UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA
INSTITUTO DE QUÍMICA
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

LUCAS GUALBERTO PEREIRA

Ensino por investigação como fator associado ao desempenho de Ciências no PISA 2015: uma análise multinível

Orientador: Prof. Dr. André Machado Rodrigues

São Paulo
2021

LUCAS GUALBERTO PEREIRA

Ensino por investigação como fator associado ao desempenho de Ciências no PISA 2015: uma análise multinível

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP, nível mestrado, como requisito para o título de mestre em Ensino de Ciências. Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. André Machado Rodrigues

Versão Original

SÃO PAULO

2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Gualberto, Lucas

Ensino por investigação como fator associado ao desempenho de Ciências no PISA 2015: uma análise multinível. São Paulo, 2021.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Prof. Dr. André Machado Rodrigues
Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física – Estudo e ensino; 2. Avaliação de aprendizagem; 3. Ensino e aprendizagem; 4. Prática de ensino

USP/IF/SBI-082/2021

Agradecimentos

Primeiramente agradeço aos meus amados pais, Francisco e Matilde, por tudo que me proporcionaram até a chegada desse momento, sem eles eu não estaria aqui. Sem o esforço para que desde pequeno eu pudesse estudar em uma boa escola, com meu pai em trabalhando no pesado sem reclamar por um sonho de dar um futuro melhor pra mim e minha irmã. Por minha mãe que abdicou de trabalhar para poder se dedicar a nossa família, pelas noites em claro que ela passou correndo atrás de isenção em escola, me ajudando na lição de casa, pelo apoio e orações até essa fase na minha vida.

A minha irmã Michelly, pelo apoio e torcida para este sonho meu.

A todos(as) professores(as) e colegas e alunos(as) da educação básica e ensino superior ao qual eu tive contato, moldando meu perfil educador.

Ao Guilherme Bondezan e Walter Leopoldo, por serem as pessoas que mais contribuíram diretamente com esse trabalho. Principalmente pelas discussões de corredores e bandejões, que me permitiram ter um olhar diferente para determinados problemas que aqui nesse trabalho tento esclarecer.

Ao meu grande amigo, parceiro e irmão Rodolpho Leite, que está lado a lado comigo desde a primeira série do ensino fundamental até aqui no mestrado, 21 anos de caminhada juntos, dividindo todos os tipos de experiências, sofrimentos, alegrias e brigas.

Não menos importante que os outros, gostaria de agradecer de modo especial ao meu orientador André Machado Rodrigues. Por aceitar-me como estudante de iniciação científica, ajudando a seguir em frente e evoluir tanto academicamente, como pessoa e educador.

Por fim, diante dos desafios impostos pela pandemia, vontade de desistir, uma pessoa foi importantíssima para que eu terminasse esse trabalho, obrigado por todo carinho e incentivo, Fabiana Lima.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Essa dissertação segue o seguinte provérbio:

Nós começamos confusos,

e terminamos confusos

em um nível mais elevado.

Resumo

GUALBERTO, Lucas. **Ensino por investigação como fator associado ao desempenho de Ciências no PISA 2015: uma análise multinível**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – ênfase Física) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

A qualidade na educação é um tema atual e amplamente discutido no campo educacional, incluindo pesquisadores, gestores, professores e demais atores educacionais. A principal preocupação está relacionada com o desenvolvimento de políticas públicas que possibilitem condições para que todos os estudantes possam se desenvolver, independente dos obstáculos que existam, tanto de caráter social, quanto familiar e econômico. As avaliações externas desempenham um papel importante, pois operam como instrumento de gestão na melhoria da qualidade da educação. O Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA), no Brasil é tomado como instrumento externo de referência, por ser uma avaliação reconhecida internacionalmente. O PISA é apontado como um agente de grande influência para as políticas educacionais nacionais, por ser um parâmetro de qualidade estabelecido no PNE. No ensino de ciências, a qualidade pode ser representada pelo conceito de alfabetização científica e as discussões sobre ela aparecem em relação às diferentes práticas pedagógicas, como superar práticas que estão pautadas no ensino tradicional e engessado. O ensino por investigação é uma abordagem com uma extensa história na educação em ciências e busca alcançar a alfabetização científica dos estudantes abrangendo objetivos conceituais, sociais e epistêmicos. A literatura é inconclusiva sobre a eficácia das abordagens investigativas em potencializar a alfabetização científica dos estudantes, sendo uma questão a ser analisada. O objetivo dessa dissertação é identificar qual a associação entre o ensino por investigação e o desempenho dos estudantes na prova PISA 2015. Para a realização dessa pesquisa, realizaremos análises multiníveis através dos microdados do PISA 2015, disponíveis no site da OCDE e, para o tratamento dos dados, utilizamos o software R, com a interface R studio. Nossa análise mostra, entre outros resultados, que o indicador de práticas de ensino e aprendizagem de ciências baseadas em investigação (IBTEACH) possui uma associação negativa com o desempenho dos estudantes brasileiros. Ao analisar cada item que compõe o indicador, notamos uma associação positiva quando é explícita a participação do professor no processo. Em relação às práticas investigativas que não apresentam explícita participação e orientação do professor, notamos, em grande maioria, uma associação negativa com o desempenho dos estudantes.

Palavras-chave: PISA; Ensino por investigação; Análise multinível; Alfabetização científica; Práticas docentes.

Abstract

GUALBERTO, Lucas. **Teaching by Inquiry as a Factor Associated with Science Performance in PISA 2015: A Multilevel Analysis**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – ênfase Física) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

Quality in education is a current and widely discussed topic in the educational field, including researchers, managers, teachers and other educational actors. The main concern is related to the development of public policies in which conditions are possible for all students to develop, regardless of the existing objectives, whether social, family or economic. As external parties, they play an important role, as they operate as a management tool to improve the quality of education. The International Student Assessment Program (PISA) in Brazil is taken as an external reference instrument, as it is an internationally recognized assessment. PISA is appointed as an agent of great influence for national educational policies, as it is a quality parameter established in the National Education Plan. In science education, a quality is represented by the concept of scientific literacy and as a result it appears in relation to different pedagogical practices, such as overcoming the practices that are based on traditional and plastered teaching. Teaching by inquiry is an approach with a long history in science education and seeks to achieve scientific literacy of students covering conceptual, social and epistemic objectives, experiencing practices similar to those employed by scientists. In the literature, there is a certain inconsistency about the effectiveness of research approaches being better approaches to enhance the scientific literacy of students, which is an issue to be analyzed. The objective of this dissertation is to identify the association between teaching by investigation and student performance in the PISA 2015 test. To carry out this research, we will carry out multilevel analyzes using PISA 2015 microdata, available on the OECD website. For data processing, we use the R software, with an R studio interface. Our analysis shows that the indicator of research-based science teaching and learning practices (IBTEACH) has a negative association with the performance of Brazilian students. When analyzing each item that makes up the indicator, a positive association is noticed when the teacher's participation in the process is explicit. In relation to investigative practices that do not show explicit teacher participation and guidance, a negative association with student performance is mostly noticed.

Keywords: PISA; Teaching by inquiry; Multilevel analysis; Scientific literacy; Teaching practices.

Índice de figuras

Figura 1: Possíveis fontes para se tomar medidas de qualidade.....22
Figura 2: As inter-relações entre as dimensões da alfabetização científica no PISA.....35
Figura 3: Esquematização do indicador ESCS proposto pelo PISA.....56
Figura 4: Relação do desempenho na prova com a frequência relatada pelos estudantes quando o professor explica a aplicabilidade de uma ideia da ciência.....71
Figura 5: Relação do desempenho na prova com a frequência relatada pelos estudantes quando o professor explica a relevância dos conceitos científicos para suas vidas.....72
Figura 6: Relação do desempenho na prova com a frequência relatada pelos estudantes quando eles têm oportunidade de explicar suas ideias.....72
Figura 7: Relação do desempenho na prova com a frequência relatada pelos estudantes quando os mesmos passam o tempo no laboratório fazendo experimentos práticos.....73
Figura 8: Relação do desempenho na prova com a frequência relatada pelos estudantes quando são convidados a tirar conclusões de um experimento que realizaram.....74
Figura 9: Relação do desempenho na prova com a frequência relatada pelos estudantes quando os mesmos podem projetar seus próprios experimentos.....75
Figura 10: Relação do desempenho na prova com a frequência relatada pelos estudantes quando há um debate sobre investigações.....76
Figura 11: Relação do desempenho na prova com a frequência relatada pelos estudantes quando os estudantes são obrigados a discutir questões científicas.....76

Lista de tabelas

Tabela 1: Contexto da avaliação do letramento científico no PISA.....34
Tabela 2: Itens do índice IBTEACH.....60
Tabela 3: Tabela descritiva das variáveis presentes no modelo.....63
Tabela 4: Tabela descritiva da frequência das práticas pedagógicas relatadas pelos estudantes 64
Tabela 5: Dados do modelo de regressão multinível fechado.....68
Tabela 6: Dados do modelo de regressão multinível aberto.....69

Índice

Apresentação.....13
Capítulo 1 – INTRODUÇÃO.....15
1.1 Pergunta de pesquisa.....17
1.1.1 Ações de pesquisa.....18
Capítulo 2 – Qualidade na educação.....20
2.1 Qualidade no ensino de ciências.....23
2.1.1 Alfabetização científica.....23
2.1.2 Alfabetização científica no PISA.....28
Capítulo 3 – ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO.....37
3.1 Ensino por Investigação.....37
3.1.1 Ensino por investigação e a prática docente.....39
3.2 O ensino por investigação e a literatura inconclusiva.....41
3.2.1 Ensino por Investigação no PISA.....44
Capítulo 4 – METODOLOGIA.....47
4.1 Modelagem multinível.....47
4.2 Prova PISA.....50
4.3 Variável Resposta – desempenho dos estudantes.....52
4.4 Preditores.....54
4.4.1 Variáveis do nível estudante.....54
4.4.1.1 Indicador socioeconômico do PISA - ESCS.....54
4.4.1.2 Gênero dos estudantes.....56
4.4.2 Variáveis do nível escola.....56
4.4.2.1 Tipo de escola – SCHLTYPE.....56
4.4.3 Prática Pedagógica.....57
4.4.3.1 Indicador do suporte de professores em aulas de ciências - TEACHSUP 57
4.4.3.2 Indicador de instrução científica dirigida por professores - TDTEACH. .58
4.4.3.3 Indicador de feedback percebido - PERFEED.....58
4.4.3.4 Indicador de adaptação de instrução - ADINST.....59
4.4.3.5 Indicador de práticas de ensino e aprendizagem de ciências baseadas em investigação – IBTEACH.....59
4.5 Modelo Empírico.....61
Capítulo 5 – ANÁLISE DESCRITIVA.....63

5.1 Práticas investigativas avaliadas pelo PISA.....64
Capítulo 6 – RESULTADOS DOS MODELOS MULTINÍVEIS.....68
Capítulo 7 – DISCUSSÃO.....77
Capítulo 8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....81
Capítulo 9 – REFERÊNCIAS.....85

Apresentação

Durante toda a minha vida escolar, não diferente dos demais, fui submetido a diversos tipos de avaliações, que denominamos internas. Através de provas, seminários e trabalhos em grupos ou individual, era avaliado a minha aprendizagem sobre determinado assunto. Esses métodos para mim fazia sentido porque me mostrava pontos que eu era bom, como pontos que eu precisava evoluir para melhorar meu aprendizado.

Lembro-me de deparar com uma prova de larga escala quando estava no começo do primeiro ano do ensino médio. Minha escola se escreveu na XII Olímpiada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), em que ficava a cargo de cada estudante do ensino médio da escola escolher se gostaria de participar da prova. Nesse momento surgiu em mim um questionamento se de fato era justo avaliar todos os estudantes de maneira geral, pois a prova abordava todo o conteúdo do ensino médio. Eu e meus amigos estavam no primeiro ano ainda e não tivemos o conteúdo necessário para a realização da prova. Mesmo tendo esse questionamento, eu aceitava passivamente, pois se estavam avaliando escolas de todo o Brasil, o método deveria ser válido.

