolhi a docência como missão de vida: transformar vidas pela educação.

Aos estudantes do Distrito Federal que participaram desta pesquisa, meu sincero obrigado. São vocês que dão sentido a cada esforço aqui empreendido. Que este trabalho possa, um dia, contribuir para uma escola mais justa, mais humana e mais significativa.

Por fim, a todos e todas que, direta ou indiretamente, me ajudaram a chegar até aqui: meu muito obrigado.

RESUMO

Esse estudo investiga a estrutura das questões de matemática do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) 2022, fundamentadas na Teoria de Resposta ao Item (TRI), e seu impacto na avaliação das competências e do desempenho dos estudantes do Distrito Federal. Seu objetivo geral é compreender como a estrutura dessas questões, fundamentadas na TRI, influencia a estimativa de proficiência e a leitura dos resultados. A partir de uma abordagem qualitativa e quantitativa, foram selecionadas cinco questões representativas da edição 2022, considerando a diversidade de níveis de dificuldade e competências avaliadas, e aplicadas presencialmente a uma amostra de 40 estudantes do ensino médio do Distrito Federal, composta por metade da rede pública e metade da rede privada. O estudo analisa a fundamentação teórica do PISA, destacando sua importância como instrumento de diagnóstico e orientação para práticas pedagógicas, articulada à TRI como método estatístico sofisticado para analisar o desempenho dos estudantes, com foco nos parâmetros de dificuldade, discriminação e acerto ao acaso e sua influência na estimativa de proficiência. As respostas foram analisadas à luz dos descriptores do PISA, da TRI e das estratégias de resolução mobilizadas, permitindo uma compreensão aprofundada dos processos cognitivos envolvidos. Os resultados revelam desafios enfrentados pelo sistema educacional brasileiro no desenvolvimento de habilidades matemáticas, especialmente após o contexto pandêmico, evidenciando a necessidade de formação continuada de professores na interpretação dos dados produzidos por avaliações em larga escala. Além disso, discute-se o papel dessas avaliações na formulação de políticas públicas voltadas para a promoção da equidade e do fortalecimento das práticas pedagógicas. Como contribuições, o estudo visa oferecer subsídios para a formação docente na compreensão e interpretação dos resultados do PISA, destaca a importância do uso pedagógico de itens internacionais e propõe melhorias na elaboração e utilização de materiais didáticos contextualizados, além do aprimoramento das estratégias avaliativas, com vistas a promover uma educação matemática mais inclusiva, contextualizada e formativa, capaz de atender às demandas contemporâneas do ensino e de favorecer maior equidade na aprendizagem matemática.

Palavras-chave: PISA; TRI, avaliação educacional; competências matemáticas

ABSTRACT

This study investigates the structure of mathematics questions from the 2022 Program for International Student Assessment (PISA), based on Item Response Theory (IRT), and their impact on the assessment of student competencies and performance in the Federal District. The overall objective is to understand how the structure of these questions, based on IRT, influences proficiency estimates and the interpretation of results. Using a qualitative and quantitative approach, five representative questions from the 2022 edition were selected, considering the diversity of difficulty levels and competencies assessed. These questions were administered in person to a sample of 40 high school students from the Federal District, half from public and half from private schools. The study analyzes the theoretical foundation of PISA, highlighting its importance as a diagnostic and guidance tool for pedagogical practices, combined with IRT as a sophisticated statistical method for analyzing student performance, focusing on the parameters of difficulty, discrimination, and chance accuracy, and their influence on proficiency estimates. The responses were analyzed in light of PISA descriptors, IRT, and the solution strategies employed, enabling a deeper understanding of the cognitive processes involved. The results reveal challenges faced by the Brazilian education system in developing mathematical skills, especially after the pandemic, highlighting the need for ongoing teacher training in interpreting data produced by large-scale assessments. Furthermore, the study discusses the role of these assessments in formulating public policies aimed at promoting equity and strengthening pedagogical practices. The study aims to provide support for teacher training in understanding and interpreting PISA results, highlights the importance of using international items for teaching, and proposes improvements in the development and use of contextualized teaching materials, as well as the enhancement of assessment strategies, with a view to promoting a more inclusive, contextualized, and formative mathematics education capable of meeting contemporary teaching demands and fostering greater equity in mathematical learning.

Keywords: PISA; IRT; educational assessment; mathematical competencies

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico da evolução do desempenho em Matemática no PISA (2003-2022)	30
Figura 2: Distribuição dos Estudantes por Níveis de Proficiência em Matemática – PISA 2022	31
Figura 3: Desempenho por Subárea de Matemática – PISA 2022	32
Figura 4: Evolução dos Estudantes Brasileiros por Faixa de Proficiência em Matemática (2003–2022)	33
Figura 5: Pontuação Média em Matemática por Tipo de Escola – PISA 2022	33
Figura 6: Desempenho por questão - turma A (Escola Pública)	58
Figura 7: Desempenho por questão - turma B (Escola Particular)	59
Figura 8: Desempenho na questão 1 por tipo de resposta	61
Figura 9: Desempenho na questão 2 por tipo de resposta	62
Figura 10: Desempenho na questão 3 por tipo de resposta	63
Figura 11: Desempenho na questão 4 por tipo de resposta	64
Figura 12: Desempenho na questão 5 por tipo de resposta	65
Figura 13: Média das turmas A, turma B e da OCDE 2022	66

LISTA DE SIGLAS

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

DF – Distrito Federal

ENCCEJA - Exame Nacional de Certificação de Competências de Jovens e Adultos

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

IVS-DF - Índice de Vulnerabilidade Social do Distrito Federal

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PAS/UnB – Programa de Avaliação Seriada da Universidade de Brasília

PISA – Programme for International Student Assessment (Programa Internacional de Avaliação de Estudantes)

SAEB – Sistema de Avaliação da Educação Básica

SAT - Scholastic Aptitude Test

TOEFL - Test of English as a Foreign Language

TRI – Teoria de Resposta ao Item

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO 2 – PISA: FUNDAMENTOS, ESTRUTURA E APLICAÇÃO NO CONTEXTO BRASILEIRO	18
2.1 O PISA: Conceituação e estrutura	18
2.1.1 Definição e objetivos da avaliação	21
2.1.2 Organização e aplicação da prova	24
2.1.3 Avaliação da competência matemática no PISA	25
2.1.4 Metodologia e critérios de avaliação	28
2.2 O PISA no Brasil: Desempenho em Matemática	30
2.2.1 Histórico da participação do Brasil	30
2.2.2 Resultados do Brasil em Matemática ao longo das edições	31
2.2.3 Desigualdades educacionais no DF e os limites das avaliações em larga escala	34
2.3 A Teoria da Resposta ao Item (TRI) e sua aplicação na matemática do PISA	34
2.3.1 Fundamentos da TRI	34
2.3.2 Estrutura e características dos itens de matemática baseados na TRI	36
2.3.3 Evolução do uso da TRI em avaliações educacionais	38
2.3.4 A TRI na interpretação dos resultados e desafios da sua aplicação	39
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA	43
3.1 Contexto da investigação	44
3.1.1 Caracterização do campo e dos sujeitos da pesquisa	44
3.1.2 Comparação entre os contexto de escola pública e privada	45
3.1.3 PISA 2022: Questões aplicadas	46
3.1.4 Estratégia de aplicação das questões em ambas as turmas	53
CAPÍTULO 4 – ANÁLISE QUANTITATIVA E INTERPRETATIVA DOS RESULTADOS	56
4.1 Estudo geral dos desempenhos	57
4.2 Desempenho por questão: competência, habilidade e dificuldades evidenciadas	61
4.3 Interpretação à luz da TRI e da Avaliação por competência	67
4.4. Considerações sobre o contexto educacional	69

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO	73
REFERÊNCIAS	76
ANEXOS	80

1. INTRODUÇÃO

A educação, enquanto direito social fundamental assegurado pela Constituição Federal de 1988, é um instrumento indispensável para o pleno desenvolvimento da pessoa, o exercício da cidadania e a promoção da justiça social (Brasil, 1988). No contexto da sociedade brasileira, marcada por profundas desigualdades históricas e estruturais, a garantia desse direito é um desafio constante, sobretudo no que diz respeito à efetivação de uma educação de qualidade para todos.

Nesse contexto, a educação matemática tem um papel estratégico, tanto pela sua função formativa quanto pelo seu potencial de desenvolver competências essenciais, como o raciocínio lógico, a resolução de problemas, a interpretação de dados e a argumentação baseada em evidências.

Mais do que um campo técnico, a matemática, quando abordada de forma crítica e contextualizada, possibilita que os estudantes compreendam o mundo ao seu redor. No entanto, o ensino de matemática no Brasil enfrenta entraves históricos, como o ensino centrado na memorização de fórmulas e procedimentos; o distanciamento entre o conteúdo e o cotidiano dos estudantes; e a escassez de políticas públicas que assegurem equidade no acesso a uma aprendizagem significativa. Esses problemas são evidenciados pelos resultados insatisfatórios dos estudantes brasileiros em avaliações nacionais e internacionais, que apontam para um cenário de baixo desempenho e grande desigualdade entre redes, regiões e grupos sociais (Lima, 2020).

Debates educacionais contemporâneos têm colocado em destaque a discussão sobre avaliação da aprendizagem, especialmente diante das demandas provenientes das políticas públicas nacionais e dos organismos internacionais. No contexto da globalização, a avaliação passou a ser utilizada não somente como instrumento pedagógico, mas também como ferramenta de controle, regulação e comparação entre os sistemas educacionais de diferentes países. Esse movimento está diretamente relacionado à ascensão dos indicadores de desempenho como forma de monitoramento e responsabilização, o que impõe desafios consideráveis à educação pública e à construção de uma escola democrática e de qualidade social (Brasil, 2016).

Entre os principais instrumentos internacionais de avaliação, destaca-se o *Programme for International Student Assessment* (PISA), criado em 1997 e aplicado desde 2000 pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). O PISA avalia, a cada três anos, estudantes de 15 anos de idade, com o objetivo de medir sua capacidade de aplicar

conhecimentos e habilidades adquiridos ao longo da escolarização obrigatória em situações reais e contextualizadas. A avaliação é focada em três áreas do conhecimento: leitura, ciências e matemática, sendo que, a cada edição, uma dessas áreas é escolhida como domínio principal (Brasil, 2012).

Segundo a OCDE (2022), a proposta do PISA acaba com a lógica tradicional de avaliação baseada somente em conteúdos escolares e adota uma abordagem voltada para o letramento e as competências funcionais. No caso da matemática, por exemplo, a avaliação mede o domínio de algoritmos e fórmulas, mas também busca compreender até que ponto os estudantes conseguem utilizar o conhecimento matemático para interpretar gráficos, fazer estimativas, resolver problemas cotidianos e tomar decisões fundamentadas.

Ainda segundo a OCDE, essa perspectiva de avaliação das competências matemáticas está ancorada em uma concepção de letramento matemático que ultrapassa o simples domínio técnico e busca aferir a capacidade de mobilizar conhecimentos em contextos diversos e significativos. A estrutura das provas do PISA é cuidadosamente construída para simular situações reais de vida, como o planejamento de orçamentos, a leitura de informações em tabelas e gráficos e a análise de dados estatísticos.

Nesse sentido, o exame também contribui para impulsionar reformas curriculares nos países participantes, influenciando diretamente as orientações pedagógicas nacionais e os parâmetros de qualidade esperados.

Essa abordagem é sustentada por uma fundamentação estatística sofisticada: a Teoria da Resposta ao Item (TRI). Diferentemente dos modelos clássicos, que atribuem o desempenho apenas ao número de acertos, a TRI considera três parâmetros em cada item: dificuldade, discriminação e acerto ao acaso, o que permite estimar com maior precisão a proficiência dos estudantes e construir escalas comparáveis entre edições e países.

A TRI também evita distorções causadas por acertos casuais, promovendo maior robustez estatística aos resultados. Essa metodologia é especialmente relevante em avaliações de larga escala, nas quais a comparabilidade e a precisão dos dados são cruciais para a formulação de diagnósticos educacionais e o planejamento de políticas públicas. Por meio da TRI, é possível, por exemplo, calcular a proficiência dos alunos independentemente dos itens que responderam, desde que estejam ancorados na mesma escala, o que confere maior validade técnica às análises longitudinais. (Martins 2020).

A edição de 2022 do PISA teve a matemática como domínio principal, com a aplicação de provas digitais em mais de 80 países. No Brasil, os dados desta edição revelam um quadro

preocupante. De acordo com o relatório divulgado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), apenas 27% dos estudantes brasileiros atingiram ao menos o nível 2 de proficiência em matemática, que é considerado o patamar mínimo para o exercício da cidadania em sociedades contemporâneas. A média dos países da OCDE foi de 69%. Além disso, enquanto a média brasileira foi de 379 pontos, a média da OCDE atingiu 472 pontos. Apenas 1% dos estudantes brasileiros alcançou os níveis mais altos de proficiência (níveis 5 e 6), frente a 9% dos países da OCDE. Esses resultados indicam não apenas um baixo desempenho geral, mas também a persistência de desigualdades profundas entre os estudantes brasileiros e seus pares internacionais. (Inep, 2023).

Os dados revelam a gravidade do cenário educacional brasileiro e reforçam a necessidade de análises aprofundadas sobre o modo como as competências estão sendo avaliadas e desenvolvidas no país. A baixa proficiência em matemática compromete o desempenho escolar imediato dos estudantes e suas perspectivas de inserção qualificada no mundo do trabalho, sua autonomia cidadã e sua capacidade de participação crítica na sociedade.

Os resultados do PISA têm sido utilizados como ferramenta de pressão política para a adoção de reformas educacionais alinhadas a parâmetros internacionais, o que nem sempre respeita as especificidades culturais, sociais e econômicas de cada país (Lima, 2020).

O impacto social dos resultados do PISA tem sido discutido na mídia e, também, no meio acadêmico. Reportagens recentes destacam que o Brasil permanece entre os países com pior desempenho desde 2000, sem avanços significativos nas últimas duas décadas (Veja, 2023; Gazeta Do Povo, 2023).

Especialistas apontam que mesmo a cobertura educacional tendo se expandido, a qualidade da aprendizagem segue comprometida em razão de problemas estruturais, formação docente deficiente e ausência de políticas eficazes de valorização da matemática. Essas análises também chamam atenção para o risco de que os *rankings* internacionais reforcem uma lógica meritocrática e excludente, obscurecendo as desigualdades históricas do sistema educacional brasileiro. Por isso, é fundamental que as discussões sobre os resultados do PISA e suas implicações sejam acompanhadas de uma reflexão crítica sobre os modelos de avaliação adotados, os interesses políticos em jogo e as possibilidades de construção de uma educação mais justa e emancipadora.

A TRI representa um avanço importante em relação ao modelo clássico de avaliação, já que busca medir com mais exatidão o conhecimento real dos estudantes, levando em conta a dificuldade dos itens, a capacidade de discriminar entre diferentes níveis de proficiência e a

possibilidade de acertos por acaso. Esse modelo estatístico permite que os resultados sejam comparáveis entre diferentes países e ao longo do tempo, proporcionando uma base sólida para a formulação de políticas educacionais.

No entanto, a complexidade do modelo também impõe desafios para professores, gestores e estudantes, principalmente por ser pouco explorado nos cursos de formação docente e nos espaços escolares. Isso pode dificultar a apropriação pedagógica dos resultados do PISA e sua utilização como ferramenta formativa.

Nesse contexto, esta pesquisa parte da seguinte pergunta-problema: De que maneira as questões de matemática do PISA 2022, estruturadas com base na TRI, influenciam a avaliação das competências e do desempenho dos estudantes brasileiros?

A partir desse questionamento, propõe-se como objetivo geral analisar como a estrutura das questões de matemática do PISA 2022, fundamentadas na TRI, afeta a estimativa de proficiência e a compreensão das competências avaliadas em estudantes do Distrito Federal. Para isso, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: (1) investigar os fundamentos teóricos do PISA e da Teoria da Resposta ao Item; (2) identificar e analisar as competências matemáticas avaliadas nas questões do PISA 2022; (3) verificar o desempenho dos estudantes através de questões aplicadas no PISA.

A escolha pelo recorte no Distrito Federal justifica-se pela diversidade de realidades educacionais presentes em uma mesma unidade federativa, com redes de ensino que apresentam diferenças marcantes em termos de estrutura, recursos, formação docente e resultados educacionais. Essa heterogeneidade oferece um campo abundante para investigar as relações entre desempenho, contexto e compreensão das competências exigidas pelas avaliações internacionais. Além disso, o foco na matemática permite aprofundar a reflexão sobre as práticas pedagógicas na área e as condições de aprendizagem efetiva, principalmente relacionado ao desenvolvimento do raciocínio matemático e da capacidade de resolver problemas.

Do ponto de vista metodológico, a pesquisa adota uma abordagem qualquantitativa. A etapa teórica envolverá revisão bibliográfica sobre o PISA, a TRI e a educação matemática, com destaque para estudos que abordam o uso pedagógico das avaliações externas. Em seguida, serão selecionadas cinco questões de matemática da edição 2022 do PISA, representativas de diferentes níveis de dificuldade e competências avaliadas. Essas questões serão aplicadas presencialmente a uma amostra de 40 estudantes do ensino médio do Distrito Federal, sendo metade oriunda da rede de escolas públicas e metade de escolas privadas. As respostas serão

analisadas à luz dos descriptores do PISA, da TRI e das estratégias de resolução mobilizadas pelos estudantes, com o intuito de compreender os processos cognitivos e pedagógicos implicados nas respostas.

A justificativa para esta pesquisa está na sua contribuição para a compreensão crítica de um dos principais instrumentos de avaliação da educação básica no mundo, o PISA. Ao associar análise teórica e investigação empírica, o estudo busca oferecer contribuições relevantes para o debate educacional contemporâneo, especialmente em relação às limitações e potencialidades das avaliações internacionais na realidade brasileira. Lima (2020) aponta uma lacuna importante: a escassez de estudos que examinem a experiência concreta dos estudantes brasileiros diante dos itens do PISA, com ênfase nas competências matemáticas e na estrutura da prova. Ao retomar essa lacuna, essa pesquisa pretende aprofundar a análise desses aspectos e, com base nisso, propor contribuições que favoreçam o aprimoramento das políticas educacionais e das práticas de ensino da matemática no país.

A relevância deste estudo está diretamente relacionada à sua capacidade de ampliar a compreensão crítica sobre o PISA e de promover reflexões sobre como seus resultados podem ser apropriados pedagogicamente pelas escolas e pelos sistemas educacionais, considerando suas especificidades e desafios. Ao articular teoria e prática, avaliação e ensino, esta pesquisa se propõe a fortalecer o diálogo entre políticas públicas e práticas docentes, colaborando para a construção de uma educação matemática mais justa e significativa.

Além disso, pretende-se colocar foco na questão de como é importante uma formação docente que compreenda criticamente os instrumentos avaliativos contemporâneos, especialmente no que se refere às implicações da TRI na leitura e interpretação dos resultados. Entender como a TRI influencia a construção e a correção das provas é fundamental para que os professores compreendam os dados obtidos e possam usá-los como ponto de partida para repensar suas práticas e enfrentar, com maior consciência, os desafios colocados por esse tipo de avaliação de larga escala.

Este trabalho está estruturado de forma a conduzir o leitor por uma trajetória reflexiva e analítica, começando com uma discussão sobre a importância da educação matemática no Brasil, contextualizando o cenário das políticas públicas e das avaliações externas em larga escala. Em seguida, o estudo aprofunda os fundamentos teóricos e metodológicos do PISA e da TRI, focando na estrutura das questões e na lógica avaliativa. Na sequência, apresenta-se a metodologia da pesquisa, detalhando os critérios de seleção dos itens, a composição da amostra, os procedimentos de aplicação e os métodos de análise adotados. Os capítulos posteriores

apresenta e discute os resultados obtidos com a aplicação dos instrumentos avaliativos, com comparações entre os grupos de estudantes e reflexões sobre os impactos pedagógicos identificados. Por fim, vêm as considerações finais, com ênfase nas contribuições da pesquisa para o campo educacional, nas limitações do estudo e nas possibilidades de aprofundamento em pesquisas futuras.

2. PISA: FUNDAMENTOS, ESTRUTURA E APLICAÇÃO NO CONTEXTO BRASILEIRO

Este capítulo visa à apresentação de uma análise aprofundada do PISA, desde sua criação até sua implementação no Brasil, com foco na avaliação da matemática. À princípio, será tratada a conceituação e objetivos do exame, destacando sua fundamentação metodológica, os critérios usados para elaborar as questões e a lógica avaliativa. Depois, será analisado o histórico da participação brasileira, os resultados ao longo das edições e as especificidades da aplicação no contexto do Distrito Federal. A abordagem é sustentada por uma revisão da literatura especializada e por documentos oficiais, como os relatórios do INEP, da OCDE e dissertações acadêmicas. Diante disso, o capítulo está dividido nos subtítulos apresentados a seguir:

2.1 O PISA: conceituação e estrutura

Criado no final da década de 1990, o PISA surgiu como uma resposta da OCDE à necessidade de avaliar os sistemas educacionais não somente baseado em seus recursos ou currículos formais, mas com foco nos resultados concretos de aprendizagem. A primeira edição ocorreu no ano 2000 e, desde então, tem sido aplicada a cada três anos, consolidando-se como um dos principais instrumentos de avaliação educacional em escala mundial. (OCDE, 2018; INEP, 2023).

Segundo a OCDE (2018), o diferencial do PISA está em sua proposta de avaliar competências essenciais para a vida adulta, especialmente a capacidade dos estudantes de aplicar conhecimentos em situações reais, ou seja, a chamada alfabetização funcional nas áreas de leitura, ciências e matemática. Com isso, foca-se menos em memorização e mais no que o estudante sabe usar de forma crítica, reflexiva e autônoma.

No caso da matemática, esse conceito se materializa na ideia de letramento matemático, que, segundo a própria OCDE (2023),

(...) diz respeito à capacidade de formular, empregar e interpretar a matemática em uma variedade de contextos, utilizando-a como ferramenta para resolver problemas, tomar decisões fundamentadas e compreender o mundo à sua volta (OCDE, 2023, p. 7).

Essa abordagem quebra a visão tradicional da matemática de ser um acumulado de fórmulas e regras abstratas e propõe um ensino voltado ao desenvolvimento de competências para serem utilizadas além da sala de aula. A noção de competência adotada pelo PISA, conforme definido pela OCDE (2023), diz respeito à capacidade de formular, empregar e interpretar a matemática em uma variedade de contextos, utilizando-a como ferramenta para resolver problemas, tomar decisões fundamentadas e compreender o mundo à sua volta. Essa definição amplia a função da matemática na educação básica. Tal concepção converge com a abordagem defendida por Marinho-Araújo e Rabelo (2015), que compreendem a competência como uma articulação entre saberes, habilidades e atitudes, mobilizados para resolver situações complexas de maneira autônoma e contextualizada. Segundo os autores,

O processo de avaliação tem, a partir dessa concepção, caráter formativo e de desenvolvimento e, como tal, deve influenciar a reconfiguração de contextos, condições sociais e propostas pedagógicas, para que esses se constituam em opções mais favoráveis à construção das competências necessárias ao perfil que se deseja formar. (Marinho-Araújo; Rabelo, 2015, p. 447).

A estrutura do PISA é planejada de modo que os resultados sejam comparáveis entre diferentes países e ao longo do tempo. A avaliação é aplicada para uma amostra representativa de estudantes de 15 anos, independentemente da série escolar em que estejam, por se tratar da faixa etária que, na maioria dos países, marca o final da escolarização obrigatória. No ciclo de 2022, mais de 690 mil estudantes participaram da avaliação em 81 países, representando cerca de 29 milhões de jovens. No Brasil, foram avaliados 10.798 estudantes de 599 escolas, públicas e privadas, o que corresponde a 76% da amostra nacional prevista pelo PISA para representar a população brasileira de 15 anos (INEP, 2023).

As provas são aplicadas digitalmente desde 2015, o que amplia as possibilidades de interação e simulação de contextos reais. Os itens incluem questões de múltipla escolha, de resposta construída e interativas. São duas horas de prova cognitiva, distribuídas entre os três domínios (leitura, ciências e matemática), sendo que uma das áreas é definida como foco principal a cada edição. No ciclo de 2022, a matemática foi o domínio central, ocupando dois terços da avaliação.

Um dos pilares do PISA é a utilização da Teoria da Resposta ao Item (TRI) como modelo estatístico para estimar a proficiência dos estudantes. De acordo com Martins (2020), a TRI considera que a chance de um estudante acertar um item depende tanto de sua habilidade quanto das características do item, como a dificuldade, a capacidade de discriminar entre estudantes

com diferentes níveis de proficiência e a probabilidade de acerto ao acaso. Isso significa que dois estudantes com o mesmo número de acertos podem ter níveis de proficiência diferentes, dependendo de quais questões acertaram. Essa modelagem oferece maior precisão às estimativas e permite comparações mais confiáveis, inclusive entre ciclos distintos.

Segundo Lima (2020):

a utilização da TRI no PISA representa um avanço técnico significativo, pois permite estimar a proficiência dos estudantes de forma mais precisa, evitando distorções típicas das avaliações baseadas apenas na contagem bruta de acertos (Lima, 2020, p. 38).

No entanto, o autor alerta para os riscos de se interpretar os resultados do exame de maneira descontextualizada: a leitura isolada dos dados do PISA, sem considerar as desigualdades sociais, culturais e econômicas entre os países, pode reforçar visões tecnocráticas e meritocráticas da educação (Lima, 2020). Ainda segundo o autor, embora o exame ofereça uma visão panorâmica sobre os sistemas educacionais, é necessário cuidado na sua utilização como parâmetro universal, pois há limites importantes quando se desconsideram as especificidades locais (Lima, 2020).

No Brasil, os resultados do PISA têm revelado desafios persistentes e estruturais. Na edição de 2022, apenas 27% dos estudantes brasileiros atingiram o nível mínimo de proficiência em matemática, enquanto a média da OCDE foi de 69%. Apenas 1% dos estudantes brasileiros alcançaram os níveis mais altos de desempenho (níveis 5 ou 6), frente a 9% dos países da OCDE. Esse desempenho coloca o Brasil entre os últimos colocados no ranking global da avaliação (INEP, 2023).

Esse dado não pode ser interpretado de maneira superficial. Ele aponta, entre outros fatores, as desigualdades entre escolas públicas e privadas, entre regiões brasileiras e entre estudantes com diferentes condições socioeconômicas. Lima (2020) enfatiza que a educação brasileira precisa ser analisada com base em múltiplas variáveis e o PISA, apesar de seu potencial, não dá conta de toda essa complexidade. A utilização de seus resultados exige sensibilidade contextual, articulação com outros indicadores e, sobretudo, disposição para ouvir o que os dados não dizem de forma explícita.

Assim, o PISA não deve ser visto apenas como um exame, mas como um dispositivo de construção de políticas públicas, que informa, pressiona e orienta decisões educacionais em diversos países. No Brasil, seus resultados alimentam debates sobre currículo, formação docente, financiamento da educação e avaliação. Ao mesmo tempo, eles também geram

controvérsias, especialmente quando comparações internacionais são feitas sem considerar o ponto de partida de cada país.

Ao analisar o PISA com profundidade, é possível perceber que ele nos obriga a refletir sobre que tipo de educação estamos oferecendo aos jovens e sobre como podemos transformar a matemática tantas vezes temida e descontextualizada em uma ferramenta de leitura crítica do mundo.

2.1.1 Definição e objetivos da avaliação

O PISA é uma avaliação internacional em larga escala, aplicada a cada três anos a estudantes de 15 anos de idade. O exame tem como principal finalidade avaliar, de maneira comparável e padronizada, o quanto esses estudantes são capazes de aplicar conhecimentos e habilidades adquiridos ao longo da escolarização básica em situações do cotidiano. Mais do que medir conteúdos escolares, o PISA busca verificar competências funcionais fundamentais para a resolução de problemas na vida em sociedade.

Desde sua criação, o PISA se diferencia das avaliações tradicionais por adotar uma abordagem baseada em letramento e competências. Em 2022, o domínio central foi a matemática, considerada essencial não somente para o desempenho acadêmico, mas também para a formação crítica e autônoma dos indivíduos em um mundo que está cada vez mais regido por dados, algoritmos e decisões quantitativas.

Conforme relatórios da OCDE (2023) e do INEP (2023), o PISA tem quatro grandes objetivos centrais, cada um com implicações relevantes para os sistemas educacionais. A seguir, eles são apresentados e discutidos com mais detalhes:

a) Avaliar a capacidade dos estudantes de aplicar conhecimentos e habilidades em situações reais.

No âmbito das avaliações educacionais internacionais, como o PISA, está no centro a ideia de que a aprendizagem significativa não se limita ao domínio de conteúdo, mas se manifesta na capacidade do estudante de responder a desafios reais. Essa perspectiva está diretamente relacionada ao conceito de competência, entendido como a mobilização integrada de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores em contextos variados e inéditos.

Perrenoud (1999) define competência como a capacidade de mobilizar diversos recursos cognitivos para enfrentar um tipo de situação, ressaltando que não se trata apenas de saber, mas de saber agir de forma eficaz, reflexiva e autônoma. Nesse mesmo sentido, Marinho-Araujo e

Rabelo (2015) destacam que as competências envolvem a atuação do sujeito em situações reais, exigindo julgamento, análise e tomada de decisão, e não apenas a reprodução de procedimentos ensinados.

Essa abordagem se mostra particularmente relevante para o ensino de matemática, pois desloca o foco da simples resolução mecânica para a compreensão crítica e funcional dos saberes matemáticos. Avaliar competências, nesse cenário, implica analisar se o estudante é capaz de interpretar informações, estabelecer relações e formular estratégias de resolução apropriadas a partir do contexto apresentado. Isso representa um desafio pedagógico significativo, que requer transformações tanto na prática avaliativa quanto na organização curricular e didática da disciplina.

b) Fornecer dados comparáveis internacionalmente.

Um dos diferenciais do PISA é sua capacidade de gerar dados padronizados que permitem comparações entre países e entre edições sucessivas. Para isso, a OCDE adota protocolos rigorosos de aplicação e análise estatística, incluindo o uso da TRI. Com isso, os países podem analisar suas tendências ao longo do tempo, identificar em que ponto da escala de proficiência se localizam comparando-se aos demais países, e mapear boas práticas educacionais. No entanto, como destaca Lima (2020), essa lógica comparativa deve ser conduzida com atenção aos contextos locais para evitar leituras simplificadas e descoladas das desigualdades que atravessam cada sistema de ensino.

c) Informar a formulação de políticas públicas educacionais.

O PISA foi concebido não só para avaliação diagnóstica, mas como um instrumento de orientação para decisões políticas. Os dados gerados dão subsídios para discussões sobre currículo, métodos de ensino, formação docente, avaliação e financiamento da educação. A ideia está ancorada na perspectiva de Stufflebeam (1971), que define avaliação como um processo que deve fornecer informações úteis à tomada de decisão. No Brasil, os resultados do PISA têm sido utilizados para refletir sobre a qualidade da educação básica e influenciar a elaboração de normativos como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). No entanto, autores como Freitas (2007) alertam para o uso tecnocrático das avaliações em larga escala, que

muitas vezes servem para justificar políticas de responsabilização e ranqueamento de escolas, sem abordar, de fato, os desafios estruturais da aprendizagem.

d) Promover a equidade educacional

Além da excelência, o PISA também tem como foco a equidade. Para isso, captura uma grande variedade de dados contextuais como escolaridade dos pais, acesso a recursos didáticos, localização da escola, rede de ensino e clima escolar e faz análises estatísticas que permitem identificar desigualdades no acesso à aprendizagem. Essa preocupação conversa com o pensamento de Bonamino (2002), que analisa o papel das avaliações externas na redução ou manutenção das desigualdades educacionais.

No Brasil, por exemplo, o relatório de 2022 revelou que estudantes de escolas privadas tiveram desempenho, em média, 111 pontos superior ao de estudantes da rede pública em matemática (INEP, 2023). Essa diferença corresponde a mais de dois anos de escolaridade, o que evidencia o abismo educacional entre redes e territórios. É preciso, portanto, que as análises dos dados sejam acompanhadas de políticas redistributivas, ou seja, que beneficiem parcelar menos favorecidas da sociedade e formativas.

Diante da relevância do PISA como instrumento de diagnóstico internacional, é de extrema necessidade observar de que forma seus resultados têm refletido os desafios enfrentados pelo sistema educacional brasileiro, especialmente no campo da matemática.

No cenário educacional brasileiro, o PISA tem exercido um papel relevante ao fornecer diagnósticos que deixam em evidência as fragilidades no ensino e subsidiam políticas públicas. Na edição de 2022, os dados mostraram um quadro preocupante: somente 27% dos estudantes avaliados no Brasil demonstraram níveis mínimos de proficiência em matemática, considerados essenciais para exercer a cidadania de forma plena. Em contraste, nos países da OCDE, essa proporção foi de 69%. Essa enorme diferença também se acentua nos níveis mais altos de desempenho: somente 1% dos estudantes brasileiros atingiram os níveis 5 ou 6, frente a 9% dos alunos nos países da OCDE (INEP, 2023).

Esses dados colocam em evidência a necessidade de uma análise aprofundada das práticas pedagógicas e das políticas educacionais no Brasil. Como lembra Luckesi (2002), avaliar é um ato ético e político, no qual não se trata de medir para classificar, mas de compreender para transformar. Nesse sentido, interpretar os dados do PISA exige um olhar

crítico e contextualizado, capaz de considerar as múltiplas dimensões do fracasso escolar, e não somente a simples quantificação de resultados.

Portanto, o PISA não é somente uma avaliação de desempenho estudantil, mas sim uma ferramenta que fornece *insights* valiosos sobre a eficácia dos sistemas educacionais e sobre os fatores que influenciam a aprendizagem. Sua abordagem desafia os sistemas educacionais a repensarem suas práticas e a buscarem formas de promover uma educação mais equitativa e de qualidade para todos.

2.1.2 Organização e aplicação da prova

Para a aplicação do PISA, cada país participante segue diretrizes metodológicas padronizadas elaboradas pela OCDE, com apoio de consórcios internacionais especializados em avaliação. No Brasil, o INEP é o órgão responsável por todo o processo técnico e operacional, em articulação com as redes de ensino, as escolas e a coordenação internacional. A população-alvo é composta por estudantes de 15 anos completos, independentemente da série ou etapa escolar cursada. A seleção dos participantes é feita por amostragem estratificada e aleatória, considerando variáveis como rede de ensino, localização geográfica, turno e porte da escola, o que assegura a representatividade estatística da população nacional de 15 anos (OCDE, 2018).

As escolas são selecionadas com base em um cadastro nacional atualizado, validado previamente pela OCDE. Em cada escola, os estudantes são sorteados de forma aleatória, respeitando os critérios de inclusão definidos pela avaliação. No ciclo mais recente, em 2022, a aplicação foi feita em formato digital, o que possibilitou a inclusão de novos tipos de itens como tarefas interativas, simulações e navegação em ambientes virtuais, além de otimizar a logística da aplicação e a coleta de dados.

Foram, aproximadamente, duas horas de prova cognitiva, organizada em blocos rotativos que abrangem os três domínios avaliados: leitura, matemática e ciências. No ciclo de 2022, a matemática ocupou dois terços do tempo de prova, o que garantiu maior número de itens e profundidade na análise.

A distribuição dos itens entre os estudantes, feita por meio de livretos digitais rotativos, exige o uso da TRI como modelo de análise estatística. A TRI permite estimar a proficiência dos estudantes com base nos padrões de resposta e nas propriedades dos itens: dificuldade, discriminação e possibilidade de acerto ao acaso. Como destaca Lima (2020), esse modelo é

essencial para garantir a comparabilidade dos resultados entre estudantes que responderam a diferentes conjuntos de questões.

Além da prova cognitiva, os estudantes respondem a questionários contextuais com duração de cerca de 35 minutos, que pegam informações sobre ambiente familiar, histórico escolar, uso de tecnologias, percepções sobre a escola e hábitos de estudo. Também são aplicados questionários aos diretores escolares, abordando temas como gestão, infraestrutura, corpo docente, segurança e práticas pedagógicas. Isso permite análises mais amplas sobre os fatores associados ao desempenho, favorecendo diagnósticos mais completos da realidade educacional de cada país.

De acordo com o INEP (2023), a aplicação do PISA no Brasil envolve etapas rigorosas: tradução e adaptação cultural dos itens, validação técnica, capacitação de aplicadores, aplicação piloto, acompanhamento em tempo real e controle de qualidade dos dados. Todo o processo é pautado por altos padrões metodológicos, o que garante a fidedignidade e a validade das informações coletadas.

A análise dos dados do PISA é feita por meio de modelagens estatísticas complexas, resultando em escalas de proficiência por domínio e subáreas, além de indicadores de equidade e dos efeitos de variáveis contextuais. Os resultados permitem comparações tanto entre países e diferente quanto dentro do mesmo país, considerando redes, regiões, níveis socioeconômicos e gênero. Assim, o PISA se consolida como uma ferramenta estratégica de alto valor diagnóstico, cuja complexidade envolve a dimensão técnica, aspectos pedagógicos e políticos. Portanto, mais do que uma simples avaliação, o PISA constitui um processo robusto que articula diferentes dimensões da educação e fornece um retrato aprofundado dos sistemas de ensino. Sua implementação demanda rigor na metodologia, sensibilidade contextual e um compromisso, de fato, com a melhoria da aprendizagem e da equidade educacional.

2.1.3 A avaliação da competência matemática no PISA

A avaliação da matemática por meio do PISA reflete uma concepção ampliada do papel da disciplina na vida das pessoas. O eixo central do exame é o conceito de letramento matemático e não somente a abordagem tradicional focada na repetição de conteúdo. Essa escolha implica numa mudança profunda da noção de "saber matemática", associando-a à capacidade de utilizar o conhecimento matemático de forma funcional, crítica e socialmente contextualizada.

Segundo a OCDE, o letramento matemático é definido como a capacidade de um indivíduo raciocinar matematicamente e de formular, empregar e interpretar a matemática para resolver problemas em uma variedade de contextos do mundo real, incluindo conceitos, procedimentos, fatos e ferramentas para descrever, explicar e prever fenômenos (OCDE, 2023). Essa definição amplia a visão tradicional da matemática. Trata-se de uma abordagem que não se limita à aplicação de fórmulas ou procedimentos abstratos, mas que mobiliza múltiplas dimensões do conhecimento.

Essa concepção encontra ressonância na abordagem por competências defendida por Marinho-Araujo e Rabelo (2015), segundo a qual uma competência é constituída por um conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes que são mobilizados de maneira integrada para responder às exigências de situações reais. Os autores destacam que o desenvolvimento de competências requer, além de capacidades cognitivas e operacionais, o engajamento do sujeito em processos reflexivos e críticos diante dos desafios que enfrenta em contextos diversos.

Assim, compreender o letramento matemático como uma competência requer reconhecer que o ensino da matemática deve favorecer a construção de saberes aplicáveis e significativos que sejam relevantes para a sociedade. Isso envolve promover experiências pedagógicas que articulem o conhecimento conceitual à sua aplicação prática, valorizando itens como a curiosidade, a perseverança e a criticidade. Dessa forma, o letramento matemático assume um papel essencial para a formação cidadã.

A perspectiva de letramento matemático adotada pelo PISA está em consonância com os estudos de Gal (2000), que comprehende o letramento matemático como a habilidade de interpretar e refletir criticamente sobre informações quantitativas, e de Skovsmose (2000), que defende uma matemática voltada à ação social e à leitura crítica do mundo. Além disso, dialoga com a tradição brasileira inaugurada por D'Ambrosio (2002), ao valorizar o papel da matemática enquanto instrumento cultural e emancipatório.

Para operacionalizar esse conceito em instrumentos avaliativos, o PISA estrutura a avaliação matemática em torno de três processos fundamentais:

- I. Formulação – Capacidade de transformar situações reais em modelos matemáticos, a qual envolve identificar variáveis relevantes, propor estratégias, fazer estimativas e representações simbólicas ou gráficas.
- II. Emprego – Aplicação dos conhecimentos matemáticos em contextos definidos, a qual implica manipular expressões, utilizar propriedades, resolver equações, interpretar gráficos e construir argumentos quantitativos.

III. Interpretação – Habilidade de analisar, justificar e comunicar resultados à luz do contexto original, que envolve validar soluções, examinar limites do modelo e interpretar os significados dos resultados obtidos.

Esses processos são aplicados em quatro tipos de contextos: pessoal, ocupacional, social e científico. A escolha desses contextos reflete a intenção de avaliar a matemática como um conhecimento vivo, presente em diversas esferas da experiência humana.

A estrutura de conteúdos do PISA está organizada em quatro categorias de conteúdo matemático:

- Quantidade: relações numéricas, cálculo, razões, proporções, porcentagens;
- Espaço e forma: geometria, localização, visualização, propriedades de figuras;
- Incerteza e dados: estatística, probabilidade, leitura e interpretação de dados;
- Mudança e relações: padrões, funções, álgebra, gráficos e modelos.

Essa organização não é estanque: os itens avaliativos frequentemente integram mais de uma categoria e exigem articulação entre diferentes saberes matemáticos.

Os resultados do PISA são apresentados em níveis de proficiência, que descrevem o tipo de tarefa que o estudante é capaz de realizar. Esses níveis vão do 1 até o 6, e ajudam a compreender a complexidade cognitiva envolvida nas tarefas.

- Nível 1: exige reconhecer informações explícitas e realizar procedimentos simples;
- Nível 2 (mínimo esperado): requer identificar relações diretas, resolver problemas simples com raciocínio elementar;
- Níveis 3 a 4: envolvem seleção de estratégias, modelagem de situações mais complexas, raciocínio quantitativo e uso de representações;
- Níveis 5 e 6: exigem pensamento abstrato, resolução de problemas não rotineiros e argumentação lógica avançada.