Nunca me considerei um bom aluno, nem era tido como inteligente até então, mas sempre me esforcei ao máximo, pois meus pais não mediam esforços para que eu conseguisse uma melhor educação. Algo que eles não tiveram devido a vida sofrida na infância, abdicando muitas vezes de estudar para ajudar no trabalho na roça. Eles viam em mim e na minha irmã uma fonte de realização do sonho deles que era ter tido a oportunidade de estudar. Ao sair o resultado dessa prova, de todos da minha escola, somente eu consegui atingir uma determinada pontuação, ganhando inclusive uma medalha de bronze da prova. Desse momento em diante, passei a ser considerado na escola um exemplo de estudante a ser seguido, com diversos elogios vindos por parte dos professores, da direção da escola e de colegas de classe.

Esse resultado da prova me chocou, porque diversos colegas meus que participaram da prova, ao qual eu considerava ter mais habilidades e capacidades de irem bem nas provas, não tiveram notas iguais a minha. E meus colegas de sala, que assim como eu, não tiveram grande parte do conteúdo cobrado na prova, não tiveram a capacidade de extrapolar aquilo que já haviam aprendido, fazendo-me perguntar qual a validade daquela prova e o que ela poderia me mostrar.

Ao chegar na universidade, questões sobre todo tipo de avaliação sempre me deixava perplexo, principalmente no período em que dei aula, pois além da tarefa árdua de avaliar o aprendizado do aluno, eu tinha que atender às cobranças da diretoria para fazer com que os alunos fossem melhores nas provas padronizadas. Dentro de todas essas angústias, em agosto de 2015 comecei a fazer iniciação científica na área de formação de professores com o Professor Doutor André Rodrigues, justamente para trabalhar com uma avaliação de larga escala, o Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade). No período de dois anos, pude estudar e entender todas as potencialidades que o Enade me proporciona para investigações na área de formação de professores, me mostrando pontos importantes que eu não fazia ideia que uma avaliação desse porte poderia me proporcionar. Contudo o Enade mostrou muitas limitações, sendo a maioria devida à má elaboração da prova e questionários contextuais.

No final desse período, comecei a realizar a matéria de introdução a pesquisa, e decidi investigar as validades e limitações de uma avaliação de larga escala. Porém, visto ser um trabalho de monografia, com tempo de duração de um ano, optei por fazer uma investigação sobre a maior e mais influente prova de larga escala, o PISA. Em paralelo à monografia, o debate sobre diferentes formas de organização escolar se aflorou, principalmente movido por propostas que iam surgindo como escola sem partido, a criação de uma Base Nacional Comum Curricular (BNCC), escolas inovadoras como projeto Âncora que se espelha na Escola da Ponte, entre outras. Todas essas propostas de organização escolar e do currículo têm como premissa melhorar a qualidade educacional e por isso acabam interferindo, diretamente e indiretamente, nas práticas dos professores em sala de aula.

Esses questionamentos iniciais em relação a avaliação externa em larga escala, a organização escolar e curricular e as práticas dos professores são as principais motivações do presente trabalho.

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO

No âmbito educacional, quando pensamos na qualidade do processo de ensino e aprendizagem, as avaliações externas desempenham um papel importante. Elas são utilizadas como instrumento de gestão na melhoria da qualidade da educação. Contudo, na maior parte dos casos, tais avaliações se reduzem às provas de proficiência, tendo como objetivo aferir se o estudante domina aquilo que ele deveria saber naquele momento da sua trajetória educacional. Klein e Fontanive (1995) compreendem as avaliações externas como ferramentas destinadas a criar um panorama que ajude na tomada de decisão do Estado, proporcionando a participação, em diferentes graus, dos profissionais da educação, em especial, dos professores. Silva (2020) mostra que existe uma gama de pesquisas no sentido de compreender a relação que os professores possuem com essas avaliações externas. Em geral, o principal desafio apontado se encontra na dificuldade de compreensão por parte dos professores em relação aos dados gerados a partir da prova, por ser demasiado complexo, indicando, em um primeiro momento, uma ineficiência do papel da avaliação externa. Portanto, se faz necessário, por parte de gestores e pesquisadores, desenvolver estratégias voltadas para o professor, não se limitando ao simples fornecimento de dados (ALAVARSE; BRAVO; MACHADO, 2013). É preciso, dentre outros aspectos, interpretar esses resultados provenientes das avaliações de larga escala, associados aos dados oriundos, particularmente do questionário contextual.

O Programa Internacional de Avaliação de Alunos (Programme for International Student Assessment, PISA), no Brasil é tomado como instrumento de referência, por ser uma avaliação reconhecida internacionalmente. O Brasil participa e coopera com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico ou Econômico - OCDE (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) que desenvolveu o programa em 1999. Pereira (2016) aponta para o PISA como um agente de grande influência para as políticas educacionais nacionais, por ser, por exemplo, um parâmetro de qualidade estabelecido no Plano Nacional de Educação (PNE). Sjøberg (2015) alerta para o impacto que o programa gera nas reformas curriculares ocorridas em diferentes países. Biesta (2015) mostra as potencialidades que a prova PISA trouxe, como um maior interesse e investimento na educação, busca de um melhor bem-estar social das pessoas. Domínguez, Vieira e Vidal (2012) concordam com Biesta mostrando que, devido a disponibilização dos bancos de dados

bem documentados e abertos, tornou-se uma grande ferramenta para pesquisadores do mundo inteiro.

Olhando para os primeiros relatórios gerados pela OCDE sobre os resultados do programa PISA, Pettersson e Molstad (2016) indicam que o professor é visto pela organização como sendo importante e crucial para a transformação e o desenvolvimento da qualidade da educação. No ensino de ciências, as relações entre os professores e os resultados extraídos das avaliações externas, principalmente no PISA, aparecem nas discussões sobre o conjunto de práticas que podem contribuir para a melhora do desempenho nessas provas. Principalmente, porque o ensino de ciências vem sendo instruído através de práticas tradicionais, lousa e giz, em que não há uma problematização do que é ensinado e as teorias e conceitos não são relacionados com o mundo real (MUNFORD; LIMA, 2007). Munford e Lima (2007, p.90) apontam que essas práticas não permitem realizar investigações sobre o objeto de estudo, fazendo com que os estudantes construam “representações inadequadas sobre a ciência como empreendimento cultural e social”.

Para superar práticas docentes que estão pautadas no ensino tradicional e engessado, é recorrente aparecerem propostas voltadas para a utilização de atividades investigativas. Falar em ensino por investigação remete a imagens diferentes do que é mais comum em sala de aula, o docente fazendo anotações no quadro e dando explicações, enquanto os estudantes copiam e escutam passivamente o professor explicar o conteúdo (MUNFORD; LIMA, 2007). Na literatura específica, temos diversos trabalhos que examinam o efeito da investigação em relação à aprendizagem dos estudantes e sua motivação para estudar ciência durante e depois de sua vida escolar. Hofstein e Lunetta (2004) constataram um impacto positivo da utilização de experimentos e laboratórios nas aulas sobre as atitudes e interesse dos estudantes em relação à ciência.

De acordo com DeBoer (2002), as atividades investigativas estão preocupadas em proporcionar o desenvolvimento da capacidade dos alunos para a resolução de problemas pessoalmente e socialmente relevantes, para o desenvolvimento intelectual pessoal e ainda funciona como dispositivo motivacional. Ainley e Ainley (2011) apontam o interesse e a satisfação como aspectos complementares e que estão conectados com a atividade de aprendizagem. Quando a satisfação em uma atividade de aprendizagem não está conectada com o conteúdo, os alunos com o tempo perdem o interesse e se desengajam. Segundo os autores, é possível observar isso quando há a introdução de novos meios desconectados da

atividade de aprendizagem em sala de aula, como, por exemplo, na introdução de novas tecnologias. Assim que a novidade do meio se esgota, os alunos voltam a se desengajar. Além disso, Ainley e Ainley (2011) concluem que os currículos que incorporam alguma preocupação com a satisfação em aprender, têm impacto no engajamento dos estudantes nas atividades científicas imediatamente disponíveis e nas atividades e interesses futuros.

Carvalho (2018) e Sasseron (2018) em análises dos trabalhos desenvolvidos no grupo em que coordenam juntas, intitulado Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (LAPEF), sustentam que atividades investigativas permitem que estudantes se alfabetizarem cientificamente. Para as autoras, essa metodologia abrange objetivos conceituais, sociais e epistêmicos, vivenciando práticas parecidas com as empregadas pelos cientistas. Por um lado, as meta-análises apontam associações positivas entre o ensino por investigação e o desempenho dos estudantes, principalmente se tiver uma orientação direta do professor (FURTAK et al., 2012; LAZONDER; HARMSEN, 2016). Por outro lado, Kirschner, Sweller e Clark (2006) apontam para o pouco impacto das abordagens construtivistas, inclusive as investigativas, sendo mais vantajosas abordagens que possuem forte orientação do professor. Existem ainda trabalhos correlacionais, derivados dos dados de provas de larga escala, indicando que o ensino por investigação está associado negativamente com o desempenho dos estudantes (LAU; LAM, 2017; CAIRNS, 2019; ADITOMO; KLIEME, 2020).

A literatura inconclusa sobre a eficácia das abordagens investigativas é uma questão a ser analisada. Nos parece que a utilização de abordagens de ensino mais abertas e baseadas em investigação possibilitam e criam espaços para desenvolver diferentes aspectos importantes na aprendizagem, pois possibilitam o protagonismo do estudante no próprio processo de aprendizagem. Entretanto, há uma controvérsia presente na literatura internacional, fazendo-se necessário um aprofundamento sobre o papel do ensino por investigação.

1.1 Pergunta de pesquisa

Estes questionamentos suscitam uma questão que será respondida neste trabalho: qual a associação entre o ensino por investigação e o desempenho dos estudantes no PISA 2015?

1.1.1 Ações de pesquisa

Como objetivos específicos são elencados três pontos que estão relacionados entre si e se tornarão o escopo do trabalho. Primeiramente é preciso entender as potencialidades e limitações do nosso instrumento de análise. Em que aspectos avaliações como o PISA permitem investigar a prática pedagógica como fator associado à qualidade educacional e como ele poderia medir a alfabetização ou letramento científico. No segundo objetivo específico, discutiremos a relação entre o ensino por investigação e a alfabetização científica. Mais especificamente, como as atividades investigativas proporcionam aos estudantes alfabetizar-se cientificamente. O terceiro e último objetivo específico se refere à relação entre os dois primeiros objetivos. Como o ensino por investigação aparece no PISA e quais aspectos podem estar associados ao desempenho.

Para a realização desse último objetivo, utilizaremos os microdados fornecidos pela OCDE e abriremos o índice de ensino por investigação proposto pelo programa PISA, a fim de encontrar mais informações que possam ajudar na análise dessa abordagem didática e o seu impacto no desempenho dos estudantes na edição de 2015. Para o tratamento dos dados, utilizaremos de inferências estatísticas, que são um conjunto de técnicas que tem como finalidade estudar uma determinada população através de evidências fornecidas por uma amostra dessa população (AGRESTI; FINLAY, 2012). Mais precisamente, faremos análises a partir de modelos de regressão linear multinível (HOX; MOERBEEK; SCHOOT, 2018; LAROS; MARCIANO, 2008; RAUDENBUSH; BRYK, 2002).

No segundo capítulo examinaremos o que geralmente se compreende como qualidade escolar em diferentes esferas. Além disso, a relação que ela possui atualmente com as avaliações de larga escala, instrumento que estamos utilizando para a realização dessa pesquisa, observando suas potencialidades e limitações. A partir dessa compreensão, estabelecemos de maneira mais concreta o que se compreende na educação científica como um ensino de qualidade, representado pelo conceito de alfabetização científica. Por fim, abordaremos como a alfabetização científica é conceitualizada no interior do PISA.

No terceiro capítulo discutiremos as várias perspectivas do ensino por investigações presentes na literatura, tanto nacional como internacional. Durante essa revisão, indagaremos as diferenças e semelhanças entre a ciência praticada em sala de aula e a ciência do cientista e

depois apresentaremos resultados de trabalhos quase experimentais e correlacionais. Por último, abordaremos como o programa PISA define o ensino por investigação.