Como observa Lima (2020), embora o PISA proponha uma avaliação centrada em competências, seus resultados frequentemente são interpretados apenas como *rankings* ou indicadores técnicos, sem a devida reflexão pedagógica. O autor argumenta que o desenvolvimento do letramento matemático no Brasil requer uma reestruturação do ensino que privilegie a resolução de problemas, a contextualização, o pensamento crítico e a interdisciplinaridade.

Nesse sentido, a proposta do PISA pode ser uma referência valiosa, mas não deve ser tratada como modelo único ou universal. Freitas (2007) alerta para o risco de se adotar avaliações externas como mecanismos de controle ou padronização, ignorando as realidades

locais. Já Bonamino (2002) sugere que o uso adequado dos dados do PISA pode ampliar a visibilidade de desigualdades e provocar transformações estruturais.

Por fim, é importante reafirmar que o letramento matemático não é apenas uma competência técnica, mas um direito social. A habilidade de interpretar dados, compreender proporções, analisar estatísticas e tomar decisões numéricas bem fundamentadas é condição essencial para a vida cidadã. Como defende Skovsmose (2000), a matemática deve ser um meio para a emancipação, não um filtro de exclusão.

Assim, promover o letramento matemático é promover a equidade, a inclusão e a democracia. O PISA, com todos os seus limites, nos ajuda a enxergar onde estamos, mas a responsabilidade por avançar é do país.

2.1.4 Metodologia e critérios de avaliação

A metodologia do PISA foi construída com o propósito de produzir dados comparáveis sobre os sistemas educacionais de diferentes países, respeitando, ao mesmo tempo, suas especificidades culturais e pedagógicas. Para isso, a OCDE desenvolveu um modelo de avaliação baseado em competências aplicadas a contextos reais, em oposição a uma simples mensuração de conteúdos escolares. Essa escolha metodológica responde a uma lógica internacional de avaliação por competências, voltada à formação de sujeitos capazes de enfrentar os desafios do mundo contemporâneo.

A estrutura do PISA articula três componentes fundamentais: a avaliação cognitiva, os questionários contextuais e os procedimentos técnicos que asseguram a padronização e a comparabilidade dos dados. Devido à variedade de livretos digitais rotativos aplicados aos participantes, o exame depende de modelos estatísticos robustos, como a TRI, para estimar com precisão a proficiência dos estudantes, independentemente do conjunto de itens respondidos.

Além da prova cognitiva, os questionários contextuais complementares recolhem dados sobre o ambiente familiar, as práticas escolares e as percepções dos estudantes, enquanto protocolos rigorosos de tradução, adaptação cultural, capacitação e monitoramento operacional garantem a validade, a confiabilidade e a comparabilidade dos resultados em nível internacional.

Eles abordam uma variedade de temas, como o perfil socioeconômico e cultural dos alunos, práticas de estudo, acesso e uso de tecnologias, infraestrutura das escolas, clima escolar, expectativas de futuro e níveis de motivação. A análise conjunta desses dados permite uma leitura mais ampla dos resultados obtidos. Como observa Lima (2020), essa articulação entre

dados cognitivos e contextuais possibilita compreender não apenas o nível de aprendizagem alcançado, mas também os caminhos e obstáculos que o estudante percorreu para chegar a esse resultado. Nesse mesmo sentido, Marinho-Araujo e Rabelo (2015) destacam que a avaliação, quando situada em uma perspectiva de competências, deve considerar tanto os aspectos cognitivos quanto os socioculturais que condicionam a aprendizagem.

Foram construídas a partir de situações-problema contextualizadas e apresentadas em formatos variados, como itens de múltipla escolha, respostas abertas, tarefas interativas e interpretação de dados em gráficos e tabelas, buscando avaliar não apenas o conhecimento técnico, mas também a capacidade de aplicação em contextos reais.

Segundo o relatório do INEP (2023), o banco de itens utilizado pelo PISA é desenvolvido internacionalmente, com a colaboração entre especialistas de diversos países. Cada item é traduzido, adaptado culturalmente, testado em campo e validado antes de ser incluído na aplicação oficial. Essa padronização assegura que as tarefas sejam equivalentes em significado e dificuldade, mesmo em diferentes contextos linguísticos.

Os dados coletados são enviados à OCDE para análise centralizada. Para garantir comparabilidade entre os países, os resultados passam por procedimentos de padronização, com calibração dos itens e estimativas de proficiência com base em modelos psicométricos. A partir disso, são construídas escalas de desempenho, nas quais os estudantes são classificados em níveis de proficiência.

Na área de matemática, esses níveis vão de "abaixo do nível 1" até o nível 6, sendo o nível 2 considerado o mínimo desejável. Esse modelo de níveis permite analisar a profundidade da aprendizagem e identificar o tipo de tarefa que os estudantes conseguem resolver em cada faixa de proficiência.

O relatório final apresenta os resultados por país e também por subgrupos (sexo, rede de ensino, nível socioeconômico etc.), o que viabiliza análises sobre equidade, qualidade e fatores estruturais da educação. Essa abordagem torna o PISA uma ferramenta de avaliação e de diagnóstico sistêmico, com alto potencial de orientação para políticas públicas.

Como destaca Lima (2020), a metodologia do PISA representa um avanço importante ao incorporar o desempenho escolar em articulação com aspectos sociais, econômicos e educacionais. Contudo, o autor adverte que os resultados devem ser analisados com responsabilidade, considerando as especificidades culturais, estruturais e históricas de cada país. A leitura descontextualizada desses dados pode comprometer o potencial formativo da avaliação e reforçar lógicas tecnocráticas.

Mais do que um instrumento de classificação, o PISA deve ser entendido como uma oportunidade para repensar práticas pedagógicas, diagnosticar desigualdades e orientar políticas públicas voltadas à construção de uma educação mais equitativa, crítica e significativa.

2.2 O PISA no Brasil: Desempenho em Matemática

2.2.1 Histórico da participação do Brasil

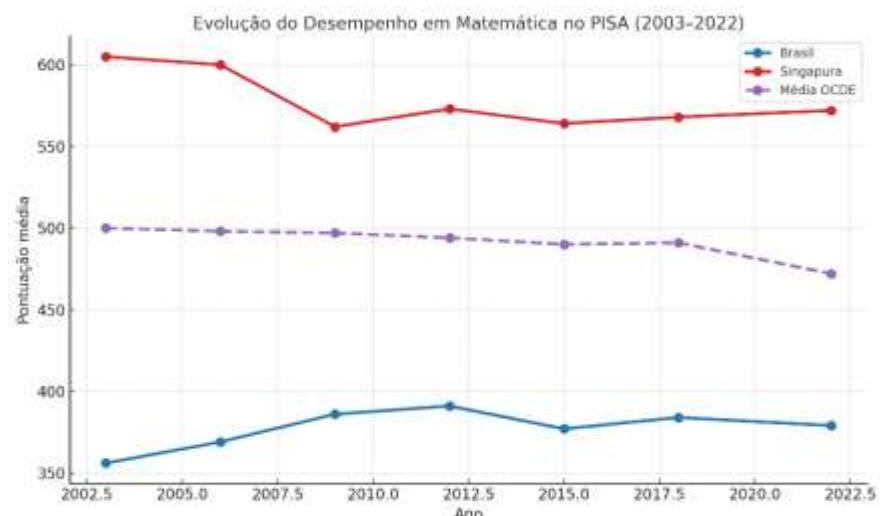
Desde sua adesão ao PISA em 2000, o Brasil vem participando regularmente dos ciclos trienais da avaliação, com o objetivo de comparar o desempenho dos seus estudantes em relação a outros países. No entanto, os resultados revelam um padrão contínuo de desempenho insatisfatório, especialmente na área de Matemática.

Mais alarmante ainda é o fato de que 73% dos estudantes brasileiros não atingiram o nível 2 de proficiência, considerado o mínimo para o uso funcional da Matemática no cotidiano. Apenas 0,2% atingiram os níveis 5 e 6, os mais altos. Em comparação, Singapura, país líder em Matemática no PISA 2022, teve 41% dos alunos nestes níveis avançados.

Souza (2015) observa que a adesão do Brasil ao PISA representa mais do que uma simples participação em avaliações comparativas: ela reflete o compromisso com padrões internacionais, mas também revela a distância entre tais metas e a realidade educacional brasileira.

Este contraste entre intenção e resultado reforça a necessidade de que o PISA seja mais do que diagnóstico, deve se tornar um instrumento de transformação.

Figura 1: Gráfico da evolução do desempenho em Matemática no PISA (2003-2022)



Fonte: Elaboração própria com dados da OCDE (2023) e INEP (2023).

2.2.2 Resultados do Brasil em matemática ao longo das edições

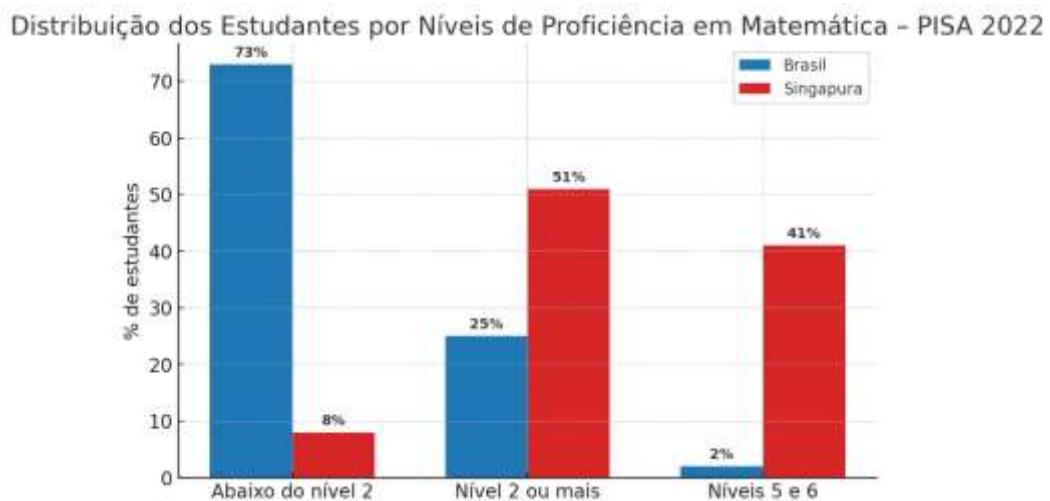
Analisando a evolução histórica do desempenho brasileiro no PISA em Matemática, percebe-se breve avanço entre 2003 e 2009 (de 356 para 386 pontos), seguido de uma longa estagnação. Em 2022, a média foi de 379 pontos, semelhante à de 2003, o que mostra que em duas décadas não houve avanço significativo.

Fazendo um contraste com Singapura, país que constantemente apresenta bom desempenho no PISA, é possível observar que o país atingiu 575 pontos, o mais alto índice entre todos os países participantes, representando uma diferença de quase 200 pontos em relação ao Brasil o que equivale a cerca de cinco anos de escolaridade formal. Conforme verificamos no gráfico a seguir:

Comparativo de proficiência:

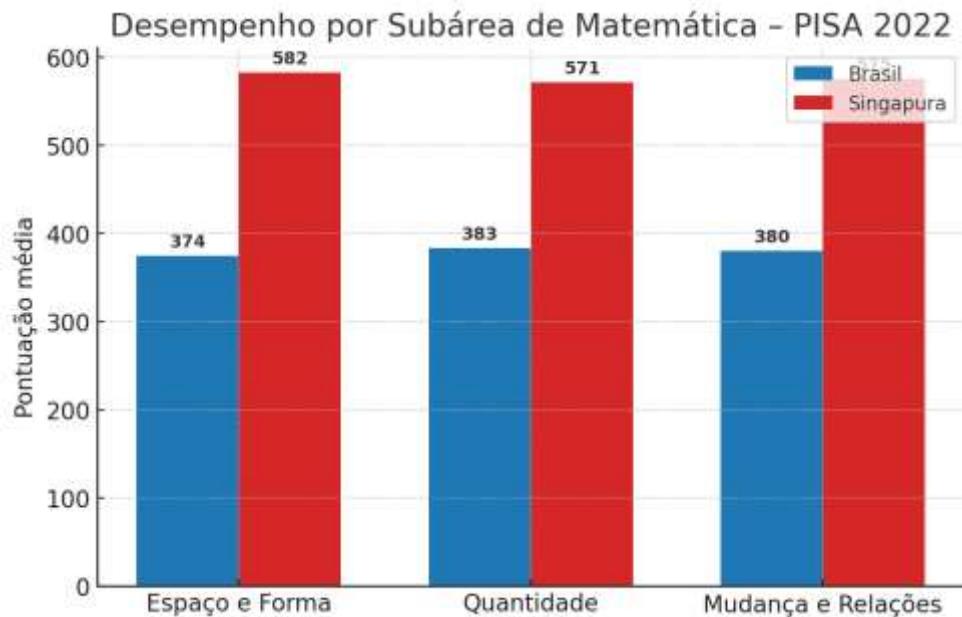
- Brasil: 73% abaixo do nível 2; 2% nos níveis 5 e 6.
- Singapura: apenas 8% abaixo do nível 2; 41% nos níveis 5 e 6.

Figura 2: Distribuição dos Estudantes por Níveis de Proficiência em Matemática – PISA 2022



Fonte: Elaboração própria com base em dados da OCDE (2023).

Figura 3: Desempenho por Subárea de Matemática – PISA 2022



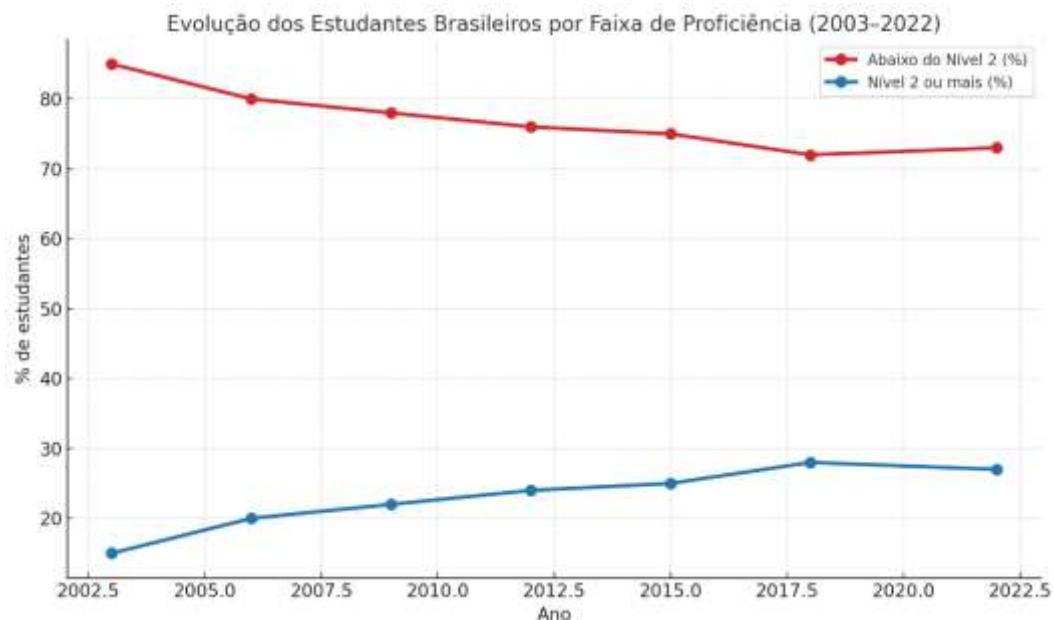
Fonte: Elaboração própria com base dos microdados da OCDE (2023).

Essa discrepância revela uma diferença estrutural. Singapura investe fortemente na formação de professores, adota um currículo focado na resolução de problemas e faz o monitoramento contínuo dos resultados educacionais, contribuindo para seu alto desempenho em avaliações internacionais (ASIA SOCIETY, 2016; THE ECONOMIST, 2018; CHEN, 2024).

Já o Brasil ainda adota práticas instrucionais fragmentadas, com ênfase excessiva em conteúdos descontextualizados. A esse respeito, Torres (2020) comenta que os resultados do PISA refletem o modelo tradicional de ensino da Matemática no Brasil, baseado na reprodução de técnicas e fórmulas, em detrimento da resolução de problemas contextualizados.

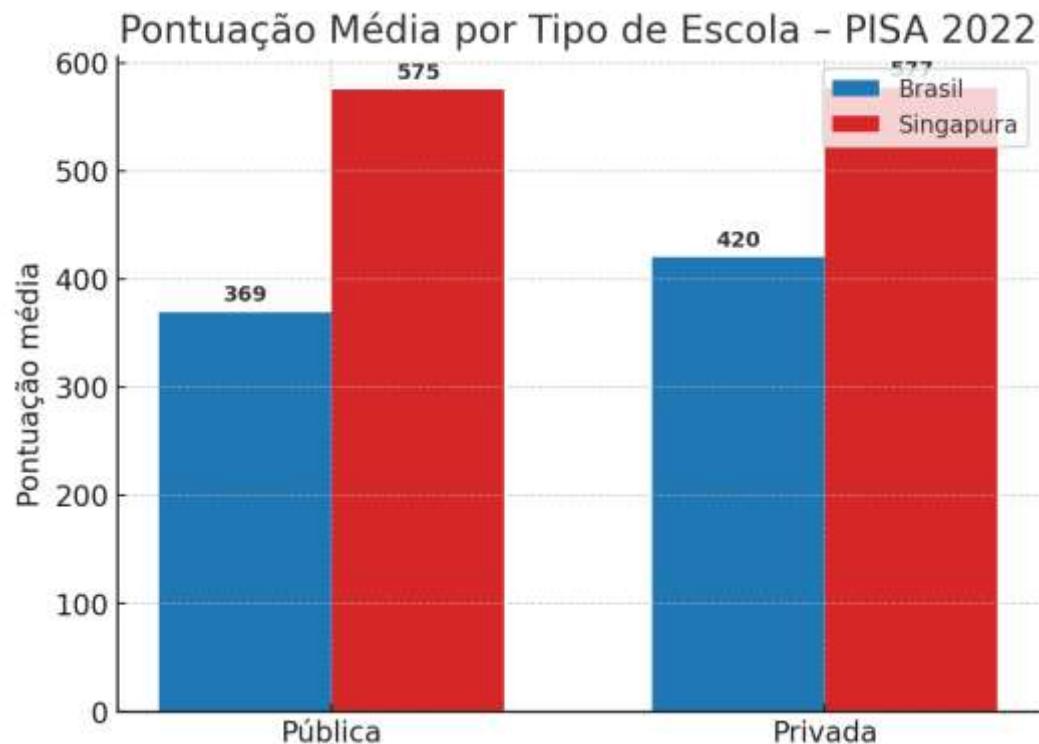
Alencar (2020) reforça que a abordagem do PISA, voltada à aplicação e interpretação, ainda é distante da realidade curricular de muitas escolas brasileiras, que priorizam exercícios repetitivos e avaliações padronizadas.

Figura 4: Evolução dos Estudantes Brasileiros por Faixa de Proficiência em Matemática (2003–2022)



Fonte: Elaboração própria com dados da OCDE (2023) e INEP (2023).

Figura 5: Pontuação Média em Matemática por Tipo de Escola – PISA 2022



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do PISA 2022 (OCDE, 2023).

2.2.3 Desigualdades educacionais no DF e os limites das avaliações em larga escala

Apesar de o PISA não disponibilizar recortes regionais, é fundamental refletir sobre a realidade educacional do Distrito Federal (DF). O DF possui um dos maiores Índices de Desenvolvimento Humano do Brasil, mas também abriga discrepâncias socioeducacionais acentuadas entre suas regiões administrativas.

Regiões como Plano Piloto, que possui um dos maiores índices de rendimento domiciliar, por exemplo, concentram escolas com alto desempenho em avaliações como o Programa de Avaliação Seriada da Universidade de Brasília (PAS/UnB), enquanto áreas periféricas como Estrutural e Sol Nascente enfrentam sérios desafios estruturais, pedagógicos e sociais. A ausência de dados específicos sobre o DF no PISA dificulta o planejamento de ações educacionais mais efetivas e localizadas.

Sob essa ótica, Lima (2020) destaca que as avaliações de larga escala não capturam as nuances das desigualdades internas de unidades federativas como o Distrito Federal, onde coexistem escolas de excelência e realidades de profunda exclusão educacional.

A produção acadêmica sobre o PISA e suas implicações no contexto do DF ainda é escassa. Isso representa uma lacuna significativa para o aprimoramento de políticas públicas locais, que poderiam se beneficiar de evidências comparativas e análises focadas no território.

2.3 A Teoria da Resposta ao Item (TRI) e sua Aplicação na Matemática do PISA

2.3.1 Fundamentos da TRI

A TRI representa um avanço significativo nas abordagens de avaliação educacional, principalmente em contextos que demandam precisão na mensuração de habilidades e comparabilidade entre diferentes grupos de estudantes. Segundo Andrade, Tavares e Valle (2000), a TRI é um conjunto de modelos matemáticos que busca representar a probabilidade de um indivíduo dar uma determinada resposta a um item, em função de seus parâmetros e da habilidade latente do respondente.

A origem da TRI remonta à década de 1950, com os trabalhos de Frederic Lord e Georg Rasch, que buscaram desenvolver modelos estatísticos mais robustos para mensuração de habilidades (Torres, 2015). Posteriormente, Birnbaum e outros autores ampliaram a teoria com a introdução de novos parâmetros, resultando nos modelos de um, dois e três parâmetros (Dalton *et al.*, 2013; Pasquali, 2009). Cada um desses modelos apresenta características específicas relacionadas aos fatores que influenciam a probabilidade de acerto de um item: dificuldade, discriminação e acerto ao acaso.

Uma das principais diferenças entre a TRI e a Teoria Clássica dos Testes (TCT), que seria uma outra forma de análise das questões, está na abordagem analítica. Enquanto a TCT utiliza o escore total como medida de desempenho, a TRI considera a relação entre a habilidade latente e as características de cada item individualmente (Andrade, 1999; Klein, 1999; Torres, 2015). Essa abordagem permite maior precisão nas inferências sobre o desempenho do aluno, além de possibilitar a comparação entre diferentes formas de prova (Pasquali, 2009).

A TRI baseia-se em três pressupostos fundamentais: unidimensionalidade, independência local e invariância dos parâmetros dos itens. A unidimensionalidade pressupõe que um único traço latente é responsável pelas respostas dos indivíduos aos itens de um teste. A independência local estabelece que, dado o nível de habilidade do indivíduo, as respostas aos itens são estatisticamente independentes entre si. Já a invariância garante que os parâmetros dos itens se mantenham estáveis, independentemente da amostra de respondentes (Dalton *et al.*, 2013; Torres, 2015).

Segundo Torres (2015), a verificação empírica desses pressupostos, especialmente o da unidimensionalidade, ainda é um desafio para os pesquisadores. No entanto, o cumprimento dessas condições é essencial para assegurar a validade dos resultados gerados a partir dos modelos da TRI.

Historicamente, o desenvolvimento da TRI está associado a três grandes modelos logísticos: o modelo de um parâmetro (1PL), conhecido como Modelo de Rasch; o modelo de dois parâmetros (2PL); e o modelo de três parâmetros (3PL), este último amplamente utilizado em avaliações como o PISA e o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), que é aplicado somente no Brasil. Cada um desses modelos incorpora diferentes parâmetros para melhor ajustar a probabilidade de acerto de um item em função da habilidade do participante.

Segundo Hambleton, Swaminathan e Rogers (1991), o modelo de três parâmetros (3PL) é caracterizado pelos seguintes elementos:

- Parâmetro de dificuldade (b): indica o nível de habilidade necessário para que um indivíduo tenha 50% de chance de acertar o item.
- Parâmetro de discriminação (a): mede o quanto o item é capaz de diferenciar alunos com diferentes níveis de habilidade.
- Parâmetro de acerto ao acaso (c): representa a chance de um aluno com baixa habilidade acertar o item por adivinhação.

Um dos instrumentos centrais da TRI é a Curva Característica do Item (CCI), que representa graficamente a probabilidade de acerto de um item em função do nível de

proficiência do indivíduo. De acordo com Van der Linden e Hambleton (1997), a CCI permite visualizar como os diferentes parâmetros influenciam o comportamento do item ao longo da escala de habilidades.

A aplicação da TRI na educação tem proporcionado inúmeras vantagens, entre elas: a possibilidade de comparar desempenhos ao longo do tempo e de criar bancos de itens calibrados, e a redução dos efeitos do acaso sobre a nota final dos alunos. Como destacam Andrade e Tavares (2005), a TRI também permite estimar a habilidade dos participantes de forma mais precisa e independente do conjunto específico de itens aplicados, o que contribui para a comparabilidade internacional de avaliações como o PISA.

Além da modelagem matemática, a TRI permitiu avanços na construção de escalas de proficiência, viabilizando a representação de itens e participantes em um mesmo grupo de habilidades. Esse processo, conhecido como calibração, é fundamental para a comparabilidade entre diferentes aplicações de testes (Dalton *et al.*, 2013; Torres, 2015).

No contexto do PISA, a TRI é utilizada para garantir que as escalas de proficiência sejam comparáveis entre diferentes países e edições da avaliação. Além disso, como salientam as publicações da OCDE, os modelos da TRI viabilizam a construção de escalas longitudinais que permitem monitorar o desempenho dos estudantes ao longo dos ciclos de avaliação.

No Brasil, o uso da TRI ganhou força a partir de 1995, com sua implementação no Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), sendo posteriormente adotada em avaliações como o Enem e a Prova Brasil (Andrade e Tavares, 2005; Dalton *et al.*, 2013).

Em síntese, a TRI constitui um referencial teórico e metodológico indispensável para a avaliação educacional contemporânea, permitindo análises mais detalhadas e justas sobre o desempenho dos estudantes (Pasquali, 2009; Torres, 2015).

2.3.2 Estrutura e características dos itens de matemática baseados na TRI

A elaboração dos itens de matemática utilizados no PISA segue um processo rigoroso, fundamentado em princípios psicométricos e pedagógicos alinhados à TRI. Essa abordagem visa garantir que os itens não apenas mensurem o conhecimento matemático dos estudantes, mas também avaliem a capacidade de aplicar esse conhecimento em situações do cotidiano, promovendo uma avaliação mais realista e contextualizada (OCDE, 2023).

O processo de elaboração dos itens de matemática do PISA passa por várias etapas, que vão desde a definição das competências matemáticas a serem avaliadas até a validação psicométrica dos itens.

Inicialmente, os elaboradores desenvolvem um texto-base que contextualiza o problema matemático, buscando relacioná-lo a situações do mundo real, como uso de dados estatísticos, gráficos, tabelas e contextos sociais ou ambientais relevantes (OCDE, 2023; Dalton *et al.*, 2013). Em seguida, é construído o comando da questão, que deve ser claro, objetivo e alinhado à competência matemática a ser avaliada. O formato de resposta pode variar entre múltipla escolha, respostas numéricas ou itens abertos de resposta construída, sendo que todos os formatos são analisados quanto à sua adequação ao modelo da TRI (Andrade; Klein, 1999; Torres, 2015).

Torres (2015) destaca que, na elaboração de itens sob a perspectiva da TRI, especial atenção deve ser dada à formulação dos distratores. Segundo o autor, alternativas incorretas (distratores) mal elaboradas podem comprometer a discriminação do item, reduzindo sua capacidade de distinguir entre alunos com diferentes níveis de proficiência.

A qualidade psicométrica dos itens é garantida por meio de pré-testes realizados com amostras de estudantes representativas da população-alvo. Durante essa fase, os dados coletados são utilizados para estimar os parâmetros de cada item e para avaliar o ajuste ao modelo da TRI. Itens com ajuste ruim ou que apresentem problemas de funcionamento são revisados ou excluídos do banco de itens (Dalton *et al.*, 2013; Torres, 2015).

Além das características psicométricas, os itens do PISA são cuidadosamente distribuídos ao longo da escala de proficiência, que, no caso da matemática, vai do Nível 1 ao Nível 6. Essa distribuição permite que a avaliação conte a estudantes com diferentes níveis de desempenho, desde aqueles com competências matemáticas básicas até os que demonstram habilidades avançadas, como resolução de problemas complexos e raciocínio abstrato (OCDE, 2023).

Segundo Andrade e Tavares (2005), a distribuição dos itens ao longo da escala de habilidade segue os princípios da TRI, assegurando que haja uma variedade de níveis de dificuldade e que o teste seja capaz de medir com precisão a proficiência de todos os participantes.

Outro aspecto importante é a preocupação com a equivalência cultural e linguística dos itens. Dalton *et al.* (2013) ressaltam que o PISA adota um processo de adaptação rigoroso, que envolve traduções controladas, revisões de especialistas e pré-testes em diferentes contextos culturais, com o objetivo de garantir que os itens mantenham o mesmo significado e dificuldade entre os diversos países participantes.

No Brasil, a experiência acumulada em avaliações de larga escala como o SAEB e o ENEM serviu de base para a adaptação dos procedimentos de elaboração de itens ao modelo adotado pelo PISA. Torres (2015) enfatiza que a adoção da TRI no contexto brasileiro trouxe avanços significativos na qualidade dos instrumentos de avaliação, permitindo análises mais precisas do desempenho dos estudantes.

Em suma, a estrutura dos itens de matemática do PISA é resultado de um processo que combina rigor psicométrico, alinhamento pedagógico e validação internacional, garantindo a comparabilidade dos resultados entre diferentes edições da prova e entre os países participantes (OCDE, 2023; Andrade e Tavares, 2005; Torres, 2015).

2.3.3 Evolução do Uso da TRI em Avaliações Educacionais

A trajetória da TRI nas avaliações educacionais passou por uma constante evolução, tanto no plano teórico quanto na aplicação prática em diferentes contextos nacionais e internacionais. Inicialmente desenvolvida na década de 1950, por pesquisadores como Frederic Lord e Georg Rasch, a TRI foi criada para superar limitações da Teoria Clássica dos Testes (TCT), sobretudo no que diz respeito à comparação entre diferentes populações e versões de testes (Hambleton; Swaminathan; Rogers, 1991; Pasquali, 2009).

Na década de 1970, os Estados Unidos passaram a aplicar a TRI em avaliações de larga escala, como o *Test of English as a Foreign Language* (TOEFL) e o Scholastic Aptitude Test (SAT), marcando o início da sua utilização sistemática em processos seletivos de alta relevância (Hambleton; Swaminathan; Rogers, 1991). Essas primeiras aplicações foram fundamentais para validar a viabilidade técnica da TRI em contextos com grandes populações avaliadas.

Internacionalmente, o grande marco na consolidação da TRI como método de avaliação foi a sua adoção pelo PISA.

No Brasil, a implementação da TRI em avaliações educacionais começou em 1995, com sua introdução no SAEB. Posteriormente, sua utilização foi ampliada para o Exame Nacional de Certificação de Competências de Jovens e Adultos (ENCCEJA), para a Prova Brasil e, a partir de 2009, para o ENEM (Andrade; Tavares, 2005; Torres, 2015).

Segundo Andrade e Tavares (2005), a adoção da TRI no Brasil representou um divisor de águas na história das avaliações em larga escala, proporcionando avanços significativos no que se refere à precisão na estimativa da proficiência dos estudantes e à comparabilidade dos resultados ao longo dos anos. Torres (2015) reforça essa perspectiva ao destacar que a TRI

permitiu ao ENEM a possibilidade de aplicação de diferentes versões da prova, desde que ancoradas por itens comuns, garantindo, assim, a comparabilidade entre os participantes.

Dalton *et al.* (2013) apontam que outro avanço proporcionado pela TRI foi o desenvolvimento de bancos de itens calibrados, possibilitando que as instituições de ensino e os órgãos governamentais construam provas com base em itens cujas propriedades psicométricas são previamente conhecidas.

Do ponto de vista técnico, a evolução da TRI também esteve relacionada ao desenvolvimento de novos modelos e métodos de estimação dos parâmetros dos itens. Modelos como a TRI Multidimensional (MIRT) e o Modelo de Resposta Graduada (GRM) ampliaram as possibilidades de aplicação da TRI para contextos mais complexos, como avaliações que envolvem múltiplas habilidades simultâneas (Pasquali, 2009; Hambleton; Swaminathan; Rogers, 1991).

Na experiência brasileira, o aprimoramento das metodologias de calibração e a capacitação de profissionais em psicometria contribuíram para o fortalecimento do uso da TRI em políticas públicas de avaliação. Além disso, o INEP passou a investir em infraestrutura tecnológica e em programas de formação, com o objetivo de garantir a qualidade dos processos de aplicação e análise de dados (Dalton *et al.*, 2013).

No contexto do PISA, a utilização da TRI permitiu não apenas a elaboração de escalas de proficiência, mas também o desenvolvimento de mapas de itens, que relacionam os níveis de dificuldade dos itens com os níveis de desempenho dos estudantes, facilitando a interpretação dos resultados por formuladores de políticas educacionais (OCDE, 2023).

Por fim, destaca-se que a evolução do uso da TRI em avaliações educacionais reflete uma tendência global de buscar maior rigor técnico na mensuração de competências, assegurando resultados confiáveis e comparáveis. Essa trajetória reforça a importância da TRI como uma ferramenta indispensável para a avaliação educacional no século XXI (Torres, 2015; Pasquali, 2009).

2.3.4 A TRI na interpretação dos resultados e desafios da sua aplicação

A TRI trouxe mudanças significativas na forma de interpretar os resultados de avaliações educacionais de larga escala. Sua aplicação permitiu uma transição de modelos avaliativos baseados apenas em escores brutos para modelos que consideram as propriedades psicométricas de cada item e as características latentes dos respondentes (Andrade; Tavares, 2005).

Uma das principais contribuições da TRI para a interpretação dos resultados é a possibilidade de posicionar tanto os alunos quanto os itens em uma mesma escala de proficiência, com distribuição geralmente padronizada (média 0 e desvio padrão 1) (Hambleton; Swaminathan; Rogers, 1991). Isso permite a construção de mapas de proficiência que auxiliam na compreensão das habilidades que os estudantes de determinado nível são capazes de demonstrar (OCDE, 2023).

Além disso, a TRI oferece maior precisão na diferenciação entre estudantes com diferentes níveis de habilidade. Dois alunos com o mesmo número de acertos podem ter estimativas de proficiência diversas, caso tenham acertado conjuntos diferentes de itens, com dificuldades e discriminações distintas (Torres, 2015). Essa característica da TRI, conhecida como consistência do padrão de resposta, garante uma avaliação mais justa e alinhada ao real desempenho do estudante (Dalton *et al.*, 2013).

No entanto, a aplicação prática da TRI traz uma série de desafios. Um dos principais é o rigoroso cumprimento dos pressupostos estatísticos da teoria, como a unidimensionalidade e a independência local das respostas. Violação desses pressupostos pode gerar estimativas de habilidade enviesadas ou inconsistentes (Pasquali, 2009).

A calibração dos itens é outro ponto crítico. Esse processo exige a utilização de amostras amplas e representativas para garantir a precisão dos parâmetros dos itens (Andrade; Tavares, 2005). Segundo Torres (2015), um erro de calibração pode comprometer a escala de proficiência e, também, a comparabilidade longitudinal entre diferentes edições da avaliação.

Do ponto de vista operacional, a implementação da TRI requer investimentos elevados em infraestrutura tecnológica e na formação de equipes com conhecimento específico em psicometria e estatística aplicada (Dalton *et al.*, 2013). A literatura destaca que o processo de estimação dos parâmetros dos itens e das habilidades dos estudantes é computacionalmente intenso e demanda softwares especializados, como o BILOG-MG, o PARSCALE ou o R (Hambleton, Swaminathan, Rogers, 1991; Torres, 2015).

Outro desafio é a compreensão dos resultados pelos usuários finais. Professores, gestores e alunos, muitas vezes, têm dificuldade em entender como um estudante pode ter um número de acertos menor e, ainda assim, obter uma nota superior a outro aluno, devido à influência do padrão de resposta e dos parâmetros dos itens (Pasquali, 2009; Torres, 2015). Esse fator é frequentemente motivo de críticas ao ENEM e ao PISA, que adotam a TRI como base de cálculo das proficiências.

Adicionalmente, a TRI, quando aplicada sem o cuidado necessário, pode favorecer análises reducionistas se desconsiderar fatores contextuais como aspectos socioeconômicos, culturais e pedagógicos que influenciam o desempenho dos estudantes (Dalton et al., 2013). Como ressalta a OCDE (2023), a utilização de modelos estatísticos robustos não elimina a necessidade de uma análise pedagógica qualitativa dos resultados.

Por fim, existe uma preocupação ética relacionada à transparência dos processos de cálculo das notas. Embora a TRI seja metodologicamente sólida, seu grau de complexidade dificulta a compreensão por parte da sociedade em geral. Como aponta Torres (2015), é fundamental que os órgãos responsáveis pela avaliação invistam na produção de relatórios pedagógicos acessíveis, que descrevam de forma clara o significado dos níveis de proficiência e orientem a interpretação dos resultados.

Em síntese, a TRI representa um avanço significativo na mensuração educacional, oferecendo maior precisão e justiça nas avaliações, mas sua aplicação requer atenção permanente aos pressupostos teóricos, aos requisitos técnicos e à comunicação eficiente dos resultados para os diferentes públicos envolvidos.

Este capítulo teve como propósito apresentar uma análise aprofundada do PISA, com foco específico na avaliação da matemática, sua estrutura, objetivos e aplicação no contexto brasileiro. A partir da fundamentação metodológica baseada na TRI, foi possível compreender as particularidades dessa avaliação em larga escala e seu papel como instrumento de diagnóstico e reflexão sobre os sistemas educacionais contemporâneos.

Discutiu-se o conceito de letramento matemático como eixo central da proposta avaliativa do PISA, que se distancia da simples memorização de fórmulas e se orienta para o desenvolvimento de competências aplicáveis em situações reais. A partir dessa abordagem, foram apresentados os objetivos do exame, os processos técnicos de aplicação e a importância da TRI para a estimativa precisa das proficiências dos estudantes.

A análise dos resultados do Brasil ao longo das edições, com destaque para o ciclo de 2022, revelou desafios estruturais persistentes, como o baixo desempenho médio, a elevada desigualdade entre redes e regiões e a limitada presença de estudantes nos níveis mais altos de proficiência. A comparação com países como Singapura evidenciou as lacunas formativas e políticas que ainda precisam ser enfrentadas no cenário nacional.

Adicionalmente, a reflexão sobre a realidade do Distrito Federal destacou a carência de estudos regionais sobre o PISA, embora o DF concentre uma diversidade de realidades escolares que poderiam enriquecer o debate educacional. Nesse sentido, foi ressaltada a

necessidade de contextualizar a interpretação dos dados e promover políticas públicas alinhadas às especificidades locais.

Por fim, foi aprofundada a trajetória e a aplicação da TRI, tanto no plano internacional quanto no Brasil, ressaltando seus pressupostos, vantagens e desafios operacionais. A TRI, embora tecnicamente sofisticada, demanda apropriação crítica por parte dos profissionais da educação, a fim de que seus resultados sejam efetivamente utilizados para promover práticas pedagógicas mais equitativas e transformadoras.

A partir dessas reflexões, o próximo capítulo se dedicará à descrição e análise do percurso metodológico da pesquisa, detalhando os critérios de seleção dos itens, o perfil da amostra e os procedimentos de coleta e interpretação dos dados, com vistas a investigar, de forma empírica, como os estudantes do Distrito Federal lidam com os desafios propostos pelas questões de matemática do PISA 2022.

3. METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados para a realização da presente pesquisa, a qual busca compreender de que modo a estrutura das questões de matemática do PISA 2022, fundamentadas na TRI, influencia na estimativa de proficiência e na interpretação das competências avaliadas dos estudantes do Distrito Federal. Com base nisso, a investigação desenvolve três objetivos específicos: (1) analisar os fundamentos teóricos que sustentam o PISA e a TRI; (2) identificar as competências matemáticas mobilizadas nas questões selecionadas do ciclo de 2022; e (3) verificar o desempenho de estudantes a partir da aplicação de itens públicos do PISA, relacionando suas respostas com as habilidades exigidas.

Optou-se por uma abordagem qualquantitativa, que articula a análise qualitativa dos documentos teóricos e metodológicos com a análise quantitativa dos dados de desempenho dos estudantes participantes. De acordo com Denzin e Lincoln (2006), essa combinação permite captar tanto a profundidade interpretativa dos fenômenos quanto os padrões empíricos identificáveis por meio de dados estatísticos. A complexidade do objeto de estudo, que envolve tanto concepções pedagógicas quanto processos de mensuração, justifica o uso dessa abordagem mista, uma vez que o fenômeno investigado não se restringe à mensuração de resultados, mas à compreensão das relações entre avaliação, competência e desempenho.

A pesquisa caracteriza-se como um estudo de análise documental, apoiado em fontes primárias e secundárias. As fontes primárias incluem os documentos oficiais produzidos pela OCDE e pelo INEP no ciclo de 2022, tais como o “Relatório Nacional do Brasil” (INEP, 2023), o “Infográfico do PISA 2022” (INEP, 2023), o documento “PISA 2022 Brasil” (OCDE, 2023) e a publicação “PISA 2022 – Itens Públicos de Matemática” (OCDE, 2023).

As fontes secundárias envolvem textos acadêmicos e relatórios técnicos que fundamentam os conceitos de letramento matemático, avaliação por competências e modelos psicométricos, como os trabalhos de Marinho-Araújo e Rabelo (2015), Pasquali (2009), Torres (2020), Souza (2020) e Dalton *et al.* (2013).

Além disso, a investigação inclui uma análise estatística descritiva do desempenho de estudantes da educação básica do Distrito Federal, a partir da aplicação de um conjunto de itens públicos do PISA 2022. Essa etapa visa identificar níveis de proficiência, frequência de acertos e padrões de dificuldade enfrentados pelos participantes. A análise estatística está fundamentada nos parâmetros da TRI, particularmente no modelo logístico de três parâmetros (3PL), que considera a dificuldade, a discriminação e o acerto ao acaso (Hambleton; Swaminathan; Rogers, 1991). Para isso, utilizam-se ferramentas de tabulação e categorização

de respostas, permitindo observar tendências significativas e traçar relações com as competências previstas nos documentos oficiais.