No capítulo 4 é tratado a modelagem da pesquisa. Primeiro é feito uma explicação do modelo de regressão adotado, o modelo multinível, e porque não simplesmente o modelo clássico de regressão linear. Subsequentemente será feita uma breve discussão sobre o PISA. Por fim será descrito as variáveis utilizadas nos modelos, começando pela variável resposta, desempenho dos estudantes, que é feita através de valores plausíveis, imputações múltiplas. As variáveis explicativas foram divididas em 3 categorias, variáveis relacionadas aos estudantes, variáveis de nível escolar e as variáveis relacionadas à prática docente.

No capítulo 5 será apresentado a análise descritiva dos dados dos estudantes brasileiros que participaram da prova do PISA 2015. Adiante, é apresentada uma análise descritiva mais detalhada dos itens que compõem o índice de ensino por investigação, mostrando a frequência em que cada prática é realizada pelos professores em sala de aula no país, de acordo com as informações relatadas pelos estudantes.

O capítulo 6 exibirá as análises dos modelos de regressão multinível. Posterior a isso, será detalhado qual é a associação de cada prática investigativa relatada no programa PISA com o desempenho dos estudantes brasileiros.

Por fim, no capítulo 7 será tecida uma discussão sobre os resultados gerados a partir das análises descritivas e dos modelos de regressão. Realizaremos ponderações sobre cada prática investigativa investigada pelo programa PISA, sua utilização por parte dos professores brasileiros e possível associação de cada uma com o desempenho dos estudantes.

Por último, no capítulo 8 será sintetizado todas as contribuições geradas por esta pesquisa, bem como as limitações presentes no trabalho.

Capítulo 2 – Qualidade na educação

A qualidade na educação é um tema atual e amplamente discutido no campo educacional, incluindo pesquisadores, gestores, professores e demais atores educacionais (FERNANDES, 2020). A principal preocupação está relacionada com o desenvolvimento de políticas públicas que possibilitem condições para que todos os estudantes possam se desenvolver, independente dos obstáculos que existam, tanto de caráter social, familiar, quanto econômico (SOUZA, 2019). Em outras palavras, há a busca por uma melhora da qualidade da educação e, ao mesmo tempo, pelo desenvolvimento de sistemas equitativos (TRAVITZKI, 2017).

Tem se criado um consenso de que o principal problema da educação básica brasileira atualmente é sua *qualidade*. Franco (2008) aponta que essa preocupação com a qualidade da educação não é uma questão que atinge apenas o Brasil. Segundo o autor, tanto países em desenvolvimento – que apresentam altas taxas de analfabetismo, distorção entre idade e série, abandono escolar, elevado número de crianças e jovens fora das escolas e condições precárias de ensino – quanto países desenvolvidos buscam a melhora da qualidade de seus sistemas de ensino. A autora aponta para o impacto da qualidade educacional em fatores como o crescimento da economia, a produtividade de cada indivíduo, a diminuição da criminalidade, o fortalecimento da democracia e a redução das desigualdades sociais.

No âmbito nacional o conceito de qualidade é polissêmico (DOURADO; OLIVEIRA; SANTOS, 2007; DOURADO; OLIVEIRA, 2009; FONSECA, 2009; GUSMÃO, 2010; TRAVITZKI, 2013; FERNANDES, 2020; ANDRADE, et al, 2021), podendo ser compreendido e posto em prática de diferentes maneiras. Dourado e Oliveira (2009) argumentam que a qualidade é um conceito histórico, está sempre em transformação para atender as demandas e exigências impostas por diferentes visões de mundo. Um exemplo dessa polissemia está presente nas atuais discussões sobre a ampliação do ensino remoto, intensificado ainda mais com a pandemia do COVID-19, em que o conceito de qualidade assume novos significados (ANDRADE, et al, 2021). Gusmão (2010), ao examinar os consensos e diversidade de significados da *qualidade educacional brasileira*, indica duas grandes vertentes. A primeira é uma qualidade da educação definida mediante a capacidade cognitiva dos estudantes, mensurada através dos resultados de provas padronizadas. A segunda, está associada a uma perspectiva democrática de direito público à educação,

englobando diversos fatores na qualidade, embora a aprendizagem se mantenha como um elemento central.

A preocupação com a qualidade, segundo Gusmão (2010, p.31), surgiu como movimento subsequente a expansão do acesso à escola:

> A tensão entre qualidade e quantidade, ou entre ampliação do acesso à escola versus a manutenção de uma qualidade pedagógica, gerou polêmicas durante todo o século XX, especialmente em sua segunda metade. Azanha (2004), ao examinar as "vicissitudes dos esforços de democratização" da educação no Brasil, parte de alguns marcos históricos, datados desde 1920, para mostrar que ações com vistas à ampliação das vagas escolares sofreram grande resistência social, inclusive do magistério e de estudiosos da educação, com a alegação de que a expansão traria consigo uma perda na qualidade de ensino".

Gusmão (2010) atribui três significados dominantes de qualidade da educação historicamente estabelecidos no Brasil. O primeiro dominou até a década de 1980, em que a qualidade estava associada à expansão da educação e sua universalização. O segundo significado passou a ser predominante a partir da década de 1980, quando não bastava ter acesso à escola, era importante ter mecanismos que garantisse a permanência dos estudantes. Com políticas de garantia de acesso à educação e a diminuição das taxas de evasão, era preciso um novo parâmetro para mensurar a qualidade de um sistema educacional. Esse parâmetro acabou sendo a capacidade cognitiva dos estudantes derivadas dos resultados de provas de larga escala, o principal significado de qualidade educacional atualmente.

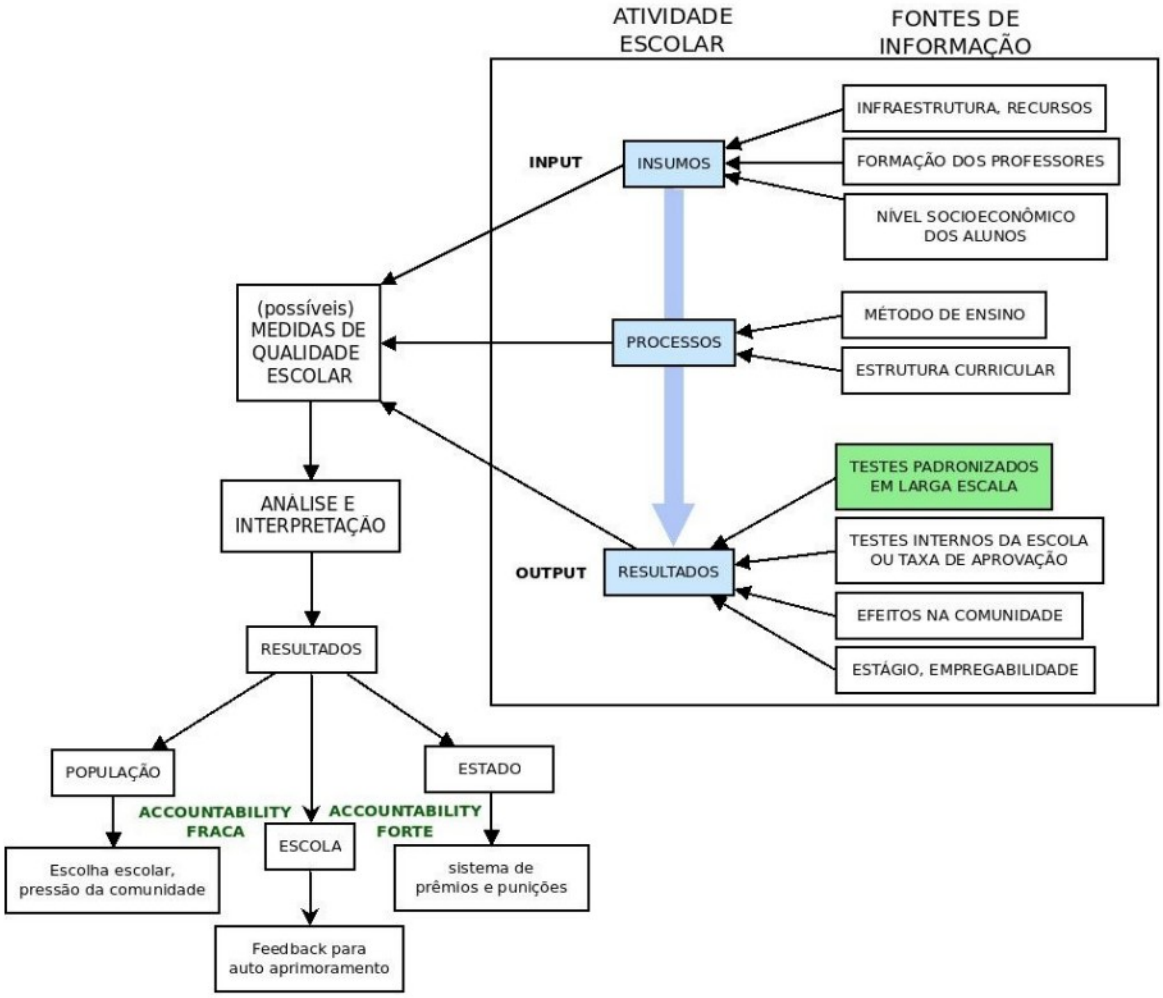
Gusmão (2010) afirma que no magistério se encontra muita resistência à utilização dos resultados das provas de larga escala, principalmente por não ser uma prática da nossa cultura escolar. Porém, em contraste, ela argumenta que não se tem outra maneira viável para a medição da qualidade educacional. Além disso, ainda segundo a autora, as avaliações de larga escala permitiram identificar que as desigualdades não desapareceram com o processo de ampliação dos sistemas educacionais.

As avaliações de larga escala surgem com objetivo de mensurar a qualidade da educação, seja por meio do desempenho dos estudantes, escolas ou mesmo países. O investimento nessas provas de larga escala muitas vezes se dá pela sedução do número, em que parece fornecer informações claras e inequívocas; melhor educação para uma melhor economia; medo gerado pelos ranks internacionais de ficar para trás em relação a outros países; e pela ideia de justiça social, na qual, ao conhecermos como os sistemas educacionais

funcionam e como eles desempenham em comparação uns com os outros, podemos trabalhar para a igualdade de oportunidades (BIESTA, 2015).

Embora as provas padronizadas sejam atualmente o principal controle da qualidade da educação, é evidente que torná-las o único instrumento de verificação da qualidade pode empobrecer as ações educativas. Mesmo sendo prático trabalhar com apenas um indicador de qualidade único a fim de saber com precisão se o objetivo definido está sendo atingido, a legitimidade do mesmo é posta em questão, por causa da polissemia do conceito de qualidade (TRAVITZKI, 2013). Adotando as avaliações externas como apenas um tipo de medida da qualidade dentre vários outros, Travitzki (2013) constrói um quadro que ilustra as possíveis fontes de informações presentes no contexto escolar e que podem servir para a construção de indicadores de qualidade e sua utilização em políticas de responsabilização.

***Figura 1**: Possíveis fontes para se tomar medidas de qualidade*



Fonte: TRAVITZKI (2013, p. 78)

Múltiplos indicadores são essenciais para que os estudantes, mesmo em desvantagem em uma avaliação, consigam demonstrar evidências alternativas de que possuem determinado conhecimento. O surgimento de indicadores de qualidade na educação é um fato positivo, pois visa ir além dos juízos sem embasamento. Contudo, é preciso ter cuidado ao utilizá-los, já que enaltecê-los demasiadamente pode trazer consequências problemáticas, tanto na área educacional, quanto na sociedade (TRAVITZKI, 2013).

Pereira (2016) aponta o PISA como um programa de grande influência para as políticas educacionais, por ser um parâmetro de qualidade estabelecido no PNE. A autora indica que é possível atingir essa qualidade através da equidade e da mudança no comportamento dos indivíduos, reduzindo as adversidades e acarretando em um ensino de excelência. Dado a complexidade de se conceitualizar *qualidade*, nas próximas seções examinaremos como essa questão é tratada na educação científica e no PISA.