Essa metodologia possibilita não apenas compreender os limites e alcances da avaliação baseada em competências matemáticas, mas também propor reflexões críticas sobre as práticas de ensino e as condições de aprendizagem observadas nas escolas analisadas. Ao integrar análise teórica, documental e estatística, a pesquisa busca lançar luzes sobre os fatores que interferem no desempenho dos estudantes e contribuir com subsídios para o aprimoramento das políticas públicas e práticas pedagógicas.

3.1 Contexto da Investigação

3.1.1 Caracterização dos participantes da pesquisa

A aplicação empírica desta pesquisa foi realizada com estudantes de uma instituição privada, localizada na Região Administrativa de Taguatinga, no Distrito Federal. A escolha dessa instituição deve-se à atuação direta do pesquisador como coordenador pedagógico, o que proporcionou acesso facilitado às turmas, acompanhamento contínuo da aplicação dos instrumentos e articulação institucional com os responsáveis legais. Tal inserção permitiu garantir a aderência aos princípios éticos de pesquisa com seres humanos, sobretudo no que diz respeito à transparência do processo e ao consentimento informado.

Participaram do estudo dois grupos da 1^a etapa do Programa de Avaliação Seriada da Universidade de Brasília (PAS 1), composto por estudantes com idade em torno de 15 anos, público-alvo que corresponde à faixa etária definida pela OCDE (2023) para a aplicação do PISA. As turmas foram organizadas da seguinte forma: a Turma A (matutino), composta por 20 estudantes provenientes de escolas públicas; e a Turma B (vespertino), composta por 20 estudantes de escolas privadas. Todos os participantes tiveram sua adesão voluntária registrada por meio de termo de consentimento livre e esclarecido, assinado pelos responsáveis, conforme as normas da Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde. O termo pode ser consultado no anexo B deste estudo.

O recorte intencional entre estudantes de redes distintas teve como objetivo permitir uma análise qualitativa e comparativa mais sensível ao contexto social. A Turma A, formada por alunos da rede pública, reflete a realidade de muitos jovens do Distrito Federal que enfrentam desigualdades estruturais no acesso à educação de qualidade. Grande parte desses estudantes reside em regiões como Sol Nascente, Ceilândia, Samambaia e Estrutural, localidades marcadas por altos índices de vulnerabilidade social, defasagem escolar,

infraestrutura precária e restrito acesso a tecnologias educacionais. Muitos enfrentam jornadas duplas, conciliando estudo e trabalho, e possuem um histórico escolar permeado por interrupções ou lacunas de aprendizagem, especialmente agravadas durante o período da pandemia de COVID-19.

Conforme Marinho-Araújo e Rabelo (2015), esta configuração favorece o desenvolvimento de competências cognitivas e metacognitivas expressamente demandadas pelo PISA, como autonomia, pensamento crítico e resolução contextualizada de problemas.

Em contrapartida, a Turma B, composta por alunos de escolas privadas, apresenta um perfil socioeconômico mais elevado, com acesso a condições educacionais significativamente distintas daquelas observadas na rede pública. Esses estudantes, em sua maioria, residem em bairros de maior renda do Distrito Federal, como Águas Claras, Taguatinga Centro e Vicente Pires, onde há maior concentração de serviços urbanos, segurança e infraestrutura. No ambiente escolar, esses alunos usufruem de uma série de recursos educacionais que potencializam seu processo de aprendizagem, como aulas de reforço, plataformas digitais, acompanhamento familiar sistemático e uma estrutura física e pedagógica mais qualificada (Alves, Soares & Xavier, 2019). Essas condições não apenas favorecem o domínio dos conteúdos curriculares, mas também contribuem para o desenvolvimento de competências cognitivas e atitudinais valorizadas em avaliações como o PISA, como a autonomia, o pensamento crítico, a interpretação de dados e a capacidade de resolver problemas em contextos reais.

Essa diferenciação entre os sujeitos da pesquisa busca refletir, portanto, o papel do contexto na apropriação das competências avaliadas. O objetivo não é estabelecer comparações que reforcem desigualdades, mas compreender de que maneira esses contextos moldam as oportunidades de aprendizagem e, consequentemente, o desempenho dos estudantes frente a situações avaliativas de maior complexidade cognitiva, como aquelas presentes no PISA 2022. Como observa Marinho-Araújo e Rabelo (2015), a avaliação deve considerar os sujeitos em sua singularidade e historicidade, reconhecendo que o desempenho está profundamente vinculado às condições materiais, culturais e institucionais que estruturam os processos de ensino e aprendizagem.

3.1.2 Comparação entre os contextos da escola pública e privada

Embora o Distrito Federal apresente indicadores socioeconômicos geralmente superiores aos da média nacional, as disparidades entre as redes pública e privada continuam evidentes. O acesso ao conhecimento está profundamente influenciado por fatores como renda

familiar, capital cultural, recursos pedagógicos e apoio institucional, e no DF essa realidade persiste, as desigualdades não se dissipam apenas pelo contexto regional, elas se refletem diretamente nas oportunidades educacionais disponíveis.

Os estudantes da Turma A, originários de escolas públicas, geralmente apresentam famílias com menor nível de escolaridade, elemento que influencia o desempenho e a familiaridade com práticas cognitivas valorizadas em avaliações como o PISA. Essa condição também impacta o capital cultural e o engajamento acadêmico (Lima, 2020). Dados da Coodeplan confirmam que regiões como Ceilândia, Samambaia e Sol Nascente continuam classificadas à faixa de vulnerabilidade social média a alta no Índice de Vulnerabilidade Social do DF (IVS-DF) sobretudo na dimensão de capital humano, que inclui níveis de escolaridade da população o que reforça desigualdades educacionais concretas entre estudantes dessas localidades e os da rede privada.

Por outro lado, os alunos da Turma B, oriundos da rede privada, usufruem de contextos com maior capital familiar, infraestrutura escolar mais consistente e acesso regular a tecnologias educacionais, reforços e atividades extracurriculares. Conforme Marinho-Araújo e Rabelo (2015), esta configuração favorece o desenvolvimento de competências cognitivas e metacognitivas expressamente demandadas pelo PISA, como autonomia, pensamento crítico e resolução contextualizada de problemas.

Essa comparação contextual entre os dois grupos permite entender como fatores externos às capacidades individuais interferem na apropriação de competências matemáticas mais sofisticadas. Conforme Souza (2015), fica evidente que os resultados em avaliações externas não podem ser dissociados das condições concretas de ensino vivenciadas pelos estudantes em suas respectivas realidades escolares.

3.1.3 PISA 2022: Questões aplicadas

A seleção das questões aplicadas aos 40 estudantes da pesquisa, 20 da rede pública e 20 da rede privada, foi orientada por critérios didático-metodológicos e alinhamento com a matriz de competências do PISA 2022. O principal critério adotado foi a escolha de itens públicos já utilizados em ciclos anteriores do exame, especificamente no domínio da matemática, considerando sua compatibilidade com a faixa etária avaliada e com os objetivos da pesquisa. Todas as questões selecionadas estão organizadas no documento oficial “PISA 2022 – Itens Públicos de Matemática” (OCDE, 2023), e foram extraídas de fontes oficiais disponibilizadas pelo INEP e pela OCDE.

Foram escolhidas cinco questões que abordam diferentes competências matemáticas definidas pelo exame, com níveis de dificuldade variados — do nível 1 ao nível 4, sendo importante destacar que o Brasil não apresentou desempenho expressivo nos níveis superiores (níveis 5 e 6), o que reforça o interesse investigativo em compreender as barreiras cognitivas encontradas pelos estudantes nesses níveis intermediários.

A aplicação foi realizada presencialmente pelo próprio pesquisador, que acompanhou cada etapa do processo de leitura e resolução das questões, garantindo condições homogêneas para todos os participantes e esclarecendo possíveis dúvidas relacionadas ao enunciado, sem interferir no raciocínio matemático requerido. O instrumento aplicado está disponível no Anexo “B” deste trabalho.

A seguir, detalha-se cada item utilizado na pesquisa, com base em suas respectivas competências, habilidades e nível de proficiência exigido segundo a matriz do PISA:

Questão 1 – Uma roleta é dividida em 6 partes iguais, cada uma de uma cor diferente. Quando giramos a roleta muitas vezes, observamos o número de vezes que a seta para em cada cor. À medida que o número de giros aumenta bastante, o que você espera acontecer com a porcentagem de vezes que a seta para em cada cor?

- Tema: Probabilidade e Lei dos Grandes Números
- Descrição: Os alunos analisam uma roleta com 6 cores iguais e são convidados a refletir sobre a frequência relativa das cores após muitas repetições.
- Competência: Formular e empregar matemática em situações de incerteza.
- Habilidade: Compreender conceitos básicos de probabilidade com apoio de experimentos aleatórios.
- Nível de proficiência: Nível 2, exige interpretação direta e uso de conhecimento elementar de estatística descritiva.

A proposta desta questão está alinhada às orientações da BNCC, pois envolve o desenvolvimento de competências ligadas ao raciocínio probabilístico e ao tratamento de informações. Ao explorar experimentos aleatórios, como a roleta, favorece a compreensão de conceitos de probabilidade e estatística desde uma perspectiva prática e investigativa, destacando ainda a Lei dos Grandes Números, que mostra como a frequência relativa tende a se aproximar da probabilidade teórica à medida que o número de repetições aumenta.

Levando em conta os temas da questão, as habilidades relacionadas a BNCC são:

- ✓ EF04MA26 - Identificar, entre eventos aleatórios cotidianos, aqueles que têm maior ou menor chance de ocorrência, reconhecendo características de resultados mais prováveis sem necessariamente usar frações.
- ✓ EF05MA23 - Determinar a probabilidade de resultados equiprováveis em eventos aleatórios.
- ✓ EF06MA28 - Calcular a probabilidade de um evento aleatório, representando-a de forma fracionária, decimal e percentual, e comparar com resultados de experimentos sucessivos.
- ✓ EF09MA20 - Reconhecer, em experimentos aleatórios, eventos independentes e dependentes e calcular a probabilidade de sua ocorrência, nos dois casos.
- ✓ EF06MA30 - Calcular a probabilidade de um evento aleatório, expressando-a por número racional (forma fracionária, decimal e percentual) e comparar esse número com a probabilidade obtida por meio de experimentos sucessivos.

Questão 2 – Um caminhão de mudança possui dimensões internas de 4m de comprimento, 2m de largura e 2m de altura. As caixas médias têm dimensões de $0,5\text{m} \times 0,5\text{m} \times 0,5\text{m}$. Quantas caixas médias cabem, no máximo, dentro desse caminhão, considerando que elas serão empilhadas de forma perfeitamente ajustada?

- (a) 64
- (b) 96
- (c) 128
- (d) 144

- Tema: Geometria e Volume
- Descrição: Trata-se do cálculo do número de caixas cúbicas que cabem em um caminhão, dadas suas dimensões.
- Competência: Empregar e interpretar matemática em situações do mundo físico.
- Habilidade: Raciocínio espacial, cálculo de volume e noção de empilhamento.
- Nível de proficiência: Nível 3, exige o uso de múltiplos passos e conhecimento geométrico aplicado.

A proposta desta questão está alinhada às orientações da BNCC, pois envolve a aplicação de conceitos de geometria espacial em uma situação cotidiana. Ao calcular a quantidade máxima de caixas que cabem no caminhão, o estudante mobiliza habilidades de

raciocínio espacial, cálculo de volume e compreensão de empilhamento, desenvolvendo a capacidade de raciocinar a matemática com problemas práticos do mundo físico.

Levando em conta os temas da questão, as habilidades relacionadas a BNCC são:

- ✓ EF03MA13 - Identificar e nomear figuras geométricas espaciais (cubo, bloco retangular, etc.) e associá-las a objetos do cotidiano.
- ✓ EF05MA21 - Reconhecer volume como grandeza e medi-lo por meio de empilhamento de cubos.
- ✓ EF07MA30 - Resolver e elaborar problemas envolvendo o cálculo do volume de blocos retangulares e as unidades de medida usuais (cm^3 , dm^3 e m^3).
- ✓ EF08MA17 - Reconhecer a relação entre litro, decímetro cúbico e metro cúbico.
- ✓ EF08MA18 - Resolver problemas de cálculo de volume de recipientes, cujo formato é de um bloco retangular.
- ✓ EF09MA19 - Resolver e elaborar problemas com o cálculo de volumes de prismas e cilindros retos.

Questão 3 – Entre os anos de 2008 e 2014, as vendas de DVDs no Reino Unido caíram de 252,9 para 124,9 milhões de unidades.

As vendas de DVDs caíram aproximadamente quantos por centos (%) entre 2008 e 2014?

- Tema: Porcentagem e Análise de Variação
- Descrição: Exige o cálculo da redução percentual nas vendas de DVDs entre dois anos.
- Competência: Formular e empregar matemática em contextos quantitativos.
- Habilidade: Aplicar porcentagem e razão em comparação temporal.
- Nível de proficiência: Nível 2, exige compreensão direta e uso de regra de três ou fórmula de variação percentual.

A proposta desta questão está alinhada às orientações da BNCC, pois envolve o uso da porcentagem em um contexto real de análise de dados. Ao calcular a redução percentual nas vendas de DVDs ao longo do tempo, os estudante desenvolve habilidades de raciocínio proporcional, interpretação de variação e aplicação da matemática em situações cotidianas e históricas, fortalecendo a capacidade de analisar informações quantitativas.

Levando em conta os temas da questão, as habilidades relacionadas a BNCC são:

- ✓ EF06MA13 - Resolver e elaborar problemas que envolvam porcentagens, utilizando estratégias pessoais e cálculo mental, baseados na ideia de proporcionalidade.
- ✓ EF07MA02 - Resolver problemas com acréscimos e decréscimos simples, empregando diferentes estratégias (mental, calculadora).
- ✓ EF08MA04 - Resolver problemas com cálculo de porcentagens, incluindo situações de compra, venda, lucro e prejuízo, e o uso de tecnologias digitais.
- ✓ EF09MA05 - Resolver e elaborar problemas que envolvam percentuais sucessivos (como juros simples e compostos) e determinar taxas percentuais, preferencialmente com o uso de tecnologias digitais.

Questão 4 –

Roleta A: 2 setores iguais – 1 azul e 1 vermelho

Roleta B: 4 setores iguais – 2 azuis e 2 vermelhos

Um estudante afirma que a chance de a seta cair na cor azul é maior na roleta A. Você concorda com essa afirmação?

Justifique sua resposta com base na comparação das áreas.

- Tema: Probabilidade e Proporcionalidade
- Descrição: O estudante deve comparar duas roletas com proporções iguais de cores, avaliando qual tem maior chance de cair no azul.
- Competência: Avaliar proposições com base em representações visuais de dados.
- Habilidade: Analisar representações geométricas (setores circulares) e conceitos de proporcionalidade.
- Nível de proficiência: Nível 1, exige apenas leitura e comparação direta de frações representadas por figuras.

A proposta desta questão está alinhada às orientações da BNCC, pois estimula o estudante a interpretar representações visuais e raciocinar sobre situações de probabilidade simples. Ao comparar as áreas proporcionais dos setores circulares das roletas, o estudante mobiliza noções de frações, proporcionalidade e raciocínio lógico, desenvolvendo a capacidade de avaliar proposições matemática em contextos gráficos e intuitivos.

Levando em conta os temas da questão, as habilidades relacionadas a BNCC são:

- ✓ EF04MA26 - Identificar, entre eventos aleatórios cotidianos, aqueles que têm maior ou menor chance de ocorrência, reconhecendo características de resultados mais prováveis sem necessariamente usar frações.

- ✓ EF05MA23 - Determinar a probabilidade de resultados equiprováveis em eventos aleatórios.
- ✓ EF06MA28 - Calcular a probabilidade de um evento aleatório, representando-a de forma fracionária, decimal e percentual, e comparar com resultados de experimentos sucessivos.
- ✓ EF09MA20 - Reconhecer, em experimentos aleatórios, eventos independentes e dependentes e calcular a probabilidade de sua ocorrência, nos dois casos.
- ✓ EF06MA30 - Calcular a probabilidade de um evento aleatório, expressando-a por número racional (forma fracionária, decimal e percentual) e comparar esse número com a probabilidade obtida por meio de experimentos sucessivos.
- ✓ EF03MA11 - Resolver e elaborar problemas envolvendo diferentes significados da multiplicação, incluindo proporcionalidade.
- ✓ EF04MA11 - Reconhecer e aplicar a proporcionalidade em diferentes contextos.
- ✓ EF07MA17 - Resolver e elaborar problemas de proporcionalidade direta e inversa entre duas grandezas, utilizando sentenças algébricas.
- ✓ EF09MA08 - Resolver e elaborar problemas que envolvem relações de proporcionalidade direta e inversa, incluindo escalas, divisões proporcionais e taxa de variação.

Questão 5 – Uma roleta tem 4 setores de tamanhos diferentes:

Vermelho: 126°

Verde: 18°

Amarelo: ?

Roxo: ?

Sabe-se que a porcentagem de vezes que a seta para no amarelo é de 40%, e no roxo é de 20%.

Calcule o valor aproximado dos ângulos das seções amarela e roxa.

- Tema: Interpretação de Porcentagens e Ângulos
- Descrição: A partir da porcentagem de setores de uma roleta, o aluno deve calcular os ângulos correspondentes.
- Competência: Interpretar relações entre representações percentuais e geométricas.
- Habilidade: Conversão entre porcentagem e medidas angulares, raciocínio proporcional.

- Nível de proficiência: Nível 4, exige encadeamento de raciocínios e capacidade de transposição de unidades.

A proposta desta questão está alinhada às orientações da BNCC, pois integra conceitos de porcentagem e geometria em uma mesma situação-problema. Ao relacionar a frequência percentual das cores da roleta com as medidas angulares correspondentes, o estudante desenvolve habilidades de raciocínio proporcional e de conversão entre diferentes representações matemáticas, fortalecendo a capacidade de transitar entre linguagens e interpretar dados em contextos variados.

Levando em conta os temas da questão, as habilidades relacionadas a BNCC são:

- ✓ EF05MA06 - Associar representações de porcentagens (10%, 25%, 50%, 75%) a partes de um todo (décima parte, quarta parte, metade, etc.) para calcular porcentagens.
- ✓ EF06MA13 - Resolver e elaborar problemas de porcentagem com base na ideia de proporcionalidade, usando estratégias pessoais e cálculo mental.
- ✓ EF07MA02 - Resolver e elaborar problemas envolvendo porcentagens, focando em acréscimos e decréscimos simples.
- ✓ EF08MA04 - Resolver e elaborar problemas que envolvem o cálculo de porcentagens, incluindo o uso de tecnologias digitais.
- ✓ EF09MA13 - Resolver e elaborar problemas com números reais, incluindo porcentagens, utilizando estratégias pessoais, cálculo mental e calculadora.
- ✓ EF05MA17 - Reconhecer, nomear e comparar polígonos, considerando seus lados, vértices e ângulos, e utilizando tecnologias digitais.
- ✓ EF06MA23 - Reconhecer a abertura do ângulo como grandeza associada a figuras geométricas e resolver problemas relacionados à noção de ângulo.
- ✓ EF06MA25 - Determinar medidas da abertura de ângulos, usando transferidor e outras tecnologias digitais.
- ✓ EF07MA23 - Verificar relações entre ângulos formados por retas paralelas cortadas por uma transversal, com e sem o uso de softwares de geometria

A escolha desses itens visa abranger uma diversidade de competências cognitivas e níveis de complexidade, permitindo uma análise mais ampla sobre as dificuldades e os avanços dos estudantes brasileiros em relação às habilidades valorizadas pelo PISA. Além disso, essa abordagem favorece a compreensão do papel da TRI na estimativa de proficiência, já que os

itens, ao serem rotativamente distribuídos, demandam um modelo de avaliação que vá além da contagem de acertos.

3.1.4 Estratégia de aplicação das questões em ambas as turmas

A aplicação dos itens selecionados do PISA 2022 foi conduzida de forma presencial, em ambiente escolar e sob supervisão direta do pesquisador. A organização metodológica visou garantir condições de imparcialidade na aplicação, assegurando que todos os estudantes, independentemente do turno ou da rede de origem, tivessem acesso às mesmas instruções, tempo de prova e ambiente físico controlado, com silêncio, boa iluminação, ventilação adequada e disposição de carteiras espaçadas.

A aplicação foi realizada em dois momentos distintos: um para a Turma A (rede pública) e outro para a Turma B (rede privada), com o mesmo caderno de prova impresso contendo cinco itens extraídos da matriz de referência do PISA (OCDE, 2023). Cada estudante recebeu também folhas para rascunho e uma folha de resposta individual. O tempo médio para resolução foi de 45 minutos, estabelecido com base em simulações-piloto realizadas com turmas similares.

Durante a aplicação, o pesquisador manteve uma postura de acompanhamento ético e técnico, atuando apenas para esclarecer dúvidas de vocabulário ou instruções, sem interferir no raciocínio matemático dos estudantes, em conformidade com os princípios da neutralidade avaliativa. Essa presença constante permitiu também registrar observações comportamentais relevantes, como estratégias utilizadas, tempo de dedicação por item, sinais de desistência ou insegurança, entre outros.

Após a coleta das respostas, a análise foi desenvolvida em **duas etapas** complementares:

a) Correção e categorização das respostas

Cada questão foi avaliada de acordo com os descritores oficiais de competência do PISA 2022, considerando os critérios de acerto total, acerto parcial e erro. Foi registrada a frequência de respostas corretas e incorretas por turma, permitindo uma análise estatística descritiva inicial, com cálculo de porcentagem de acertos por item e por grupo.

b) Análise qualitativa das respostas

A segunda etapa da análise buscou compreender como os estudantes mobilizaram seus conhecimentos e estratégias cognitivas para resolver os problemas propostos. Essa abordagem interpretativa envolveu a leitura detalhada das resoluções, identificando raciocínios válidos,

aproximações conceituais, erros recorrentes, lacunas cognitivas e diferentes níveis de elaboração das respostas.

Inspirada na abordagem de avaliação por competências descrita por Marinho-Araújo e Rabelo (2015), essa análise procurou ir além da simples verificação de acertos, considerando o processo de articulação dos saberes em situações contextualizadas. Os autores destacam que a avaliação por competências deve levar em conta não apenas o produto final da aprendizagem, mas também os caminhos percorridos pelos sujeitos na mobilização de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais em contextos significativos.

A partir desses princípios, foram elaboradas três perguntas norteadoras que orientaram a análise qualitativa das respostas dos estudantes:

- O estudante compreendeu o contexto do problema proposto?
- Foi capaz de identificar e mobilizar os conceitos matemáticos pertinentes à resolução?
- A resolução apresentada demonstra coerência lógica e consistência com o objetivo da questão?

Essas questões permitiram explorar em profundidade a forma como os alunos se posicionaram diante das situações-problema, possibilitando uma avaliação mais rica sobre o nível de domínio das competências matemáticas demandadas pelo PISA.

c) Triangulação com dados contextuais

Os resultados das questões foram interpretados à luz das condições socioeducacionais dos estudantes, conforme discutido nas seções anteriores. Foi possível observar padrões de desempenho associados à origem escolar dos alunos (rede pública ou privada), especialmente nos itens que exigiam maior capacidade de abstração, leitura de gráficos e raciocínio proporcional.

Essa triangulação metodológica, entre desempenho cognitivo, contexto social e matriz de competências, permitiu descrever os resultados e compreender possíveis fatores que influenciam o processo de aprendizagem matemática.

d) Relação com a Teoria da Resposta ao Item

A estrutura do simulado, com cinco itens de níveis distintos (do nível 1 ao nível 4), favoreceu o diálogo com os princípios da (TRI), na medida em que cada questão apresenta um valor diferente de dificuldade (parâmetro b) e, teoricamente, contribui de forma diferenciada

para a estimativa da proficiência dos alunos. Ainda que a amostra da pesquisa não permita a aplicação direta dos modelos estatísticos da TRI, a organização dos dados e a discussão sobre os acertos em função do grau de dificuldade dos itens simulam, de maneira qualitativa, a lógica subjacente a esse modelo de avaliação.

4. ANÁLISE QUANTITATIVA E INTERPRETATIVA DOS RESULTADOS

A análise dos dados obtidos a partir da aplicação de cinco itens públicos do PISA 2022 a 40 estudantes do Distrito Federal, sendo 20 da rede pública (Turma A) e 20 da rede privada (Turma B), indica diferenças significativas no desempenho entre os dois grupos, refletindo na possível influência do contexto educacional e socioeconômico na apropriação das competências matemáticas avaliadas.

Ao adotar a TRI como base metodológica para compreender o desempenho, foi possível observar como a estrutura das questões pautada em parâmetros como dificuldade, discriminação e acerto ao acaso contribui para estimar, de forma mais precisa, o nível de proficiência dos estudantes, indo além da simples contagem de acertos (OCDE, 2023).

Do ponto de vista quantitativo, os dados mostram, por exemplo, que na Questão 4 (nível 1 de proficiência), houve 13 acertos na Turma A e 15 na Turma B, evidenciando maior acessibilidade do item. Por outro lado, em itens de maior complexidade, como a Questão 5 (nível 4), observa-se uma queda acentuada nos acertos, especialmente na rede pública (6 acertos na Turma A contra 8 na Turma B), com destaque para o aumento no número de omissões e erros. Esses padrões confirmam a hipótese de que estudantes de diferentes contextos mobilizam competências matemáticas de formas distintas, como já alertavam Souza e Alencar (2020) ao defenderem que as condições concretas de aprendizagem interferem diretamente na construção de competências avaliadas em exames de larga escala. A análise qualitativa dos itens, discutida ao longo deste capítulo, revela ainda como os estudantes raciocinam frente a problemas matemáticos contextualizados, indicando aproximações conceituais, raciocínios alternativos e lacunas cognitivas, aspectos que, segundo Marinho-Araújo e Rabelo (2015), são essenciais para compreender o desempenho para além da métrica estatística.

Portanto, os dados aqui apresentados e interpretados articulam os resultados empíricos com as bases teóricas do PISA e da TRI, e reforçam a tese de que desigualdades de contexto podem influenciar de maneira significativa a aprendizagem matemática. Segundo Lima (2020), os sistemas avaliativos devem considerar essas desigualdades não apenas como pano de fundo, mas como elemento estruturante da análise dos resultados.

A seguir, são apresentados os gráficos comparativos entre as duas turmas, seguidos da discussão detalhada por questão, com ênfase na identificação das competências mobilizadas e nos obstáculos enfrentados pelos estudantes na resolução dos itens.

4.1 Estudo geral dos desempenhos

Ao comparar o desempenho global das turmas A (rede pública) e B (rede privada) na aplicação dos itens de matemática do PISA 2022, observa-se uma diferença consistente tanto na taxa de acertos quanto no padrão de respostas parciais e omissões. A Turma B obteve um desempenho superior em quatro das cinco questões aplicadas, evidenciando maior mobilização das competências exigidas pelo exame, especialmente nos itens de níveis 2 e 4 que envolvem maior complexidade cognitiva. Na questão 4, de nível 1, a taxa de acerto foi de 75% na Turma B, contra 65% na Turma A. Já na questão 3, de nível 2, a diferença foi ainda mais expressiva: 60% de acertos e 15% de respostas parciais na rede privada, contra 30% de acertos e 20% de respostas parciais na rede pública, além de 20% de omissões.

A análise realizada também revela que, nas três questões de maior demanda cognitiva (questões 2, 3 e 5), a Turma A apresentou menos acertos e um número significativamente maior de respostas em branco, o que pode indicar insegurança diante dos enunciados, menor familiaridade com os tipos de problemas propostos ou ausência de estratégias consolidadas de resolução. Segundo Lima (2020), o desempenho em avaliações externas como o PISA está diretamente relacionado às experiências escolares prévias e ao grau de exposição dos estudantes a práticas pedagógicas baseadas na resolução de problemas reais e contextualizados.

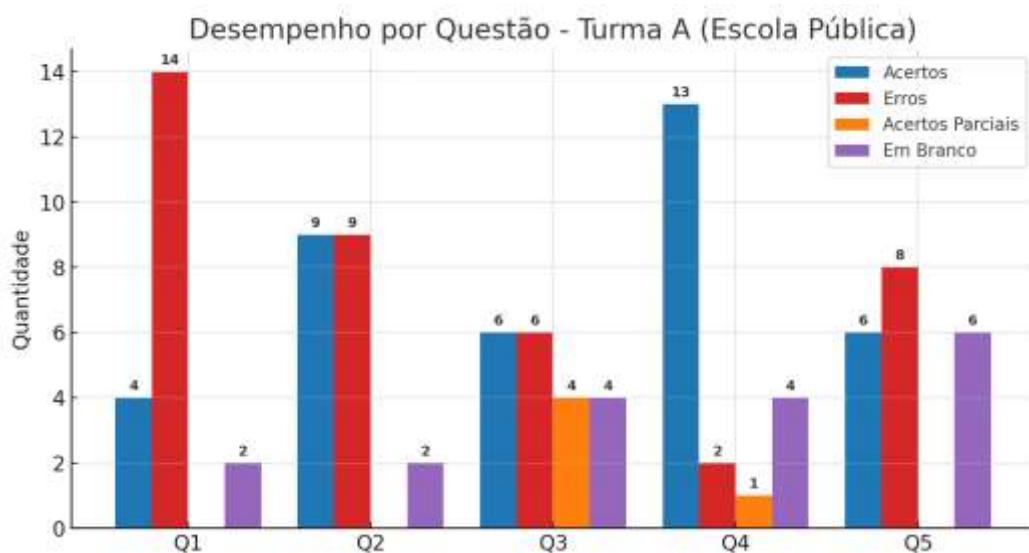
Tais resultados sustentam a literatura que aponta para o papel estruturante do contexto socioeconômico no processo de aprendizagem (Marinho-Araújo e Rabelo, 2015; Souza, 2015). Os estudantes da rede privada, geralmente inseridos em contextos de maior capital cultural e educacional, tendem a apresentar maior domínio das competências cognitivas e metacognitivas requeridas pelo PISA. Isso se reflete na maior taxa de acertos e na disposição em tentar resolver os itens, ainda que parcialmente, como evidenciado pelo número de respostas parcialmente corretas na Turma B.

Além disso, o padrão observado nas respostas aponta para uma relação direta entre proficiência e estímulos pedagógicos recebidos. A familiaridade com plataformas digitais, o acompanhamento individualizado e a ênfase em atividades de interpretação e argumentação matemática, frequentemente presentes no ensino privado, parecem favorecer o desempenho nos itens mais desafiadores, estruturados segundo os parâmetros da TRI, que valoriza a capacidade de discriminação e a consistência nas respostas (OCDE, 2023).

Dessa forma, os dados reforçam a necessidade de políticas públicas que promovam maior equidade de acesso às oportunidades de aprendizagem, especialmente na rede pública, onde as lacunas pedagógicas e estruturais impactam significativamente o desempenho dos

estudantes em avaliações de larga escala. Conforme defendido por Lima (2020), compreender o impacto do contexto no desenvolvimento das competências avaliadas é condição indispensável para a construção de práticas avaliativas mais justas e pedagógicas.

Figura 6: Desempenho por questão - turma A (Escola Pública)



Fonte: Elaboração própria com dados da aplicação das questões.

O gráfico revela um cenário heterogêneo de desempenho, marcado por elevadas taxas de erro e de omissões, sobretudo nas questões de maior complexidade. A Questão 1, por exemplo, teve apenas 4 acertos, enquanto 14 estudantes erraram e 2 deixaram em branco, evidenciando uma dificuldade inicial de engajamento com o problema proposto possivelmente por sua exigência de interpretação contextual ou pela forma como o enunciado foi estruturado, o que, segundo Marinho-Araújo e Rabelo (2015), impacta diretamente estudantes com menor familiaridade com situações-problema autênticas.

A Questão 2 apresentou um equilíbrio entre acertos e erros (9 cada), mas também contou com 2 omissões, o que pode indicar nível médio de compreensão, com parte significativa da turma demonstrando dificuldade de articulação conceitual para responder de maneira adequada. Já na Questão 3, observa-se uma distribuição mais fragmentada: 6 acertos, 6 erros, 4 respostas parciais e 4 em branco, o que indica variação nos níveis de proficiência entre os estudantes, corroborando a perspectiva da TRI, que busca estimar essa proficiência com base em diferentes graus de complexidade e consistência das respostas (OCDE, 2023).

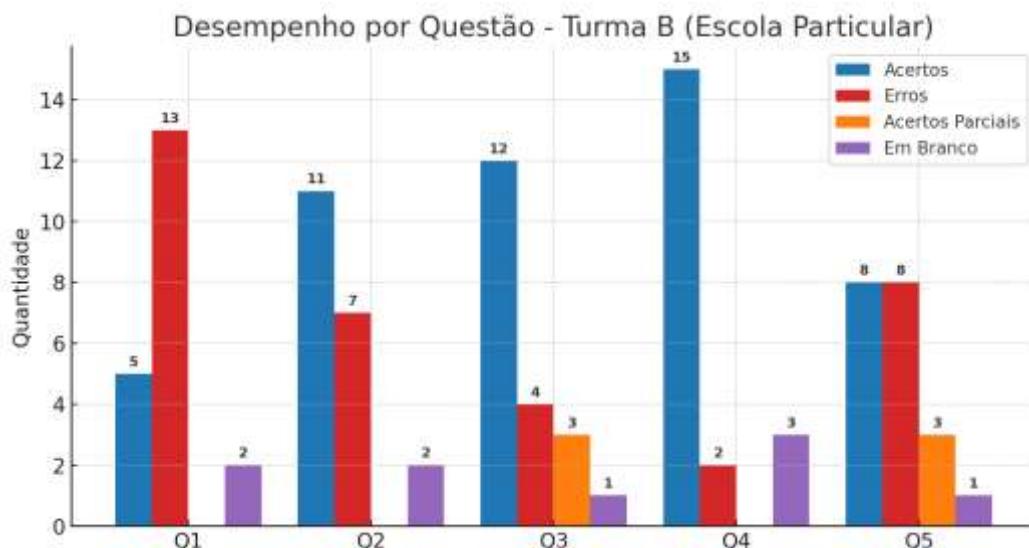
O melhor desempenho da turma ocorreu na Questão 4, com 13 acertos, sugerindo que se tratava de um item de nível mais acessível, com menor carga de abstração ou cálculo. Isso

reforça a ideia de que estudantes em desvantagem socioeducacional tendem a se sair melhor em itens de níveis mais baixos da escala de proficiência, como já documentado em avaliações anteriores do PISA (INEP, 2023). Ainda assim, 4 respostas foram deixadas em branco, indicando que a questão, embora mais acessível, ainda exigia leitura atenta e compreensão básica.

Por fim, na Questão 5, houve maior dispersão nas respostas: 6 acertos, 8 erros e 6 omissões. O número elevado de respostas em branco nessa questão aponta para desistência ou insegurança diante de conteúdos mais complexos, o que pode estar relacionado à carência de estratégias cognitivas ou lacunas no nível anterior de ensino.

Esses resultados dialogam com as análises de Lima (2020), ao destacar que estudantes de contextos vulneráveis acumulam déficits que não se limitam à ausência de conteúdos específicos, mas envolvem também ausência de repertórios de leitura, práticas escolares com foco restrito no ensino tradicional e pouca vivência com avaliações de tipo PISA, que demandam autonomia, raciocínio e uso aplicado da matemática.

Figura 7: Desempenho por questão - turma B (Escola Particular)



Fonte: Elaboração própria com dados da aplicação das questões.

Em termos gerais, observa-se que a Turma B apresentou desempenho superior em quatro das cinco questões, com destaque para a Questão 4, que obteve 15 acertos completos (75% dos alunos), 2 acertos parciais e apenas 3 omissões. Isso indica que esses estudantes possuem um maior domínio do conteúdo avaliado, além de demonstrarem mais segurança na leitura e interpretação do enunciado, o que, conforme aponta Marinho-Araújo e Rabelo (2015), tende a

ser mais frequente entre estudantes inseridos em contextos educativos com maior capital cultural e estímulo à autonomia.

A baixa incidência de respostas em branco, com exceção da Questão 5, evidencia maior engajamento e familiaridade com o formato das questões, o que pode estar associado ao acesso a práticas avaliativas mais diversificadas e à utilização de metodologias de ensino que privilegiam a resolução de problemas e o pensamento crítico. Essas habilidades, conforme destaca a OCDE (2023), são fundamentais para o sucesso em itens do PISA, cuja estrutura está alinhada à TRI e busca avaliar competências em níveis crescentes de complexidade.

Além disso, o gráfico mostra uma distribuição mais equilibrada entre erros e acertos parciais nas questões de níveis médios e altos (como a Q3 e Q5) de complexidade, o que sugere diferentes níveis de proficiência entre os estudantes, mas dentro de uma faixa mais elevada, conforme esperado em contextos escolares com maior investimento pedagógico e infraestrutura de apoio ao aprendizado (Brooke, 2006). A presença de acertos parciais também indica que, mesmo diante de dificuldades, esses alunos conseguem mobilizar estratégias parciais de resolução, o que é valorizado nas avaliações do tipo PISA.

A comparação entre os desempenhos das turmas A e B evidencia disparidades marcantes que refletem as desigualdades estruturais no sistema educacional brasileiro. Enquanto a Turma B, composta por estudantes da rede particular, apresentou elevadas taxas de acerto e baixa incidência de respostas em branco, a Turma A revelou maior frequência de erros e omissões, sobretudo nas questões de maior complexidade. Essa diferença sugere uma distância em termos de domínio de conteúdo e em aspectos como confiança na resolução de problemas, letramento matemático e familiaridade com contextos avaliativos desafiadores.

Conforme argumenta Lima (2020), a apropriação das competências avaliadas em exames como o PISA está profundamente ligada ao capital cultural, à mediação escolar e ao suporte familiar que os estudantes recebem ao longo de sua trajetória educacional.

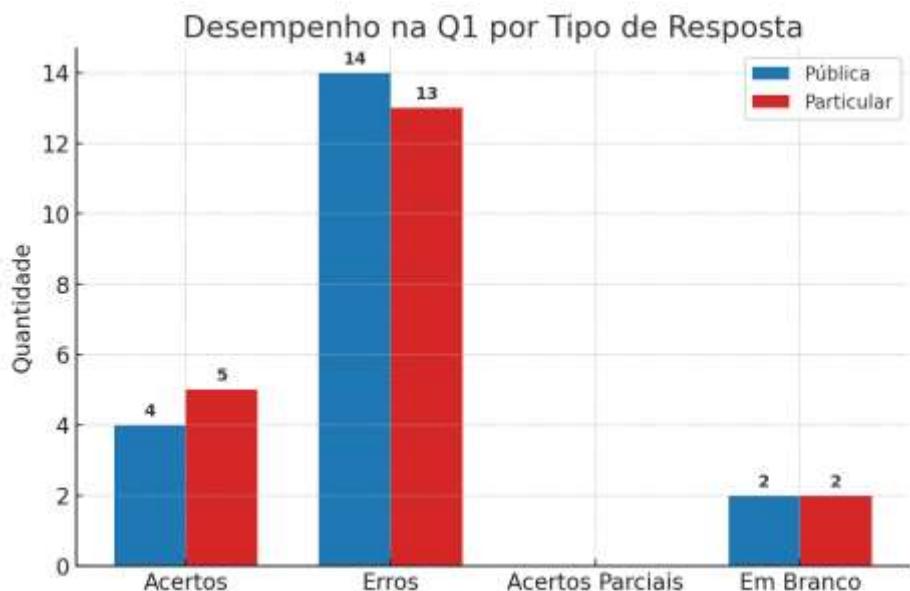
Além disso, segundo Marinho-Araújo e Rabelo (2015), contextos educacionais mais favorecidos oferecem melhores condições para o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores, como pensamento crítico, interpretação de dados e resolução de problemas, que são justamente as competências mobilizadas nos itens da prova. Assim, os dados analisados reforçam a importância de considerar os contextos socioeconômicos na interpretação dos resultados de avaliações em larga escala, apontando para a necessidade de políticas públicas que promovam maior equidade na educação básica.

4.2 DESEMPENHO POR QUESTÃO: Competências, habilidades e dificuldades evidenciadas

A presente seção tem como objetivo analisar o desempenho dos estudantes nas cinco questões de matemática aplicadas, extraídas do banco de itens públicos do PISA 2022. Cada item foi selecionado com base em critérios de diversidade temática e nível de complexidade, permitindo a avaliação de diferentes competências cognitivas esperadas pela matriz da OCDE. A análise considera não apenas os índices de acerto e erro, mas também as habilidades mobilizadas, os tipos de raciocínio exigidos e as dificuldades mais recorrentes entre os participantes da pesquisa. Ao relacionar os resultados às competências específicas previstas para cada questão, tais como raciocínio proporcional, interpretação de dados, pensamento espacial e resolução de problemas contextualizados, busca-se compreender os principais desafios enfrentados pelos estudantes das redes pública e privada em avaliações de larga escala com base na TRI. Essa abordagem possibilita uma leitura mais ampla e crítica do desempenho observado, apontando lacunas de aprendizagem, desigualdades estruturais e possíveis caminhos de intervenção pedagógica.

Questão 1 – Probabilidade e Lei dos Grandes Números (Nível 2)

Figura 8: Desempenho na questão 1 por tipo de resposta



Fonte: Elaboração própria com dados da aplicação das questões.

Os resultados da Questão 1 revelam uma dificuldade significativa em ambos os grupos escolares, com predominância de erros: 70% na Turma B e 14 estudantes na Turma A. A competência avaliada envolve interpretação de situações de incerteza e aplicação da Lei dos

Grandes Números, uma habilidade que demanda conhecimento conceitual de probabilidade, além de leitura crítica de contextos estatísticos, algo pouco explorado de forma sistemática no currículo do ensino médio brasileiro.

Essa fragilidade corrobora estudos como os de Lima (2020), que apontam para o descompasso entre o currículo prescrito e as demandas avaliativas do PISA, especialmente no que tange à modelagem probabilística. Segundo a OCDE (2023), itens desse tipo exigem competências cognitivas intermediárias, vinculadas à capacidade de entender, interpretar e avaliar criticamente informações em situações do dia a dia, ainda pouco consolidadas entre os estudantes brasileiros.