2.1 Qualidade no ensino de ciências

Questões relacionadas à qualidade no ensino de ciências podem ser compreendidas olhando para a sua história e os esforços empregados ao longo do tempo para atender os objetivos educacionais. Atualmente, espera-se que o ensino de ciência possa proporcionar, tanto a compreensão da natureza, quanto a promoção de estudantes alfabetizados cientificamente para que possam participar de uma sociedade cada vez mais tomada pela ciência e tecnologia, a fim de contribuir com as decisões de cunho científico que afetam a população e que possa contribuir para o desenvolvimento da cidadania e o progresso da sociedade (DEBOER, 2000; SANTOS, 2007; SASSERON; CARVALHO, 2011; OECD, 2016). Portanto, a busca da qualidade no ensino de ciências é posta por um ensino que desenvolva um *estudante alfabetizado cientificamente.*

2.1.1 Alfabetização científica

O conceito de alfabetização científica na literatura é muito difuso e vem ganhando muita popularidade, embora possua uma definição muito abrangente (DEBOER, 2000;

SANTOS, 2007; SASSERON; CARVALHO, 2011). DeBoer (2000) aponta que há uma grande dificuldade em defini-lo, não há um consenso em relação ao termo e isso dificulta compreender a educação científica como um todo, pois muitos classificam a alfabetização científica como um resultado desejado dela.

O trabalho de Deboer (2000) nos traz um olhar diferente para o termo, mostrando seus significados ao longo do tempo e a relação dele com as reformas que foram empregadas na educação científica, especialmente nos Estados Unidos. Antes do aparecimento do termo na década de 1950, Deboer aponta que a ciência se tornou parte do currículo escolar durante o século XIX, apoiados por cientistas e filósofos famosos da época como Spencer, Faraday e Eliot. Tais personalidades expressavam a necessidade de formar uma sociedade democrática capaz de participar de forma plena e efetiva em um mundo que estava se tornando cada vez mais dominado pela tecnologia e ciência. Outro ponto que se argumentava em favor do ensino escolar de ciência, era o fato dele proporcionar um novo modo de pensar, diferente das demais disciplinas que permeavam a educação daquela época, que apresentavam uma lógica dedutiva.

Segundo o mesmo autor, até a metade do século XX, a evolução no conhecimento científico era visto como uma força cultural poderosa que estava relacionada diretamente com o progresso humano. Comitês e defensores da educação científica se apoiavam nessas justificativas, a fim de convencer a população de que de fato os estudantes deveriam aprender ciências. Entretanto com o fim da Segunda Guerra Mundial, foi posto que o desenvolvimento da ciência junto com a tecnologia não teria uma relação direta com o progresso humano, e que talvez essa relação poderia ser inversa, como aponta o comitê Yearbook NSSE (1947, apud DEBOER, 2000, p. 584):

> A perspectiva atual é que, independentemente do modo de atuação, a própria ciência pode ser o fim da empresa humana. A crença no progresso social, de que a ciência quase sempre foi vista como a causa efetiva, chegou a um estado baixo em nosso tempo. Poucas pessoas … já acredito que a humanidade está avançando na direção de um objetivo desejável. Mesmo a esperança de que isso seja tão rápido está diminuindo rapidamente ... De fato, a segurança, a paz de espírito, a lealdade, a amizade, a bondade e as atitudes gerais associadas à fraternidade do homem parecem estar se tornando menos à medida que a ciência avança (tradução nossa)[1].

1 O trecho original é: The present prospect is that, no matter what its way of working may be, science may itself be the end of the human enterprise. The belief in social progress, of which science has nearly always been viewed as the efficient cause, has come to a low state in our time. Few people ... any longer believe that mankind is moving forward in the direction of a desirable goal. Even the hope that this might be so is rapidly waning ... Indeed, security, peace of mind, loyalty, friendship, kindliness, and the general attitudes associated with the brotherhood of man appear to be becoming less as science moves forward.

Portanto, essa relação ambígua entre ciência e sociedade produziu um olhar diferente sobre o ensino de ciência, em que a população precisava do conhecimento científico e habilidades para poder tomar decisões que afetariam aquela sociedade, saber avaliar benefícios e riscos que a ciência e tecnologia poderiam proporcionar para eles. DeBoer (2000, p.586) argumenta que a educação científica nos EUA era defendida com base em preocupações de segurança nacional, principalmente devido ao progresso científico soviético, que ficou comprovado depois do lançamento do Sputnik. Porém muitos educadores tinham uma visão diferente do objetivo da educação científica, que era tornar o cidadão apto a participar e atuar na sociedade. Com essa visão, em 1958, Paul DeHart Hurd utiliza pela primeira vez o termo alfabetização científica para se referir aos novos objetivos da educação científica:

> [...] Hurd expressou um profundo sentimento de urgência por causa da rapidez com que o mundo estava mudando, uma preocupação que ultrapassava os medos imediatos sobre o Sputnik e a crença de que essas mudanças exigiam uma nova abordagem da educação (tradução nossa)[2].

Em sua revisão do conceito na literatura da área de didáticas da ciências, as autoras Sasseron e Carvalho (2011) também apontam em seu trabalho Hurd como o primeiro a utilizar o termo, apesar de o próprio citar autores anteriores a ele como o caso de Francis Bacon (1620), Thomas Jefferson (1798), Herbert Spencer (1859) e James Wilkinson (1847) que corroboravam com ideias ligadas ao que ele intitulou como alfabetização científica. Nesse período começaram a surgir os grandes projetos curriculares como o Physical Science Study Committee (PSSC), o Biological Science Curriculum Studies (BSCS) e o Chemical Bond Approach (CBA), com a participação de muitos pesquisadores e educadores, que ao nosso ver, preocupados em conceber uma nova abordagem para a educação, apoiaram-se no termo alfabetização científica para tentar estruturar uma nova visão sobre a educação, proporcionando assim uma confusão sobre sua definição. Isso fica evidente quando Deboer (2000) expõe em seu trabalho que Richard McCurdy no mesmo ano em que Hurd utiliza o termo, usa-o com outro sentido para contrastar do termo alfabetização tecnológica[3], pedindo uma nova abordagem no ensino de ciências, alegando que o ensino deva se afastar de uma ênfase tecnológica que vinha sendo apropriada devido às pessoas reconhecerem mais facilmente as contribuições dos cientistas. Ele propõe um ensino que visa tratar da história e

2 O trecho original é: Hurd expressed a deep sense of urgency because of how fast the world was changing, a concern that went far beyond the immediate fears about Sputnik, and a belief that these changes necessitated a new approach to education.

3 O termo original utilizado foi o Technological Literacy.

das realizações da ciência, além de enfatizar as raízes culturais, os objetivos da ciência e as diferentes formas que possam afetar a nossa compreensão sobre o mundo.

As autoras Sasseron e Carvalho (2011), fazem em seu trabalho uma revisão do conceito de alfabetização científica. O primeiro obstáculo apontado pelas autoras está na própria definição do termo, pois é um conceito polissêmico e não há um consenso em sua definição. Na língua espanhola o termo utilizado por autores para uma ciência preocupada com a formação cidadã dos estudantes, a fim de desenvolver habilidades e competências que permitam participar ativamente na sociedade é *Alfabetización Científica*. Já na língua inglesa o termo utilizado para o mesmo objetivo é *Scientific Literacy*, enquanto que na língua francesa o termo aparece como *Alphabétisation Scientifique*. Porém quando analisado na língua portuguesa, além do termo não ter uma definição clara, surge o problema da tradução. A tradução inglesa vem sendo posta como letramento científico, enquanto que as traduções da língua espanhola e francesa estão sendo postas como *alfabetização científica*. Na revisão bibliográfica nacional, diversos autores utilizam essas duas expressões, porém ainda existem aqueles que utilizam o termo *enculturação científica* (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Apesar de seus significados serem parecidos, cada autor defende uma expressão baseada em alguns pressupostos. Os autores que defendem o termo enculturação científica partem do pressuposto de que a ciência é mais uma cultura dentre muitas que os estudantes têm direito, como a religião, histórica e social (SASSERON; CARVALHO, 2011). De acordo com Sasseron e Carvalho (2011), os autores que defendem o letramento científico optam pelo termo partindo da definição de Angela Kleiman e Magda Soares, duas pesquisadoras da linguística. Enquanto que para Santos (2007) letramento científico refere-se a alguém que se dedica e realiza práticas sociais que utilizam a escrita e a leitura. Ainda de acordo com o autor, o termo alfabetização científica tem sido utilizado com um sentido mais limitado que o letramento, simplesmente para a ação de ler e escrever cientificamente. Em outras palavras, seguindo essa definição uma pessoa pode ser alfabetizada e não letrada, ou seja, não consegue compreender o significado das informações relacionadas a ciência em que é posta em contato. Por outro lado, as autoras Sasseron e Carvalho (2011) utilizam a expressão *alfabetização científica* apoiadas na concepção de *alfabetização* proposto por Paulo Freire, onde o termo significa não somente o domínio psicológico e mecânico de escrever e ler, mas o uso consciente deste, em que mediatizado pelo mundo permite a significação e construção dos

saberes. Resumidamente, Santos (2007) e Sasseron e Carvalho (2011) atribuem significados inversos para os termos letramento científico e alfabetização científica.

Embora como já supracitado que o termo possui diferentes definições e vertentes, Sasseron e Carvalho mostram na sua revisão que muitos autores convergem e enxergam três dimensões para a alfabetização científica, embora cada um define da sua maneira. Laugksch (2000[4], apud SASSERON; CARVALHO, 2011) define estas três dimensões como o entendimento da natureza da ciência; a compreensão de termos e conceitos-chave das ciências; e, o entendimento dos impactos das ciências e suas tecnologias. Já Shamos (1995[5], apud SASSERON; CARVALHO, 2011) define-as como cultural, funcional e verdadeira. O autor Rodger Bybee (1995[6], apud SASSERON; CARVALHO, 2011) define uma ideia semelhante à Shamos, sendo essas três extensões como alfabetização científica funcional, alfabetização científica conceitual e procedimental e alfabetização científica multidimensional.

Apesar de a alfabetização científica ter uma definição bastante complexa, para nós fica claro que o termo vem sofrendo mudanças ao longo do tempo a fim de tentar definir um currículo que almeje a ciência em relação à tecnologia e a sociedade. O próprio autor DeBoer (2000, p.582) defende que por ser um termo abrangente, ele acaba tornando-se um mero *slogan* para falar sobre a educação científica como um todo:

> [...] Alguns escritores admitiram que não pode ser mais do que um slogan útil para reunir educadores para apoiar mais e melhor ensino de ciências (Bybee, 1997). Se isso é verdade, então falar de alfabetização científica é simplesmente falar da própria educação científica (tradução nossa)[7].

Uma das questões mais problemáticas aparece quando as reformas educacionais partem do termo *alfabetização científica*, pois não sendo um termo bem definido, os objetivos destas reformas tornam-se vagos e imprecisos (DEBOER, 2000). Visto que o programa PISA tem um grande impacto nas reformas curriculares no mundo (BIESTA, 2015; SJøBERG, 2015), na próxima seção iremos ver como esse conceito está estruturado no programa e como é reportado o desempenho dos estudantes em suas escalas de proficiência.

---

4 Laugksch, R.C. (2000). Scientific Literacy: A Conceptual Overview, **Science Education**, v.84, n.1, p.71-94.

5 Shamos (1995): The Myth of Scientific Literacy. New Brunswick, **NJ**: Rutgers University Press.

6 Bybee, R.W. (1995). Achieving Scientific Literacy, **The Science Teacher,** v.62, n.7, p.28-33.

7 O trecho original é: Some writers have even admitted that it may be no more than a useful slogan to rally educators to support more and better science teaching (Bybee, 1997). If that is true, then to speak of scientific literacy is simply to speak of science education itself.