Questão 2 – Geometria e Volume (Nível 3)

Figura 9: Desempenho na questão 2 por tipo de resposta



Fonte: Elaboração própria com dados da aplicação das questões.

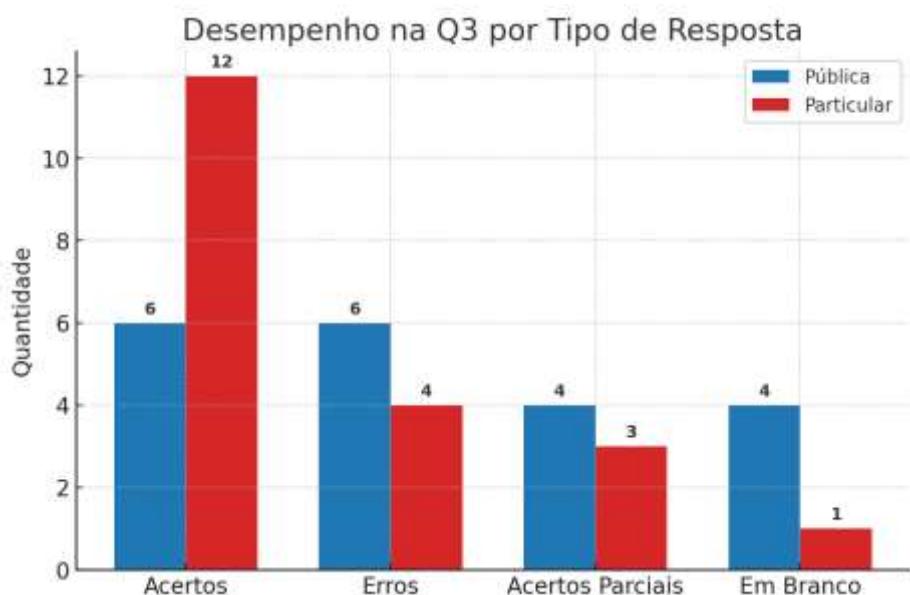
A questão exigia raciocínio espacial e domínio de fórmulas geométricas, sobretudo relacionadas ao cálculo de volume. A Turma B (rede particular) obteve 55% de acertos, enquanto a Turma A (pública) ficou em 45%, com dois estudantes de cada grupo deixando a questão em branco. Essa diferença revela que, embora ambas as turmas tenham enfrentado desafios, o desempenho foi mais expressivo na rede privada, o que sugere um trabalho mais frequente com contextos tridimensionais e problemas que exigem abstração geométrica.

Esse achado vai ao encontro das análises de Marinho-Araújo e Rabelo (2015), que relacionam o desempenho em tarefas complexas ao acesso a práticas pedagógicas mais estruturadas. O domínio de volume, uma das competências do eixo "Espaço e Forma" do PISA,

também exige o desenvolvimento de uma linguagem matemática precisa, algo que pode estar mais consolidado em contextos educacionais com maior capital cultural, conforme proposto por Bourdieu (1998).

Questão 3 – Porcentagem e Análise de Variação (Nível 2)

Figura 10: Desempenho na questão 3 por tipo de resposta



Fonte: Elaboração própria com dados da aplicação das questões.

A análise dessa questão mostra uma diferença importante: a Turma B obteve 60% de acertos e 15% de acertos parciais, enquanto a Turma A obteve 30% de acertos e 20% de parciais. Essa proximidade nos acertos parciais indica que ambos os grupos apresentaram compreensão parcial da variação percentual, porém mais estudantes da rede particular conseguiram apresentar a resolução completa.

O uso de porcentagem em contextos cotidianos é uma das bases da literacia matemática (OCDE, 2023), e seu domínio está relacionado à capacidade de interpretar situações reais e aplicar conceitos algébricos. Lima (2020) destaca que o acesso a problemas contextualizados de forma recorrente influencia diretamente a proficiência dos alunos — realidade mais comum nas escolas com maior infraestrutura e metodologias ativas de ensino.

Questão 4 – Proporcionalidade e Representação Visual (Nível 1)

Figura 11: Desempenho na questão 4 por tipo de resposta



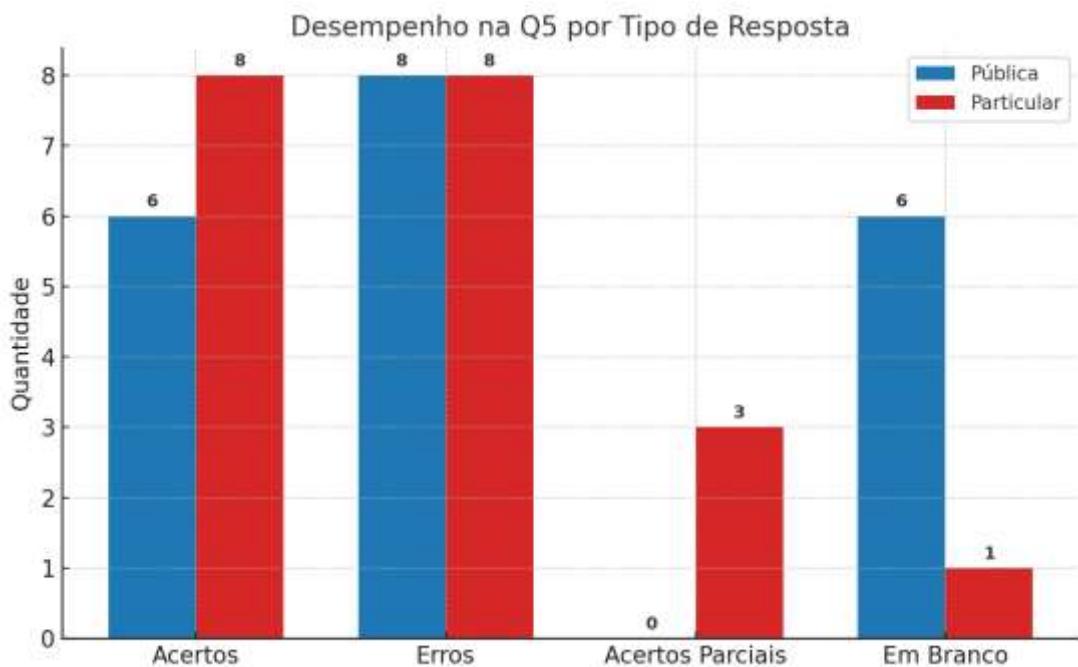
Fonte: Elaboração própria com dados da aplicação das questões.

Esta foi a questão de melhor desempenho entre os estudantes: 75% de acertos na Turma B e 65% na Turma A. Trata-se de uma competência básica do eixo "Mudança e Relações", que envolve reconhecer proporções simples e interpretar representações visuais. O bom desempenho em ambas as turmas sugere que, em habilidades de baixa complexidade, o fosso entre as redes se reduz, conforme também verificado na análise de desempenho do PISA Brasil (INEP, 2023).

Isso indica que, apesar das desigualdades, os conteúdos mais acessíveis do currículo, especialmente aqueles introduzidos nos anos finais do ensino fundamental, são, em geral, trabalhados em ambas as redes, mesmo que em profundidades diferentes. A menor complexidade cognitiva da questão também favorece a mobilização de esquemas mentais previamente consolidados, conforme descrito na taxonomia de habilidades cognitivas de Bloom (1956).

Questão 5 – Porcentagem e Ângulos (Nível 4)

Figura 12: Desempenho na questão 5 por tipo de resposta

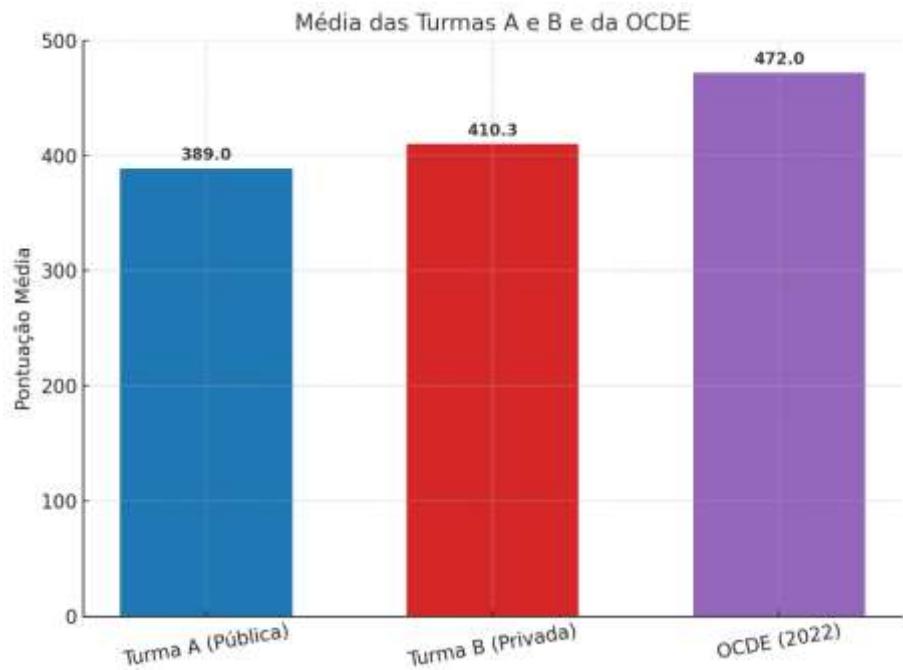


Fonte: Elaboração própria com dados da aplicação das questões.

A última questão apresentou os maiores índices de dificuldade, com apenas 40% da Turma B e 30% da Turma A obtendo acertos totais ou parciais. Essa baixa performance evidencia a complexidade do item, que exige a integração de diferentes áreas da matemática: a porcentagem e a conversão em ângulos (regra de três, razão e setor circular). A necessidade de encadeamentos lógicos múltiplos coloca essa questão em um nível que poucos estudantes brasileiros conseguem atingir conforme mostram os dados históricos do PISA, nos quais o Brasil tem desempenho concentrado nos níveis 1 e 2 da escala (OCDE, 2023).

Além disso, como Lima (2020) aponta, competências de nível elevado dependem não somente de domínio conceitual, mas também de experiências escolares que promovam a resolução de problemas complexos. A ausência de práticas pedagógicas voltadas à interdisciplinaridade e à contextualização profunda pode limitar o acesso a esse tipo de raciocínio, o que se reflete nos baixos índices de desempenho, especialmente entre estudantes da rede pública.

Figura 13: Gráfico comparativos das médias da Turma A, turma B e da OCDE



Fonte: Elaboração própria com dados da aplicação das questões e dados do PISA 2022 (OCDE, 2023)

O gráfico de comparação entre as médias da Turma A (rede pública), Turma B (rede privada) e a média da OCDE em matemática no ciclo PISA 2022 revela disparidades preocupantes. Enquanto a média dos países da OCDE foi de 472 pontos, a Turma B atingiu 410,3 pontos, e a Turma A ficou em 389 pontos, demonstrando um distanciamento significativo tanto em relação ao padrão internacional quanto entre as próprias redes de ensino brasileiras.

Essa diferença numérica pode ser traduzida pedagogicamente em termos de anos de defasagem escolar, de acordo com a OCDE. Segundo o relatório oficial do PISA 2022 (OCDE, 2023), uma diferença de 30 pontos na escala de proficiência equivale, em média, a aproximadamente um ano de escolaridade formal. Com base nesse parâmetro:

- A Turma A, com média de 389, está 83 pontos abaixo da média da OCDE, o que representa cerca de 2,8 anos de defasagem escolar;
- A Turma B, com 410,3 pontos, está 61,7 pontos abaixo, equivalente a aproximadamente 2,1 anos de atraso escolar em relação ao desempenho médio internacional.

Esses dados são coerentes com os achados de estudos como os de Lima (2020) e Marinho-Araújo e Rabelo (2015), que destacam o impacto direto das condições socioeconômicas, do acesso desigual a recursos pedagógicos e da qualidade da formação docente no desempenho acadêmico dos estudantes. A diferença entre as turmas evidencia a manutenção de uma estrutura educacional desigual, em que os alunos da rede pública tendem a

acumular desvantagens desde as séries iniciais, como limitações no repertório cultural, menor apoio familiar e infraestrutura escolar precária, o que afeta diretamente sua capacidade de mobilizar competências avaliadas em larga escala.

Além disso, a literatura aponta que as habilidades avaliadas no PISA, como raciocínio matemático, interpretação de gráficos e resolução de problemas contextualizados, exigem além de domínio conceitual, práticas pedagógicas que desenvolvam autonomia intelectual e pensamento crítico (OCDE, 2023; Oliveira & Boruchovitch, 2014). Nesse sentido, a performance inferior observada na Turma A pode ser atribuída também à ausência de metodologias ativas, ao uso limitado de tecnologias educacionais e à formação docente ainda centrada na reprodução de conteúdo.

Já a Turma B, embora também apresente desempenho inferior à média da OCDE, mostra resultados relativamente melhores, o que pode estar associado à maior exposição a aulas de reforço, uso de plataformas digitais, menor rotatividade docente e envolvimento mais ativo das famílias no processo educativo, conforme destacam Cunha & Heckman (2007) e Soares & Andrade (2019). Ainda assim, o fato de nem mesmo a rede privada atingir o patamar mínimo internacional esperado alerta para a necessidade de revisão curricular e de estratégias mais eficazes de ensino da matemática no Brasil de um modo geral.

Os dados obtidos nesta análise oferecem subsídios relevantes para a formulação de ações voltadas à melhoria do ensino e da avaliação em matemática. Primeiramente, indicam a urgência de práticas pedagógicas que privilegiam o desenvolvimento de competências, e não apenas a memorização de conteúdos. Investir em metodologias ativas, formação docente continuada, integração de tecnologias e ampliação do tempo escolar pode favorecer a construção de habilidades cognitivas complexas. Além disso, o uso de instrumentos avaliativos baseados na TRI como os itens do PISA permite diagnósticos mais precisos das lacunas de aprendizagem e oferece indicadores concretos para a elaboração de intervenções pedagógicas, curriculares e de políticas públicas voltadas à equidade e à qualidade educacional (Andrade *et al.*, 2010; OCDE, 2023).

4.3 Interpretação à luz da TRI e da avaliação por competências

As questões aplicadas nesta pesquisa foram extraídas do banco público do PISA 2022 e elaboradas de acordo com os fundamentos da TRI, cuja premissa central é que a proficiência de um indivíduo não depende apenas da quantidade de acertos, mas da consistência desses acertos em relação ao nível de dificuldade dos itens. Nesse sentido, a TRI se diferencia de

abordagens tradicionais de correção, permitindo uma estimativa mais refinada da proficiência dos estudantes com base em três parâmetros: dificuldade, discriminação e probabilidade de acerto ao acaso (Pasqualetti, 2020; Andrade *et al.*, 2010).

Na análise das questões, foi possível observar que mesmo itens considerados de baixa complexidade (como a Questão 4 – nível 1) apresentaram algum índice de erro ou omissão, sobretudo na turma da rede pública. Por outro lado, itens de maior complexidade cognitiva, como a Questão 5 (nível 4), foram resolvidos corretamente apenas por uma parcela minoritária dos estudantes, mesmo entre aqueles da rede privada. Isso reforça um dos pressupostos centrais da TRI: acertos isolados em itens difíceis, por parte de alunos que erram questões fáceis, não são considerados indicadores confiáveis de alta proficiência, já que esse padrão sugere que o acerto pode ter ocorrido por acaso, e não por domínio real da competência avaliada (Andrade *et al.*, 2010; OCDE, 2023).

No contexto da avaliação por competências, como defendido por Marinho-Araújo e Rabelo (2015), a resolução de itens exige mais do que conhecimento algébrico ou memorização de fórmulas. É necessário que o estudante mobilize habilidades cognitivas complexas, como raciocínio lógico, interpretação de dados, modelagem matemática e tomada de decisão em contextos reais. Essa exigência fica evidente, por exemplo, na Questão 3, que avalia variação percentual (nível 2) e gerou muitos acertos parciais, especialmente entre estudantes da rede pública sinalizando um domínio intermediário da competência, mas com dificuldades em estruturar todo o raciocínio necessário à resolução completa.

A partir da TRI, também se comprehende que os itens de avaliação funcionam como instrumentos que devem medir gradualmente as habilidades dos estudantes ao longo de uma escala de proficiência. O desempenho obtido nas questões de diferentes níveis (1 a 4) permite visualizar essa progressão ou a ausência dela entre os grupos. A baixa coerência entre o acerto de itens mais fáceis e o erro de itens médios ou difíceis, por exemplo, compromete a estimativa de uma proficiência estável.

De maneira geral, os resultados reforçam o papel da TRI como instrumento técnico e pedagógico, que, além de atribuir escores mais justos, também permite identificar padrões de resposta inconsistentes e lacunas no processo de aprendizagem. Como destaca Soares e Andrade (2019), a TRI não apenas mede desempenho, mas também oferece pistas sobre o percurso formativo dos estudantes e a efetividade das práticas pedagógicas adotadas.

Em suma, ao se considerar os dados quantitativos da presente pesquisa à luz da TRI, evidencia-se a necessidade de rever estratégias de ensino que privilegiam a memorização e a

resolução mecânica, propondo, em seu lugar, práticas que estimulem o desenvolvimento gradual das competências cognitivas exigidas pelas avaliações internacionais. O desafio está em formar sujeitos capazes de interpretar, argumentar, modelar e resolver problemas com competências centrais tanto no PISA quanto na vida em sociedade.

4.4 Considerações sobre o contexto educacional

As discrepâncias de desempenho entre as turmas A (rede pública) e B (rede privada) não são apenas reflexos do domínio conceitual em matemática, mas evidenciam, de forma categórica, a influência do contexto educacional nas oportunidades de aprendizagem. Segundo Soares, Xavier e Alves (2019), as condições socioeconômicas e estruturais do ambiente escolar desempenham papel determinante no desenvolvimento das competências cognitivas dos alunos, impactando diretamente a forma como acessam, compreendem e aplicam os conteúdos ensinados. Elementos como a estabilidade do corpo docente, a disponibilidade de materiais didáticos, o tempo efetivo de instrução e o engajamento familiar se constituem como fatores-chave para explicar os contrastes observados entre estudantes de redes distintas.

No caso brasileiro, a desigualdade de condições entre escolas públicas e privadas é amplamente documentada por pesquisas que relacionam o capital cultural e econômico das famílias ao desempenho dos estudantes (Cunha; Heckman, 2007; Marinho-Araújo e Rabelo, 2015). Essa constatação reforça a ideia de que políticas educacionais voltadas apenas para o ensino de conteúdos, sem considerar as condições reais de aprendizagem, tendem a reforçar ciclos de exclusão.

Frente a isso, os dados obtidos no presente estudo devem ser utilizados para além de indicadores de desempenho, mas também como instrumentos de planejamento pedagógico. A aplicação das questões do PISA 2022 revelou, por exemplo, que mesmo os alunos da rede privada apresentam dificuldades em itens de maior complexidade cognitiva, o que sinaliza a necessidade de reavaliar as metodologias de ensino de matemática no país (OCDE, 2023).

Diante das desigualdades de desempenho evidenciadas na aplicação dos itens do PISA entre estudantes da rede pública e privada, e considerando a baixa proficiência em competências matemáticas complexas, torna-se urgente avançar em práticas pedagógicas e formativas mais alinhadas à lógica das avaliações em larga escala baseadas na TRI e no desenvolvimento de competências. Nesse sentido, propõem-se as seguintes ações, fundamentadas na literatura especializada e nos dados analisados nesta pesquisa:

I. Formação docente em avaliação por competências e TRI

A formação continuada precisa superar o caráter episódico e prescritivo para assumir uma perspectiva crítica, reflexiva e situada. Apenas compreender os conceitos técnicos da TRI como dificuldade, discriminação e acerto ao acaso não é suficiente. Os professores precisam ser capacitados para interpretar os padrões de resposta dos alunos com criticidade, compreender o que as respostas revelam sobre os processos cognitivos e, sobretudo, planejar intervenções pedagógicas coerentes com esses diagnósticos (Andrade *et al.*, 2010; Freitas, 2012).

Conforme destacam Ramos e Gonçalves (2021), a formação docente em avaliação deve estar vinculada a práticas concretas, como análise de itens, elaboração colaborativa de instrumentos avaliativos e uso pedagógico dos dados gerados por simulados e avaliações externas. Além disso, essa formação deve ser contínua, com acompanhamento pedagógico e apoio institucional, evitando ações isoladas ou meramente teóricas.

II. Integração dos itens do PISA ao planejamento pedagógico

Os itens públicos do PISA representam modelos eficazes para trabalhar competências complexas em sala de aula, pois exigem mobilização de conhecimentos em contextos reais, capacidade de argumentação, análise crítica e resolução de problemas. Sua incorporação ao planejamento pedagógico pode favorecer o desenvolvimento da autonomia intelectual, raciocínio lógico e pensamento crítico dos estudantes (Oliveira e Boruchovitch, 2014; OCDE, 2023).

A proposta não é "treinar para o teste", mas usar os itens como ferramentas didáticas, que desafiem os alunos a aplicar seus conhecimentos de forma funcional. Essa prática também favorece a aproximação com a matriz do SAEB e da BNCC, que enfatizam a aprendizagem por competências.

III. Elaboração de materiais didáticos orientados por competências

É fundamental que as escolas incentivem a construção de sequências didáticas baseadas nas matrizes de referência do PISA e do SAEB. Tais materiais devem buscar o desenvolvimento de habilidades cognitivas de níveis mais elevados, como análise, síntese e avaliação — habilidades pouco exploradas em materiais focados na memorização e na repetição de procedimentos (Brasil, 2019; Zabala e Arnau, 2010).

A elaboração de roteiros didáticos integrados à TRI deve considerar diferentes níveis de dificuldade, permitindo que os professores ofereçam formas personalizadas de aprendizagem

conforme a proficiência de seus alunos. Além disso, os materiais devem conter instrumentos de avaliação diagnóstica, formativa e somativa, possibilitando a coleta de evidências contínuas de aprendizagem.

IV. Monitoramento pedagógico com foco na equidade

A aplicação de simulados baseados na lógica da TRI, quando acompanhada de devolutivas pedagógicas individualizadas, representa um instrumento poderoso para reduzir desigualdades. Não basta contabilizar acertos: é necessário interpretar padrões de resposta, identificar recorrências e ausências e compreender quais competências não estão sendo mobilizadas — especialmente entre os estudantes em maior vulnerabilidade (Soares; Andrade, 2019; OCDE, 2023).

Esse monitoramento deve servir como ferramenta de planejamento pedagógico, norteando tutoriais, aulas de reforço, intervenções em pequenos grupos e projetos de recuperação. Segundo Brookhart (2011), a avaliação formativa é um dos instrumentos mais poderosos para promover aprendizagem significativa, desde que os dados sejam utilizados de forma consciente e propositiva.

V. Formação de redes de colaboração entre escolas e docentes

A criação de redes colaborativas entre escolas da rede pública e privada pode promover trocas significativas de práticas pedagógicas bem-sucedidas. Iniciativas interinstitucionais favorecem a formação entre pares, com foco na solução de problemas reais, promovendo o compartilhamento de estratégias, metodologias e materiais (García, 2009).

Essa proposta também fortalece o sentimento de pertencimento e valorização profissional, especialmente entre os docentes da rede pública, que muitas vezes atuam de forma isolada e sem apoio pedagógico estruturado. Como indicam Lima (2020), o apoio entre colegas e a construção coletiva de saberes são elementos fundamentais para o desenvolvimento profissional docente.

O conjunto das análises e propostas desenvolvidas ao longo desta pesquisa converge para um objetivo central: contribuir para a superação das lacunas formativas dos professores e para a incorporação efetiva da lógica das competências e da TRI nas práticas pedagógicas cotidianas. Acredita-se que, para que as avaliações em larga escala como o PISA cumpram sua função diagnóstica, elas precisam ser compreendidas e ressignificadas no interior da escola e isso depende diretamente do papel ativo dos docentes nesse processo.

Quando o professor comprehende o que está sendo medido, como e por que está sendo medido, ele deixa de ser um executor passivo de conteúdos e passa a atuar como mediador da aprendizagem, capaz de interpretar os resultados das avaliações e utilizá-los para reorientar suas estratégias de ensino (Soares; Andrade, 2019). Essa postura crítica e reflexiva amplia o potencial das avaliações externas, que deixam de ser instrumentos punitivos e passam a ser ferramentas pedagógicas potentes para a promoção da equidade e da qualidade do ensino (Freitas, 2012).

A formação docente, nesse contexto, deve ir além da simples transmissão de conceitos sobre a TRI ou sobre competências. É necessário criar espaços de desenvolvimento profissional que favoreçam a leitura pedagógica dos dados, a construção coletiva de materiais didáticos alinhados às matrizes avaliativas, a utilização de itens das avaliações como objetos de ensino e a criação de ambientes de aprendizagem mais desafiadores, contextualizados e significativos. Como defendem García (2009) e Zabala e Arnau (2010), a formação continuada precisa estar centrada na prática e nas necessidades reais dos professores, promovendo a construção de saberes profissionais em contextos colaborativos e interdisciplinares.

Além disso, a apropriação da lógica da TRI pelos professores possibilita uma leitura mais justa e eficaz do desempenho estudantil, permitindo diagnósticos mais precisos e intervenções pedagógicas mais assertivas. Essa compreensão técnica precisa ser acompanhada de uma perspectiva pedagógica sensível às desigualdades educacionais, pois, como mostram os dados deste estudo, os resultados das avaliações em larga escala ainda refletem as assimetrias de acesso ao conhecimento e às oportunidades de aprendizagem (Marinho-Araújo e Rabelo, 2015; OCDE, 2023).

Portanto, fortalecer a cultura avaliativa na escola, por meio da formação crítica de professores, da integração entre avaliação e ensino e do uso pedagógico dos dados, é um passo fundamental para transformar os resultados educacionais e combater as desigualdades estruturais. A avaliação, quando bem compreendida e utilizada, pode deixar de ser um instrumento de exclusão e se tornar uma aliada poderosa no processo de ensinar e aprender.

5. CONCLUSÃO

Esta dissertação teve como objetivo central compreender de que modo a estrutura das questões de matemática do PISA 2022, fundamentadas na TRI, influência na estimativa de proficiência e na interpretação das competências mobilizadas por estudantes do Distrito Federal. A partir de uma abordagem qualiquantitativa, buscou-se articular a análise teórica dos documentos que embasam o PISA e a TRI com os resultados obtidos na aplicação de cinco itens públicos a estudantes da rede pública e privada, promovendo uma reflexão crítica sobre o desempenho, as competências envolvidas e os fatores contextuais que afetam a aprendizagem matemática.

Os resultados revelaram disparidades marcantes entre os grupos, refletindo desigualdades estruturais já identificadas na literatura (Cunha; Heckman, 2007; Lima, 2020; Marinho-Araújo; Rabelo, 2015). A rede pública apresentou desempenho inferior em todos os itens, com maior frequência de omissões e acertos parciais, o que sugere não apenas lacunas de conteúdo, mas também dificuldades no engajamento com a lógica dos itens avaliativos do PISA, que demandam competências cognitivas mais elaboradas, como interpretação, argumentação e raciocínio lógico (OCDE, 2023).

Ao adotar a TRI como referencial analítico, foi possível evidenciar que a simples contagem de acertos não oferece uma medida precisa da proficiência dos estudantes. Acertos isolados em questões difíceis não foram considerados indicadores consistentes de alta competência, quando não acompanhados por acertos em questões mais simples, o que reforça a importância de padrões de resposta coerentes para a mensuração eficaz (Andrade et al., 2010). Dessa forma, o estudo contribui para ampliar a compreensão do papel da TRI na produção de diagnósticos mais justos e pedagogicamente significativos, superando limitações dos modelos clássicos de avaliação.

Outro achado relevante diz respeito à mobilização das competências matemáticas. Itens que envolviam proporcionalidade, volume, variação percentual e interpretação visual evidenciaram diferentes graus de domínio conceitual entre os grupos, mas também expuseram fragilidades comuns no desenvolvimento de habilidades mais complexas como a aplicação de conhecimentos em situações inéditas, a modelagem matemática e a resolução de problemas em contexto real (Soares e Andrade, 2019). Mesmo na rede privada, houve dificuldades em questões de nível 4, sinalizando que a aprendizagem matemática no Brasil ainda enfrenta desafios significativos, mesmo em contextos mais favorecidos.

É preciso reconhecer, no entanto, algumas limitações deste estudo. A amostra foi restrita a 40 estudantes do Distrito Federal, distribuídos igualmente entre rede pública e privada, o que impede a generalização dos resultados. Além disso, a aplicação dos itens ocorreu em um ambiente preparatório para vestibulares, o que pode ter interferido no comportamento dos estudantes frente à avaliação.

A ausência de entrevistas com os participantes e de observações em sala de aula também limitou a compreensão mais ampla dos fatores didáticos e socioemocionais que impactam a resolução das questões. Embora tenha havido uma escuta inicial com docentes da instituição, que apontaram desconhecimento sobre a TRI e insegurança quanto à preparação para avaliações de larga escala, a ausência de uma investigação sistematizada sobre suas percepções e práticas impede um aprofundamento necessário na formação docente, que se mostrou uma das fragilidades mais relevantes no percurso investigativo. Esse aspecto poderá ser objeto de futuros estudos.

Além das limitações metodológicas, é importante considerar possíveis vieses de interpretação dos resultados, como o efeito do ensino prévio, o contato prévio dos estudantes com avaliações semelhantes e a influência do ambiente de aplicação. A interpretação dos dados também esteve condicionada às características específicas dos itens aplicados, que embora representativos, não esgotam a diversidade de competências avaliadas pelo PISA.

Apesar dessas limitações, a presente pesquisa oferece contribuições relevantes para o campo da educação matemática e da avaliação educacional. Ao aproximar os conceitos da TRI da prática pedagógica, destaca-se a importância de compreender os processos avaliativos como ferramentas de transformação e não apenas como mecanismos de seleção ou classificação. A aplicação dos itens do PISA em contexto formativo mostrou-se viável e reveladora, tanto para diagnosticar competências quanto para orientar intervenções didáticas mais efetivas.

Entre as sugestões para estudos futuros, destaca-se a ampliação da amostra, incluindo estudantes de diferentes regiões do Brasil, o que possibilitaria análises comparativas mais amplas. Também seria pertinente realizar estudos longitudinais que acompanhem a evolução da proficiência matemática ao longo do tempo, com base na TRI. Ademais, investigações focadas exclusivamente na formação docente para a compreensão e uso da TRI se mostram necessárias. Como apontado por Silva (2017), muitos professores ainda apresentam dificuldades em compreender os fundamentos da TRI e em realizar a transposição didática desses princípios para a prática pedagógica, o que limita o uso qualificado da avaliação por competências no cotidiano escolar.

Por último, os resultados aqui apresentados podem ser inspiradores para o desenvolvimento de políticas públicas que articulem avaliação e equidade. A integração de itens do PISA ao planejamento pedagógico, a produção de materiais didáticos orientados por competências e a formação docente continuada com foco na avaliação formativa são caminhos possíveis para promover avanços na aprendizagem matemática e construir um sistema educacional mais justo e inclusivo.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, Edvone. *A Matemática no PISA: análise da Matriz de Referência e suas implicações para o ensino brasileiro*. Artigo apresentado no Grupo de Estudos e Pesquisas em Didática da Matemática – ENDIPE, 2020.
- ALVES, M. T. G.; SOARES, J. F.; XAVIER, F. P. Diferencial de desempenho entre jovens das escolas públicas e privadas: uma decomposição a partir dos microdados do Enem. *Anais do Encontro Nacional da ANPEC*, 2019. Disponível em: https://www.anpec.org.br/encontro/2019/submissao/files_I/i12-dc8dc01ae75a6d479e7127769ccb2d48.pdf. Acesso em: jul. 2025.
- ANDRADE, D. F. et al. *Teoria da resposta ao item: conceitos e aplicações*. São Paulo: Associação Brasileira de Estatística, 2010.
- ANDRADE, D. F.; KLEIN, R. M. Modelos de resposta ao item: teoria e aplicações. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 15, n. 1, p. 77-88, 1999.
- ANDRADE, D. F.; TAVARES, H. R. *Modelos da Teoria de Resposta ao Item: fundamentos e aplicações*. Brasília: INEP, 2005.
- BONAMINO, A. M. As reformas educacionais e a avaliação da educação: o caso do Brasil. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, n. 117, p. 9–43, jul. 2002.
- BOURDIEU, Pierre. Os três estados do capital cultural. In: NOGUEIRA, Maria Alice; CATANI, Afrânio (Orgs.). *Escritos de Educação*. Petrópolis: Vozes, 1998. p. 71-79.
- BRASIL. *Brasil no PISA 2015: análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros*. São Paulo: OCDE/Fundação Santillana, 2016.
- BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 15 maio 2025.
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). *Notas sobre o Brasil no PISA 2022*. Brasília, DF: INEP, 2023. Disponível em:

https://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2022/pisa_2022_brazil_prt.pdf. Acesso em: 15 maio 2025.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA): resultados nacionais – PISA 2009*. Brasília: O Instituto, 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular – BNCC. Brasília: MEC, 2019.

BROOKE, Nigel. O futuro das políticas de responsabilização educacional no Brasil. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, v. 36, n. 128, p. 377-401, 2006.

BROOKHART, Susan M. Avaliação formativa e de sala de aula. Tradução: Marcos Bagno. Porto Alegre: Penso, 2011.

CUNHA, F.; HECKMAN, J. J. The Technology of Skill Formation. *American Economic Review*, v. 97, n. 2, p. 31–47, 2007.

D'AMBROSIO, U. Educação matemática: da teoria à prática. Campinas: Papirus, 2002.

DALTON, D. L. et al. Avaliação Educacional: aspectos técnicos e metodológicos. Brasília: INEP, 2013.

DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna S. O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FREITAS, L. C. de. A avaliação como instrumento de exclusão. In: FREITAS, L. C. de (org.). *Avaliação: construindo o campo e avançando nas práticas*. São Paulo: Cortez, 2007.

FREITAS, L. C. de. *Avaliação educacional no Brasil: limitações e alternativas*. Campinas: Autores Associados, 2012.

GAL, I. Numeracy: conceptual framework for evidence-based practice. In: OECD. *Adult Literacy and Numeracy: Challenges for the New Millennium*. Paris: OECD, 2000.

GARCÍA, C. M. *Formação de professores: para uma mudança educativa*. Porto: Porto Editora, 2009.

HAMBLETON, R. K.; SWAMINATHAN, H.; ROGERS, H. J. *Fundamentals of Item Response Theory*. Newbury Park: Sage Publications, 1991.

INEP. *Relatório Brasileiro do PISA 2022*. Brasília: INEP, 2023.

LIMA, Paulo Vinícius Pereira de. *PISA: análises prospectivas e metodológicas de resultados sobre a área de Matemática no Distrito Federal (2003–2018)*. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Brasília, Faculdade de Educação, Brasília, 2020.

LUCKESI, C. C. *Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições*. 15. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

MARINHO-ARAÚJO, C. M.; RABELO, M. L. Avaliação educacional: a abordagem por competências. *Avaliação (Campinas)*, v. 20, n. 2, p. 443–466, jul. 2015.

MARTINS, Dalton Lopes. *Teoria da Resposta ao Item: fundamentos e aplicações em avaliações educacionais*. Brasília: INEP, 2020.

OCDE. *Infográfico PISA 2022 – Brasil*. Brasília: OCDE/MEC/INEP, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/avaliacao-internacional/pisa-2022>. Acesso em: 7 jun. 2025.

OCDE. *Resultados do PISA 2022: relatório Brasil*. Paris: OECD Publishing, 2023.

OLIVEIRA, K. L.; BORUCHOVITCH, E. Motivação para aprender, estratégias de aprendizagem e desempenho acadêmico. *Psicologia Escolar e Educacional*, v. 18, n. 1, p. 143–150, 2014.

PASQUALETTI, D. A Teoria da Resposta ao Item: Fundamentos e aplicações. São Paulo: Cortez, 2020.

PASQUALI, L. *Psicometria: teoria dos testes na psicologia e na educação*. Petrópolis: Vozes, 2009.

PERRENOUD, P. *Construir as competências desde a escola*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.

RAMOS, Maria das Graças; GONÇALVES, João Paulo. Formação docente em avaliação: práticas colaborativas e uso pedagógico de dados. *Revista Brasileira de Educação*, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 45-67, 2021.

SILVA, Eder Alencar. Transposição da Teoria da Resposta ao Item: uma abordagem pedagógica. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) — Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

SKOVSMOSE, O. Educação matemática e formação do cidadão. In: KNIJNIK, G. et al. (org.). *Educação matemática: pesquisa em movimento*. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

SOARES, J. F.; ANDRADE, D. F. A avaliação em larga escala como instrumento para políticas públicas educacionais. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, v. 27, n. 103, p. 262–285, 2019.

SOARES, José Francisco; XAVIER, Flávia; ALVES, Maria Teresa Gonzaga. *Desigualdades educacionais no Brasil: características, causas e caminhos de superação*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2019.

SOUZA, Adilson Roberto de. O PISA como instrumento de comparação e indução de políticas educacionais no Brasil. *Educação e Sociedade*, Campinas, v. 36, n. 132, p. 1015–1034, out./dez. 2015.

STUFFLEBEAM, D. L. The relevance of the CIPP evaluation model for educational accountability. *Journal of Research and Development in Education*, v. 5, n. 1, p. 19–25, 1971.

TORRES, F. C. *Uma aplicação da Teoria de Resposta ao Item em um Simulado de Matemática no Modelo ENEM*. 2015. 101 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

VEJA. Pisa 2022: Pandemia faz educação brasileira piorar ainda mais. *Veja*, São Paulo, 5 dez. 2023. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/educacao/pisa-2022-pandemia-faz-educacao-brasileira-piorar-ainda-mais>. Acesso em: 19 maio 2025.

ZABALA, Antoni; ARNAU, Laia. Como aprender e ensinar competências. Porto Alegre: Artmed, 2010. Capítulo 11: Avaliar competências é avaliar processos na resolução de situações-problema, p. 169-184.

ANEXOS

ANEXO A – QUESTÕES APLICADAS PARA ANÁLISE DA DISSERTAÇÃO

Simulado PISA 2022 - Matemática

Turma:

Instruções: Responda às questões a seguir com atenção. Utilize o espaço indicado para justificar quando necessário.

Questão 1

Uma roleta é dividida em 6 partes iguais, cada uma de uma cor diferente. Quando giramos a roleta muitas vezes, observamos o número de vezes que a seta para em cada cor.

À medida que o número de giros aumenta bastante, o que você espera acontecer com a porcentagem de vezes que a seta para em cada cor?

Questão 2

Um caminhão de mudança possui dimensões internas de 4m de comprimento, 2m de largura e 2m de altura.

As caixas médias têm dimensões de $0,5\text{m} \times 0,5\text{m} \times 0,5\text{m}$.

Quantas caixas médias cabem, no máximo, dentro desse caminhão, considerando que elas serão empilhadas de forma perfeitamente ajustada?

- (a) 64
- (b) 96
- (c) 128
- (d) 144

Questão 3

Entre os anos de 2008 e 2014, as vendas de DVDs no Reino Unido caíram de 252,9 para 124,9 milhões de unidades.

As vendas de DVDs caíram aproximadamente quantos porcentos (%) entre 2008 e 2014?

Questão 4

Roleta A: 2 setores iguais - 1 azul e 1 vermelho

Roleta B: 4 setores iguais - 2 azuis e 2 vermelhos

Um estudante afirma que a chance de a seta cair na cor azul é maior na roleta A. Você concorda com essa afirmação?

Justifique sua resposta com base na comparação das áreas.

Questão 5

Uma roleta tem 4 setores de tamanhos diferentes:

- Vermelho: 126°
- Verde: 18°
- Amarelo: ?
- Roxo: ?

Sabe-se que a porcentagem de vezes que a seta para no amarelo é de 40%, e no roxo é de 20%.

Calcule o valor aproximado dos ângulos das seções amarela e roxa.

ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Seu filho(a) está sendo convidado(a) a participar da pesquisa **“A Influência da Estrutura das Questões de Matemática do PISA 2022 na Avaliação das Competências Matemáticas e Desempenho dos Estudantes Brasileiros no Distrito Federal: Uma Análise Sob a Ótica da Teoria de Resposta ao Item (TRI)”,** de responsabilidade de **Leonardo Peixoto Silva**, coordenador/professor da 4K Vestibulares e mestrando em Educação Matemática pela Universidade de Brasília. O objetivo desta pesquisa é analisar a influência da estrutura das questões de matemática do PISA 2022, fundamentadas na TRI, na avaliação das competências matemáticas e do desempenho dos estudantes brasileiros no contexto do Distrito Federal (DF).

A coleta de dados será realizada por meio de *aplicação de cinco questões retiradas do PISA com os estudantes*. E é para este procedimento que seu filho(a) está sendo convidado/a participar. Você receberá todos os esclarecimentos necessários e lhe asseguro que o nome do seu filho (a) não será divulgado, sendo mantido o mais rigoroso sigilo mediante a omissão total de informações que permitam identificá-lo/a. Os dados provenientes da participação na pesquisa ficarão sob a guarda do pesquisador responsável.

Espera-se como BENEFÍCIOS que esta pesquisa possa auxiliar a compreender melhor os instrumentos que medem o desempenho dos estudantes, como forma de subsidiar intervenções mais efetivas no ensino de matemática.

A participação é voluntária e livre de qualquer remuneração ou benefício. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper sua participação a qualquer momento. A recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios.

Se você tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, você pode me contatar através dos telefones: **(61) 98631-3954**

Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com o/a pesquisador/a responsável pela pesquisa e a outra com você.

Assinatura do/da responsável

Documento assinado digitalmente
 LEONARDO PEIXOTO SILVA
Data: 14/05/2025 12:39:28-0300
Verifique em <https://validar.ipe.gov.br>

Assinatura do/da pesquisador/a

Brasília, 14 de maio de 2025