2.1.2 Alfabetização científica no PISA

Para definir a alfabetização científica a OECD (2016a, p.18) coloca como conceitos centrais ciência e tecnologia, no qual o primeiro conceito busca entender o mundo natural enquanto que o segundo, busca soluções para enfrentar problemas permitindo melhorar a vida das pessoas:

> A alfabetização científica é importante nos níveis nacional e internacional, pois a humanidade enfrenta grandes desafios ao fornecer água e alimentos suficientes, controlar doenças, gerar energia suficiente e se adaptar às mudanças climáticas (UNEP, 2012). Muitas dessas questões surgem, no entanto, no nível local, onde os indivíduos podem ser confrontados com decisões sobre práticas que afetam seus próprios suprimentos de saúde e alimentos, o uso adequado de materiais e novas tecnologias e decisões sobre o uso de energia. **Lidar com todos esses desafios exigirá um grande contributo da ciência e da tecnologia**. No entanto, como argumenta a Comissão Europeia, as soluções para os dilemas políticos e éticos envolvendo ciência e tecnologia "não podem ser objeto de debate informado, a menos que os jovens possuam alguma consciência científica" (Comissão Europeia, 1995: 28). Além disso, "isso não significa transformar todos em um especialista científico, mas capacitá-los a cumprir um papel esclarecido na escolha de eleições que afetam seu meio ambiente e compreender em termos gerais as implicações sociais dos debates entre especialistas" (ibid.:28). Dado que o conhecimento da ciência e da tecnologia baseada na ciência contribui significativamente para a vida pessoal, social e profissional dos indivíduos, **uma compreensão da ciência e da tecnologia é, portanto, fundamental para a "preparação para a vida" de um jovem** (tradução nossa, grifo nosso)[8].

De acordo com a OCDE, para uma pessoa ser alfabetizada cientificamente ela precisa possuir os conceitos e teorias da ciência e o pensamento científico e tecnológico. Além disso, precisa saber como esse conhecimento surgiu, os procedimentos e práticas ligadas à

8 O trecho original é: Scientific literacy matters at both the national and international levels as humanity faces major challenges in providing sufficient water and food, controlling diseases, generating sufficient energy and adapting to climate change (UNEP, 2012). Many of these issues arise, however, at the local level where individuals may be faced with decisions about practices that affect their own health and food supplies, the appropriate use of materials and new technologies, and decisions about energy use. Dealing with all of these challenges will require a major contribution from science and technology. Yet, as argued by the European Commission, the solutions to political and ethical dilemmas involving science and technology "cannot be the subject of informed debate unless young people possess certain scientific awareness" (European Commission, 1995: 28). Moreover, "this does not mean turning everyone into a scientific expert, but enabling them to fulfil an enlightened role in making choices which affect their environment and to understand in broad terms the social implications of debates between experts" (ibid.: 28). Given that knowledge of science and science-based technology contributes significantly to individuals' personal, social, and professional lives, an understanding of science and technology is thus central to a young person's "preparedness for life".

investigação científica e os riscos que ele possa causar à população, sabendo pesar benefícios e riscos potenciais de se utilizar o conhecimento científico tanto em si próprio como para a sociedade. Em outras palavras, o indivíduo alfabetizado cientificamente precisa possuir e usar desse conhecimento científico para explicar e tirar conclusões sobre questões que estejam relacionadas a ciência, compreendê-la como forma de conhecimento e investigação humana, além de ter consciência que tanto a ciência como a tecnologia moldam nosso mundo, seja em questões materiais, culturais ou intelectuais. Além disso, ele precisa estar disposto a se envolver em questões relacionadas à ciência (OECDb, 2016).

De maneira parecida com o que encontramos na literatura, a definição do termo no PISA não aparece tão bem definida, fazendo com que a cada ciclo da prova, o conceito sofra modificações para melhor se adequar aquilo que os organizadores classificam como uma pessoa cientificamente alfabetizada. Nos dois primeiros ciclos, de 2000 e 2003, o letramento científico foi medido através do conhecimento científico, que significa a competência em utilizar o pensamento científico para resolver determinado problema da esfera social do ser humano. No ciclo de 2006[9], para uma melhor definição, o termo conhecimento científico foi dividido em dois termos, sendo estes o conhecimento do conteúdo da ciência e o conhecimento sobre ciência. Vale a pena destacar que a partir da edição de 2006 o programa PISA colocou como fator determinante de uma pessoa alfabetizada cientificamente, o conhecimento da relação entre ciência e tecnologia. Nos ciclos de 2009 e 2012 a definição praticamente se manteve a mesma, até a edição de 2015, em que o foco novamente da prova era ciências. A maior mudança apontou para uma definição melhor do conceito de conhecimento sobre ciências que foi dividido em duas novas definições de conhecimentos, sendo elas conhecimento procedimental e conhecimento epistemológico. Portanto, os conhecimentos avaliados pelo PISA em 2015 foram o conhecimento do conteúdo da ciência, conhecimento procedimental e conhecimento epistemológico (OECDb, 2016).

O conhecimento do conteúdo da ciência é o entendimento que os alunos têm sobre conceitos, fatos e teorias postos pela ciência a respeito do mundo. A OECD (2016a, p.26) nos mostra as categorias do conhecimento do conteúdo da ciência e exemplos que possam ser aplicados na prova a fim de medir a alfabetização científica do estudante:

> **Sistemas físicos que requerem conhecimento de:**
> • Estrutura da matéria (por exemplo, modelo de partículas, ligações)
> • Propriedades da matéria (por exemplo, mudanças de estado, condutividade térmica e elétrica)

9 2006 foi a primeira vez que o domínio em ciências de fato foi o foco da prova

• Mudanças químicas da matéria (por exemplo, reações químicas, transferência de energia, ácidos / bases)
• Movimento e forças (por exemplo, velocidade, fricção) e ação à distância (por exemplo, forças magnéticas, gravitacionais e eletrostáticas)
• Energia e sua transformação (por exemplo, conservação, dissipação, reações químicas)
• Interações entre energia e matéria (por exemplo, ondas de luz e de rádio, ondas sonoras e sísmicas)
Sistemas vivos que requerem conhecimento de:
• Células (por exemplo, estruturas e função, DNA, planta e animal)
• O conceito de um organismo (por exemplo, unicelular e multicelular)
• Humanos (por exemplo, saúde, nutrição, subsistemas como digestão, respiração, circulação, excreção, reprodução e sua relação)
• Populações (por exemplo, espécies, evolução, biodiversidade, variação genética)
• Ecossistemas (por exemplo, cadeias alimentares, matéria e fluxo de energia)
• Biosfera (por exemplo, serviços ecossistêmicos, sustentabilidade)
Sistemas terrestres e espaciais que requerem conhecimento de:
• Estruturas dos sistemas terrestres (por exemplo, litosfera, atmosfera, hidrosfera)
• Energia nos sistemas terrestres (por exemplo, fontes, clima global)
• Mudança nos sistemas terrestres (por exemplo, tectônica de placas, ciclos geoquímicos, forças construtivas e destrutivas)
• História da Terra (por exemplo, fósseis, origem e evolução)
• Terra no espaço (por exemplo, gravidade, sistemas solares, galáxias)
• A história e a escala do universo e sua história (por exemplo, ano-luz, teoria do Big Bang) (tradução nossa)[10].

---

10 O trecho original é: **Physical systems that require knowledge of**:
• Structure of matter (e.g. particle model, bonds)
• Properties of matter (e.g. changes of state, thermal and electrical conductivity)
• Chemical changes of matter (e.g. chemical reactions, energy transfer, acids/bases)
• Motion and forces (e.g. velocity, friction) and action at a distance (e.g. magnetic, gravitational and electrostatic forces)
• Energy and its transformation (e.g. conservation, dissipation, chemical reactions)
• Interactions between energy and matter (e.g. light and radio waves, sound and seismic waves)
Living systems that require knowledge of:
• Cells (e.g. structures and function, DNA, plant and animal)
• The concept of an organism (e.g. unicellular and multicellular)
• Humans (e.g. health, nutrition, subsystems such as digestion, respiration, circulation, excretion, reproduction and their relationship)
• Populations (e.g. species, evolution, biodiversity, genetic variation)
• Ecosystems (e.g. food chains, matter and energy flow)
• Biosphere (e.g. ecosystem services, sustainability)
Earth and space systems that require knowledge of:
• Structures of the Earth systems (e.g. lithosphere, atmosphere, hydrosphere)
• Energy in the Earth systems (e.g. sources, global climate)
• Change in Earth systems (e.g. plate tectonics, geochemical cycles, constructive and destructive forces)
• Earth's history (e.g. fossils, origin and evolution)
• Earth in space (e.g. gravity, solar systems, galaxies)
• The history and scale of the universe and its history (e.g. light year, Big Bang theory)

O conhecimento procedimental é a lucidez que os alunos devem ter dos processos que os cientistas utilizam na investigação de determinado fenômeno, tendo consciência de todo inquérito científico ao qual se submete. A definição a seguir nos mostra os traços do conhecimento procedimental de uma pessoa considerada alfabetizada cientificamente que o programa PISA afirma que pode ser testada (OECD, 2016a, p.27):

> **Conhecimento processual**
> • • O conceito de variáveis, incluindo variáveis dependentes, independentes e de controle.
> • Conceitos de medição, p.ex. quantitativas (medidas), qualitativas (observações), o uso de uma escala, categórica e variáveis contínuas.
> • Formas de avaliar e minimizar a incerteza, como medidas repetitivas e médias.
> • Mecanismos para garantir a replicabilidade (proximidade do acordo entre medidas repetidas da mesma quantidade) e a precisão dos dados (a proximidade do acordo entre uma quantidade medida e um valor verdadeiro da medida).
> • Maneiras comuns de abstrair e representar dados usando tabelas, gráficos, e usá-los adequadamente.
> • A estratégia de controle de variáveis e seu papel no projeto experimental ou o uso de ensaios clínicos randomizados para evitar achados confusos e identificar possíveis mecanismos causais.
> • A natureza de um projeto apropriado para uma determinada questão científica, p.ex. experimental, com base em campo ou na busca de padrões. (tradução nossa)[11].

Já o conhecimento epistemológico é a percepção e a reflexão da natureza que os alunos devem apresentar, além de compreender os limites de cada teoria e do conhecimento humano e a nitidez de como esse conhecimento se dá na ciência. A definição abaixo nos mostra as principais percepções que os estudantes precisam ter para serem considerados alfabetizados cientificamente (OECD, 2016a, p.28):

> **Conhecimento epistêmico**
> As construções e características definidoras da ciência. Isso é:

---

11 O trecho original é: **Procedural knowledge**
• The concept of variables, including dependent, independent and control variables.
• Concepts of measurement, e.g. quantitative (measurements), qualitative (observations), the use of a scale, categorical and continuous variables.
• Ways of assessing and minimising uncertainty, such as repeating and averaging measurements.
• Mechanisms to ensure the replicability (closeness of agreement between repeated measures of the same quantity) and accuracy of data (the closeness of agreement between a measured quantity and a true value of the measure).
• Common ways of abstracting and representing data using tables, graphs and charts, and using them appropriately.
• The control-of-variables strategy and its role in experimental design or the use of randomised controlled trials to avoid confounded findings and identify possible causal mechanisms.
• The nature of an appropriate design for a given scientific question, e.g. experimental, field-based or pattern-seeking.

> • • A natureza das observações científicas, fatos, hipóteses, modelos e teorias.
> • O propósito e os objetivos da ciência (para produzir explicações do mundo natural) como distinto da tecnologia (para produzir uma solução ótima para a necessidade humana) e o que constitui uma questão científica ou tecnológica e dados apropriados.
> • Os valores da ciência, ex: um compromisso com a publicação, objetividade e eliminação do viés.
> • A natureza do raciocínio utilizado na ciência, p.ex. dedutiva, indutiva, inferência para a melhor explicação (abduzida), analógica e baseada em modelo.
>
> O papel dessas construções e características na justificação do conhecimento produzido pela ciência. Isso é:
> • Como as alegações científicas são suportadas por dados e raciocínio em ciência.
> • A função de diferentes formas de investigação empírica no estabelecimento do conhecimento, seu objetivo (testar hipóteses explicativas ou padrões de identificação) e seu design (observação, experiências controladas, estudos correlacionais).
> • Como o erro de medição afeta o grau de confiança no conhecimento científico.
> • O uso e limites do papel dos modelos físicos, sistemas e abstratos.
> • O papel da colaboração e da crítica, e como a avaliação pelos pares ajuda a estabelecer confiança nas reivindicações científicas.
> • O papel do conhecimento científico, juntamente com outras formas de conhecimento, na identificação e abordagem de questões societárias e tecnológicas (tradução nossa)[12].

Esses três conhecimentos servem de base para medição de três competências chaves que o PISA elenca como necessárias para uma pessoa ser considerada cientificamente

---

12 O trecho original é: **Epistemic knowledge**
The constructs and defining features of science. That is:
• The nature of scientific observations, facts, hypotheses, models and theories.
• The purpose and goals of science (to produce explanations of the natural world) as distinguished from technology (to produce an optimal solution to human need), and what constitutes a scientific or technological question and appropriate data.
• The values of science, e.g. a commitment to publication, objectivity and the elimination of bias.
• The nature of reasoning used in science, e.g. deductive, inductive, inference to the best explanation (abductive), analogical, and model-based.
The role of these constructs and features in justifying the knowledge produced by science. That is:
• How scientific claims are supported by data and reasoning in science.
• The function of different forms of empirical enquiry in establishing knowledge, their goal (to test explanatory hypotheses or identify patterns) and their design (observation, controlled experiments, correlational studies).
•How measurement error affects the degree of confidence in scientific knowledge.
•The use and role of physical, system and abstract models and their limits.
•The role of collaboration and critique, and how peer review helps to establish confidence in scientific claims.
•The role of scientific knowledge, along with other forms of knowledge, in identifying and addressing societal and technological issues.

alfabetizada. A primeira competência é explicar cientificamente os fenômenos, que requer reconhecer, oferecer e avaliar explicações para uma variedade de fenômenos naturais e tecnológicos. A segunda é avaliar e conceber o inquérito científico, demandando que a pessoa saiba descrever e avaliar as investigações científicas e propor maneiras de abordar questões cientificamente. Por fim, a terceira é interpretar dados e evidências cientificamente, possibilitando analisar e avaliar dados, reivindicações e argumentos em uma variedade de representações e tirar conclusões científicas apropriadas (OECD, 2016a).

Explicar cientificamente os fenômenos demanda que os estudantes demonstrem os três conhecimentos já citados anteriormente, pois além de usar teorias e fatos científicos (conhecimento do conteúdo de ciência), requer o conhecimento do inquérito científico (conhecimento procedimental) e como se dá esse conhecimento (conhecimento epistemológico). Avaliar e conceber o inquérito científico demanda também por parte dos alunos os três conhecimentos, pois para avaliar uma determinada hipótese como confiável, é necessário conhecer teorias e fatos que sustentem tal afirmação (conhecimento do conteúdo de ciência), além de saber o processo ao qual essa hipótese foi submetida, como se deu esse conhecimento e que possam aventar como se investigar habilmente essa hipótese (conhecimento procedimental e conhecimento epistemológico). Assim como as outras competências, interpretar dados e evidências cientificamente também requer o uso dos três conhecimentos, pois o estudante necessita saber tanto o conteúdo, ou seja, a teoria e os fatos (conhecimento do conteúdo de ciência), como também o processo e construção desse conhecimento (conhecimento procedimental) e se o método de pesquisa é condizente para interpretar os dados e evidências (conhecimento epistemológico).

As três competências que uma pessoa alfabetizada cientificamente possui são avaliadas pelo PISA através de contextos que não estão só relacionados com situações escolares, mas com os interesses e vidas dos estudantes tanto a nível pessoal, quanto local/nacional e global. As áreas em que são vistos esses contextos são a da saúde e doenças, recursos naturais, qualidade ambiental e perigos e fronteira da ciência e tecnologia. A justificativa do programa PISA para essas áreas é por possuir valor particular, tanto para os indivíduos como para as comunidades, na melhoria e manutenção da qualidade de vida e no desenvolvimento de políticas públicas (OECD, 2016a). A tabela 1, retirada do relatório INEP (2016), nos mostra como que a ciência e tecnologia são aplicadas nessas 5 áreas relacionadas com a alfabetização

científica, através dos diferentes contextos, desde a nível pessoal, como local/nacional até chegar ao nível global.

***Tabela 1**: Contexto da avaliação do letramento científico no PISA*

	Pessoal	Local/nacional	Global
Saúde e doença	Manutenção da saúde, acidentes, nutrição	Controle de doenças, transmissão, escolhas alimentares e saúde da comunidade	Epidemias, propagação de doenças infecciosas
Recursos naturais	Consumo individual de material e energia	Manutenção das populações humanas, qualidade de vida, segurança, produção e distribuição de alimentos, suprimento de energia	Sistemas naturais renováveis e não renováveis, crescimento populacional, uso sustentável de espécies
Qualidade ambiental	Ações ambientalmente amigáveis, uso e descarte de materiais e dispositivos	Distribuição da população, descarte de lixo e impacto ambiental	Biodiversidade, sustentabilidade ecológica, controle da poluição, produção e perda de solo/ biomassa
Riscos	Avaliação de riscos e escolha de estilo de vida	Mudanças rápidas (por exemplo: terremotos, clima severo), mudanças lentas e progressivas (por exemplo: erosão de encostas, sedimentação), avaliação de riscos	Mudanças climáticas, impactos da comunicação moderna
Fronteira entre ciência e tecnologia	Aspectos científicos de passatempos, tecnologia pessoal, música e atividades esportivas	Novos materiais, dispositivos e processos, modificações genéticas, tecnologias da saúde e dos transportes	Extinção de espécies, exploração do espaço, origem e estrutura do Universo

Fonte: (INEP, 2016, p. 42-43)

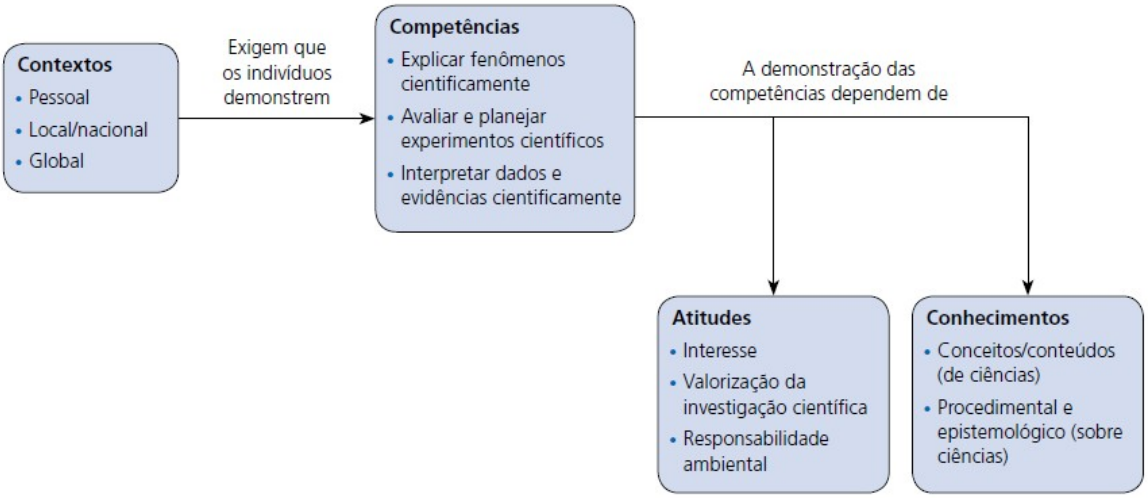
Um último aspecto importante que define a alfabetização científica é as atitudes que os estudantes demonstram em relação à ciência. Na prova de 2015 foram avaliados três aspectos em relação a atitudes dos estudantes, sendo estes o interesse em ciência e tecnologia, a conscientização ambiental e a valorização das abordagens científicas para o inquérito (OECD, 2016a, p.37):

> [...] Essas três áreas foram selecionadas para medição porque uma atitude positiva em relação à ciência, a preocupação com o meio ambiente e um modo de vida ambientalmente sustentável, e uma disposição para avaliar a abordagem científica do inquérito são características de um indivíduo cientificamente alfabetizado. Assim, a medida em que os alunos individuais são ou não estão interessados em ciência e reconhecem seu valor e implicações é considerada uma medida importante do resultado da educação compulsória. Além disso, em 52 países (incluindo todos os países da OCDE) que participaram do PISA 2006, estudantes com maior interesse geral em ciências apresentaram melhores resultados em ciência (tradução nossa)[13].

13 O trecho original é: These three areas were selected for measurement because a positive attitude towards science, a concern for the environment and an environmentally sustainable way of life, and a disposition to value the scientific approach to enquiry are characteristics of a scientifically literate individual. Thus, the extent to which individual students are, or are not interested in science and recognise its value and implications is considered an important measure of the outcome of compulsory education. Moreover, in 52 of the countries (including all OECD countries) that participated in PISA 2006, students with a higher general interest in science performed better in science.

Portanto, para uma pessoa ser alfabetizada cientificamente, ela precisa demonstrar em diferentes contextos competências que dependem de conhecimentos e atitudes em relação à ciência. A figura 2, retirada do relatório do INEP (2016), retrata as inter-relações das quatro dimensões do letramento científico já apontadas aqui anteriormente.

Figura 2: As inter-relações entre as dimensões da alfabetização científica no PISA



Fonte: (INEP, 2016, p. 37).

Os resultados do desempenho dos estudantes na prova são divulgados através de escalas de proficiência, que descrevem razoavelmente bem o que os mesmo em geral sabem e podem fazer em cada nível da escala. Isso reflete o principal objetivo do PISA que é relatar os resultados a nível populacional, em vez de focar na nota de cada estudante individualmente. Isso é feito através de um desenho de prova rotacionado, em que cada estudante realiza tarefas diferentes, mas que são sobrepostas para cada grupo de estudantes. Através de um modelo matemático é possível estimar a distribuição dos estudantes para cada nível da escala de proficiência e um contínuo que representa a escala geral do PISA em cada domínio: leitura, matemática e ciências (OECD, 2017).

Para o domínio de ciências, o PISA criou uma escala geral dos níveis de proficiência em ciências, que reflete o nível de alfabetização científica, além de oito subescalas de específicas partes da alfabetização científica que possam ajudar melhor nos propósitos de feedback e relatórios. Três subescalas geradas pelo PISA foram baseadas em competências, sendo elas explicando fenômenos cientificamente, identificando questões científicas e utilizando evidências científicas. Duas subescalas foram sugeridas pelos especialistas em relação ao conhecimento, sendo elas o conhecimento de conteúdo e conhecimento procedural / epistêmico. Por fim, três subescalas foram feitas para os sistemas Terra e espaço,

físico e vivo (OECD, 2017). Na escala geral de proficiência em ciências de 2015, o PISA descreve sete níveis em que os estudantes podem se encontrar, sendo eles: nível 6, 5, 4, 3, 2, 1-a e 1-b. Estudantes cuja estimativa de habilidade o coloca em um certo nível da escala de proficiência têm maior probabilidade de realizar tarefas desse ponto da escala ou abaixo dele, enquanto que encontraria dificuldades em realizar tarefas que estão postas mais acima da escala.

Para determinar o nível em que se encontra determinado estudante é observado o número e grau de complexidade dos elementos de conhecimento exigidos pelo item, o nível de familiaridade e conhecimento prévio que os estudantes teriam do conteúdo, do conhecimento processual e epistêmico envolvido, a operação cognitiva requerida pelo item, como análise e avaliação da situação e a medida em que a formação de uma resposta depende de modelos ou ideias científicas abstratas (OECD, 2017).

Capítulo 3 – ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO

No ensino de ciências existem diversas abordagens com a finalidade de tornar o estudante alfabetizado cientificamente, sendo umas das mais populares atualmente o ensino por investigação. Essa é uma abordagem com uma extensa história na educação em ciências e busca alcançar a alfabetização científica dos estudantes abrangendo objetivos conceituais, sociais e epistêmicos, vivenciando práticas parecidas com as empregadas pelos cientistas (CARVALHO, 2018). Assim como a alfabetização científica, o conceito de ensino por investigação possui várias vertentes, dificultando conceitualizá-lo (ABD-El-KHALICK et al., 2004, FURTAK et al., 2012; CAIRNS, 2019). Ao longo do capítulo mostraremos as várias perspectivas presentes na literatura, tanto nacional como internacional, discutir sobre a relação entre a ciência em sala de aula e ciência do cientista, resultados de trabalhos quase experimentais e correlacionais; e por fim, olhar como é conceitualizado no PISA o ensino por investigação.

3.1 Ensino por Investigação

Embora o ensino por investigação possa parecer atualmente como uma abordagem nova, alguns autores apontam que ela não traz nada de novo para o ensino de ciências, pois elucidar questões, realizar observações e investigar é uma abordagem fundamental para aprender ciência e compreender o mundo (DEBOER, 2006; MUNFORD; LIMA, 2007). Munford e Lima (2007) colocam que, para muitos, o ser humano é um animal curioso, e por consequência toda atividade realizada por ele deve ser conduzida através da curiosidade e investigação. Deboer (2006) aponta que o ensino por investigação faz parte da educação pelo menos desde metade do século XIX.

Sendo considerada ou não um uma abordagem nova, o termo ensino por investigação surge de trabalhos publicados pelo biólogo e educador Joseph Schwab na década de 60 (MUNFORD; LIMA, 2007; ver também SASSERON, 2018). De acordo com Munford e Lima (2007), Joseph propõe que o conhecimento científico está dividido em duas categorias: o conhecimento substantivo, que forma os significados compartilhados na comunidade

científica, como teorias e modelos que explicam os fenômenos naturais e o conhecimento sintático, que simboliza as regras utilizadas na comunidade científica para a produção do conhecimento, ou seja, os processos e procedimentos. Defendendo um currículo que valorize o conhecimento sintático, Joseph propõe a ideia de um ensino de ciência por investigação (MUNFORD; LIMA, 2007).

Atualmente, ABD-El-KHALICK et al. (2004) apontam que a investigação no ensino pode ser encarada ao menos de duas formas. Por um lado, como uma estratégia/abordagem de ensino utilizada em aulas de ciências (ensino por investigação - inquiry teaching) e, por outro lado, como um fim, como a investigação um resultado de aprendizagem, um objetivo para o ensino de ciências (ensino sobre investigação - teaching as inquiry) (ABD-El-KHALICK et al., 2004; DEBOER, 2006; SASSERON, 2018). Embora desde a década de 80 haja uma clara diferenciação feita pela comunidade de professores e pesquisadores (RODRIGUES; BORGES, 2008) estes dois termos são confundidos, e muitas vezes, apresentados como sinônimos. Deboer (2006, p.18) diferencia as duas maneiras de incluir a investigação no ensino da seguinte forma:

> Deve-se notar também que o ensino de investigação e o ensino sobre investigação não andam necessariamente de mãos dadas. Só porque a investigação científica é o que está sendo estudado, não significa que o ensino da investigação esteja sendo praticado. Na verdade, a natureza da investigação científica pode ser ensinada de maneiras não dirigidas para a investigação. Os professores podem fornecer aos alunos exemplos de investigações científicas, explicar a lógica desses estudos e mostrar aos alunos como as evidências foram usadas para responder à questão levantada na investigação. Os professores podem introduzir a linguagem da investigação científica, descrevendo as diferenças entre teorias, hipóteses, evidências, conclusões, observações e inferências. Todas essas coisas podem ser realizadas usando métodos tradicionais dirigidos pelo professor. Obviamente, os professores também podem introduzir os métodos científicos por meio de atividades orientadas para a investigação, e os alunos podem desenvolver uma compreensão dos processos da ciência engajando-se em investigações científicas reais. O importante a perceber é que o ensino investigativo e o ensino sobre investigação científica não são

> necessariamente a mesma coisa, e usar o termo ensino investigativo para ambos frequentemente leva à confusão. (tradução nossa)[14].

Como discutiremos mais adiante, o enfoque da nossa pesquisa está no *ensino por investigação.* Todavia, essa é uma discussão pertinente e o próprio índice do PISA sobre o ensino por investigação acaba por incluir informações acerca do ensino sobre investigação.

3.1.1 Ensino por investigação e a prática docente

Tentando delimitar o que seria um ensino por investigação, Carvalho (2018) define como características essenciais ações dos professores no sentido de criar condições para que os estudantes possam pensar, levando em conta a estrutura do conhecimento; falar, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; ler, entendendo criticamente o conteúdo lido e escrever, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas. Todavia, é comum aparecer diferentes interpretações do que seria o ensino por investigação, especialmente entre os profissionais da educação. Munford e Lima (2007) apontam três concepções comuns sobre o ensino por investigação, inclusive entre os docentes da educação básica, e que nas suas concepções são equivocadas. A primeira delas é associar o ensino por investigação com um ensino que necessariamente envolve atividades práticas e experimentais. Uma atividade experimental utilizada em sala de aula pode não apresentar características essenciais de uma investigação, bem como atividades não práticas podem ser até mais investigativas que algumas atividades experimentais. Essa concepção parte da lógica indutiva que as aulas de laboratório proporcionam (RODRIGUES; BORGES, 2008). Dentre as várias formas de ensino através do laboratório que foram surgindo no ensino de ciências, uma foi chamada de

---

14 O trecho original é: It should also be noted that inquiry teaching and teaching about inquiry do not necessarily go hand-in-hand. Just because scientific inquiry is the thing being studied does not mean that inquiry teaching is being practiced. In fact, the nature of scientific inquiry can be taught in very non inquiry-oriented ways. Teachers can provide students with examples of scientific investigations, explain the logic of these studies, and show students how evidence was used to answer the question being raised in the inquiry. Teachers can introduce the language of scientific inquiry by describing the differences between theories, hypotheses, evidence, conclusions, observations, and inferences. All of these things can be accomplished using traditional, teacher-directed methods. Of course, teachers can also introduce the methods of science through inquiry-oriented activities, and students can develop an understanding of the processes of science by engaging in actual scientific inquiries. The important thing to realize is that inquiry teaching and teaching about scientific inquiry are not necessarily one and the same, and using the term inquiry teaching for both of them often leads to confusion.

investigação, pois o estudante a partir da orientação de um professor, poderia resolver um problema que ele não sabe como proceder (RODRIGUES; BORGES, 2008).

A segunda concepção que Munford e Lima (2007) apresenta, refere-se associação entre uma abordagem investigativa e a obrigatoriedade de uma estrutura que envolva necessariamente atividades abertas, em que os estudantes tenham plena autonomia para escolher as questões, determinar o procedimento que adotarão na investigação e como analisarão os resultados encontrados. As autoras apontam que, muitos educadores defendem a possibilidade de diferentes configurações com diferentes níveis de direcionamento por parte do professor, possibilitando adequar de acordo com os diferentes perfis dos estudantes.

E a terceira e última concepção que Munford e Lima (2007) indicam diz respeito do que seria possível, e até mesmo necessário, ensinar todo o conteúdo através do ensino por investigação. As autoras defendem que restringir a uma única estratégia de ensino empobrece a prática docente, o ensino por investigação seria uma dentre outras para inovar.

Apesar de ter diferentes compreensões sobre o que seja, parece haver uma única inquietação que une todas elas: existe um grande abismo entre a ciência praticada nos centros de pesquisas, laboratórios e universidades e a ciência que os estudantes aprendem (MUNFORD; LIMA, 2007). De acordo com Munford e Lima (2007) muitos pesquisadores defendem que o modo de aprender ciências dos estudantes da escola básica deve se parecer em certo grau com o modo de aprender praticado pelos cientistas. Hoje em dia, o ensino de ciência está pautado em uma forma de raciocínio centrado a partir de leis, em que os estudantes precisam manipular símbolos para resolver problemas que estão muito bem definidos. Isso acarreta significados fixos e conceitos imutáveis, diferente do que de fato a ciência é. Por outro lado, os cientistas através de modelos causais, investigam situações para resolver problemas que estão bem menos delimitados, através da investigação negociam significados com a comunidade, gerando uma compreensão socialmente construída (MUNFORD; LIMA, 2007), diferente da ideia fixa e imutável que é visto nas salas de aula. Na mesma linha, Aditomo e Klieme (2020) acrescentam destacando que o foco da aprendizagem está em ter condições de participar da comunidade científica, dialogar e se expressar utilizando sua linguagem e não sobre possuir conhecimento. Está mais relacionada a saber construir modelos e teorias capazes de explicar fenômenos e defender o valor e a validade desse conhecimento (ADITOMO; KLIEME, 2020).

Indo de encontro com essa perspectiva, Munford e Lima (2007) argumentam que separar a aprendizagem de conceitos científicos e o modo de produção desse conhecimento feito pela comunidade científica é descabido. Para as autoras, nesse contexto, o ensino por investigação traz como benefícios aspectos das atividades dos cientistas e como o conhecimento científico é produzido. Embora a abordagem de investigação aproxime o que é aprendido em sala de aula com a prática do cientista, *o ensino não deve ser estritamente uma simulação de sua prática*. Ainda de acordo com as autoras, o objetivo de ambas é diferente, enquanto a comunidade científica está em busca de produzir novos conhecimentos, a escola tem como objetivo apresentar os conhecimentos científicos já consolidados.

3.2 O ensino por investigação e a literatura inconclusiva

O intenso debate sobre ensino e aprendizagem a partir de práticas tradicionais e do ensino por investigação continua em evidência (FURTAK et al., 2012, CAIRNS, 2019). Pesquisadores tentam mensurar se o ensino por investigação aumenta a aprendizagem dos estudantes no ensino de ciência. Na literatura encontram-se trabalhos de diferentes naturezas. Desde meta-análises[15], trabalhos experimentais ou quase experimentais, que procuram medir a aprendizagem de dois grupos distintos - um que foi submetido a um ensino tradicional e outro ao ensino baseado em investigação - e explicar o tamanho do efeito (FURTAK et al., 2012), até trabalhos correlacionais, na qual através de modelos de regressão se procura associações entre o ensino por investigação e o desempenho dos estudantes em provas padronizadas de larga escala.

Furtak et al. (2012) em sua revisão, mostra que várias meta-análises apontam para o ensino baseado em investigação como uma melhor abordagem para que os estudantes possam aprender. Porém o autor (Furtak, 2012, p.302) salienta que a validade dessas meta-análises podem ser interferida pela forma como o ensino por investigação é conceitualizado:

> [...] Por exemplo, um estudo pode definir investigação como os alunos coletando dados em resposta a uma pergunta que seu professor fez e contrastar isso com uma condição em que os alunos analisam os dados fornecidos por seu professor. Um segundo estudo pode ter o professor orientando os alunos a desenvolverem explicações sobre um fenômeno

15 Meta-análise é uma técnica estatística desenvolvida para integrar resultados de estudos independentes, sobre uma mesma questão de pesquisa.

> científico e contrastar essa condição com alunos que também desenvolveram explicações, mas com o apoio de uma ferramenta online. Embora ambos os estudos pertençam ao domínio do ensino baseado em investigação, as atividades e os processos cognitivos nos quais os alunos se envolvem são bastante diferentes. Além disso, o papel do professor varia entre as condições. Essas variações na forma como o ensino baseado em investigação é definido têm consequências para as inferências feitas em sínteses de pesquisa sobre a eficácia da abordagem (Briggs, 2008). (tradução nossa)[16]

Lazonder e Harmsen (2016) em sua meta-análise sobre aprendizagem baseada em investigação, analisa diversos estudos para verificar a eficácia de diferentes tipos de orientação, controlando pelo fator idade do estudante. Os autores definem a orientação como toda forma de assistência fornecida pelo professor em qualquer momento da condução da investigação realizada pelos estudantes, tendo em vista facilitar a compreensão e o raciocínio científico. Nos resultados dos trabalhos que compõem sua meta-análise, é relatado evidências expressivas sobre a investigação ser mais eficaz que os métodos expositivos. Embora essa eficácia dependa da maneira pela qual a orientação é dirigida pelo professor, os estudos não evidenciam precisamente os tipos de orientação mais apropriados. Todavia, o número de estudos foi muito pequeno, não permitindo conclusões em definitivo.

Sasseron (2018), coordenadora do grupo LAPEF, em que o foco é o ensino por investigação, aponta para resultados benéficos em situações que o professor projeta e possibilita o envolvimento dos estudantes e as interações entre eles durante a aula. Carvalho (2018, p. 767) apresenta os resultados das dissertações desenvolvidas no grupo de pesquisa LAPEF a respeito dessa temática, com foco em diferentes atividades de investigação como, por exemplo, “laboratório aberto, demonstração investigativa, textos históricos, problemas e questões abertas, recursos tecnológicos”, focalizando no grau de liberdade dado pelo professor ao estudante e no cuidado com a elaboração do problema. Seus resultados mostram que os estudantes estarão aptos a participar da comunidade científica. Segundo a autora Carvalho (2018, p. 776-777):

---

16 O trecho original é: [...] For example, one study might define inquiry as students collecting data in response to a question their teacher had posed and contrast this with a condition in which students analyze data provided by their teacher. A second study might have the teacher guiding students to develop explanations about a scientific phenomenon and contrast this condition with students who also developed explanations, but with the support of an online tool. Although both studies belong within the domain of inquiry-based teaching, the activities and cognitive processes in which students engage are quite different. In addition, the role of the teacher varies between the conditions. These variations in the way that inquiry-based teaching is defined have consequences for the inferences made in research syntheses about the effectiveness of the approach (Briggs, 2008).

> [...] o que podemos tirar do conjunto destas pesquisas é que: se os professores ao aplicarem em suas salas de aula as Atividades de Conhecimento Físico propondo o problema para os alunos, deixando os interagirem em pequenos grupos, depois no grupo grande, perguntar "como?" e dando liberdade intelectual para eles falarem sem repressão, e depois perguntar "por que?" então os alunos argumentarão, levantarão suas hipótese, explicarão o fenômeno, apresentarão os raciocínios hipotético dedutivo, construindo relações compensatórias entre as variáveis, escreverão, construirão autonomia moral e portanto eles entrarão sendo introduzidos na cultura científica, aprendendo a falar e a escrever ciências.

Nesses trabalhos apontados por Carvalho (2018) e Sasseron (2018), o ensino por investigação aparece como uma abordagem eficaz em comparação com outras práticas pedagógicas. Por outro lado, quando olhamos para os resultados dos estudos correlacionais que fazem a concatenação entre o desempenho e as práticas docentes (LAU; LAM, 2017; CHI et al., 2018, ADITOMO; KLIEME, 2020; CAIRNS, 2019), vemos que a associação entre ensino por investigação e desempenho é consistentemente negativa.

Kirschner, Sweller e Clark (2006) evidenciam que abordagens não guiadas ou pouco guiadas - em que os estudantes são solicitados, através de abordagens investigativas, a encontrar os princípios fundamentais que regem a ciência através de uma investigação - são menos eficazes do que abordagens que apresentam forte ênfase na orientação instrucional para as atividades desenvolvidas pelos estudantes. Os autores indicam que essas abordagens construtivistas, em que o ensino por investigação faz parte, tem pouco impacto na aprendizagem dos estudantes, fazendo com que os professores acabem fornecendo orientações para o desenvolvimento da atividade, fugindo do propósito original.

Essa contradição entre resultados, com estudos correlacionais derivados das provas padronizadas de larga escala, apresentando uma relação negativa com o desempenho e estudos experimentais ou quase-experimentais mostrando a eficácia dessa metodologia frente as abordagens tradicionais, é uma questão a ser analisada. Aditomo e Klieme (2020) ventilam que esses resultados de estudos experimentais (e eu acrescento o estudo de caso) positivos podem ser um reflexo de que as atividades investigativas geralmente são feitas em programas inovadores, com turmas selecionadas. Já os resultados apresentados pelas provas de larga escala refletem as atividades do ensino por investigação feita nas escolas regulares. Os autores defendem isso através de resultados de pesquisas, onde mostram que para a investigação ser significativa, requer um grande esforço, treinamento e suporte para os professores, coisas que não estão disponíveis para os mesmos da grande maioria das escolas. Uma segunda hipótese que os autores levantam é sobre a orientação do professor. Esta orientação pode ser

compreendida como imprescindível para o aprendizado dos estudantes, facilitando o caminho que o estudante deve percorrer. Sem essa orientação, os estudantes podem não conseguir construir o conhecimento por não saberem por onde prosseguir.

3.2.1 Ensino por Investigação no PISA

Na matriz de referência do PISA (OECD, 2016a) é posto que as práticas investigativas possuem uma função significativa no ensino de ciências, melhorando a aprendizagem dos estudantes, especialmente na participação deles nas dimensões cognitivas da investigação e nas atividades conduzidas pelo professor (FURTAK et al., 2012). Na matriz é posto também que o ensino por investigação não só proporciona ao estudante um melhor desempenho (BLANCHARD et al., 2010), como mudam suas atitudes em relação aos conteúdos e às habilidades do pensamento crítico (HATTIE, 2009).

Todavia, estudos mostram que se as investigações feitas em laboratórios não forem bem projetadas e desenvolvidas, proporcionando aos estudantes a oportunidade de manipular ideias e não apenas objetos, não apresentarão melhora na aprendizagem, pois não se torna possível a relação entre as atividades do laboratório, os conceitos científicos trabalhados e os problemas enfrentados na vida real (OECD, 2016b). Outro ponto relatado nos relatórios da OECD (2016b, p.69), é que os professores não se utilizam muito de práticas investigativas e do laboratório por diversas razões, sendo elas: “falta de tempo e materiais, turmas grandes, questões de segurança, limitações pedagógicas, problemas de gestão e crenças dos professores sobre as habilidades dos alunos e a natureza do trabalho de laboratório”. Além disso, os professores precisam ser apoiados e treinados para poderem projetarem atividades condizentes, algo que demanda alto investimento.

Com isso, o PISA criou um índice de instrução baseado em investigação para “medir até que ponto os professores de ciências encorajam os alunos a serem aprendizes profundos e a indagar sobre um problema de ciências usando métodos científicos, incluindo experimentos” (OECD, 2016b, p.69, tradução nossa[17]). Tentando aprofundar a discussão sobre a eficácia do ensino por investigação, vários pesquisadores decidiram olhar para o índice de

17 Trecho original é: [...] to measure the extent to which science teachers encourage students to be deep learners and to enquire about a science problem using scientific methods, including experiments.

investigação proposto pelo PISA. Lau e Lam (2017) fizeram uma análise fatorial dos itens compostos pelo índice e separaram-os em dois novos construtos. Em um deles foram agrupados os itens que apresentam uma orientação do professor explicita e os demais que são sobre as atividades independentes do estudante. Seus achados apontam para a associação negativa entre o desempenho e as práticas investigativas. Aditomo e Klieme (2020) fazem uma extensão do trabalho do Lam e Lau (2017), olhando para os resultados dos 10 melhores e os 10 piores[18] performances de países na prova. Seus achados mostram que o ensino por investigação independente - que não apresenta orientação explícita do professor - está associado negativamente ao desempenho. Contudo, mesmo que para a maioria dos países a investigação independente esteja negativamente associada ao desempenho, existem alguns casos com associação positiva. Isso mostra que o contexto pode influenciar no papel da investigação e na necessidade de orientação do professor. As atividades independentes, embora se concentre na investigação feita pelo estudante sem uma explícita participação do professor, não pode ser descartada a possibilidade de o mesmo ter participado indiretamente. Esta orientação não explícita, pode ser uma ajuda nas interações entre os estudantes e realizar feedbacks sobre as atividades (ADITOMO; KLIEME, 2020).

Já em relação à orientação explícita, os achados de Aditomo e Klieme (2020) mostram que o ensino por investigação está associado positivamente aos escores quando incorpora a orientação do professor, mesmo em escolas de baixo investimento e em sistemas de ensino que possuem uma qualidade do professor e ensino ruim. Em outras palavras, os autores reforçam a *importância do papel ativo do professor no processo*, ajudando os estudantes a entender e conduzir a investigação em sala de aula. Também é relatado que na maioria dos países a orientação do professor está associada positivamente a questões afetivas, como a motivação e crença epistêmica. Enquanto que a investigação sem orientação explícita apresenta associação negativa com o desempenho, motivação e crença epistêmica.

Cairns (2019) também faz uma análise do índice do PISA relacionado ao ensino por investigação, olhando para cada prática que compõem o índice e o seu impacto no desempenho dos estudantes em 69 países. Seus achados mostram que as práticas voltadas à contextualização da aprendizagem apresentam associação positiva e linear. Algumas práticas (o estudante ser convidado a explicar suas ideias e fazer experimentos) apresentam uma relação curvilínea, isto é, evidenciam uma melhora no desempenho somente quando a

18 O Brasil é um dos 10 países que pior performaram na prova.

frequência de utilização dessa prática for moderada. As demais práticas revelam-se associações negativas.

Capítulo 4 – METODOLOGIA

Nesse capítulo trataremos da metodologia desenvolvida nesse trabalho. A primeira parte será uma breve descrição da modelagem multinível que estamos utilizando e o modelo teórico usado. Em seguida descreveremos um pouco sobre a prova PISA e como é reportado o desempenho dos estudantes através de valores plausíveis. Posteriormente, descreveremos os preditores que serão utilizados na modelagem multinível e, por fim, descreveremos os dois modelos empíricos empregados na pesquisa.

4.1 Modelagem multinível

Regressão linear é um método estatístico usado para prever ou estimar certas variáveis, denominadas de variáveis respostas. Estas, por sua vez, dependem de outras variáveis, denominadas de fatores ou variáveis preditoras, pois elas tendem a explicar a variação da variável resposta. Os modelos de regressão são frequentemente usados em dois casos: quando se procuram estimar parâmetros e predições para tecer relações entre variáveis ou para comparar a influência dos fatores sobre o comportamento da variável resposta.

Raudenbush e Bryk (2012) argumentam que ao se utilizar do tradicional modelo de regressão linear de análise é preciso que os dados atendam a quatro premissas, sendo elas: linearidade, normalidade, homoscedasticidade e independência. A suposição de normalidade significa assumirmos que os resíduos do nosso modelo de regressão linear - que são os desvios da pontuação de cada observação prevista na variável resposta em relação à pontuação observada - são normalmente distribuídos. Em outras palavras, a normalidade refere-se a quando a distribuição de probabilidade da amostra pode ser aproximada à distribuição normal. Se os resíduos não forem normalmente distribuídos, o modelo de regressão pode estar mal especificado. A independência requer que os resíduos sejam independentes, isto é, quando a ocorrência de um evento não influencia a ocorrência do outro evento. A homoscedasticidade, também conhecido como variância constante, significa que a variabilidade na variável resposta é a mesma em todos os níveis da variável explicativa. Caso a suposição de homoscedasticidade não seja válida, podemos listar alguns efeitos no ajuste do

modelo. Por exemplo, incorretos erros padrões dos estimadores, obtidos pelo *Método dos Mínimos Quadrados* causando invalidade nas inferências estatísticas. Também não podemos mais dizer que os Estimadores de Mínimos Quadrados são os melhores estimadores de mínima variância para β, embora ainda possam ser não viciados. Já a suposição de linearidade significa assumirmos que as associações entre as variáveis explicativas e a variável resposta é linear. Isto é, o melhor ajuste da regressão é uma linha reta.

Nas ciências sociais frequentemente os dados possuem estruturas hierárquicas, na qual se busca investigar problemas que relacionam os indivíduos e o contexto social em que estão inseridos. A educação é um exemplo claro, em que temos variáveis no nível dos estudantes (individual), mas esses estudantes são classificados em grupos sociais, como, por exemplo: salas de aula, escolas, distritos de escolas, região, país, etc (HOX; MOERBEEK; SCHOOT, 2018). Hox, Moerbeek e Schoot (2018), afirmam que os indivíduos são influenciados pelo contexto e grupos sociais em que estão inseridos, porém ao mesmo tempo esses grupos são influenciados pelos indivíduos que o compõem.

Para dados hierárquicos, ou seja, em que as variáveis possuem diferentes níveis, é importante selecionar técnicas estatísticas para o trabalho adequado. Raudenbush e Bryk (2012) apontam para a existência de duas soluções óbvias, a primeira é transformar as variáveis de nível mais alto para o nível individual e analisar somente nesse nível. O problema dessa abordagem é que se viola a suposição da independência, Como são da mesma turma, eles assumem o mesmo valor em cada classe de variáveis. A segunda é transformar as variáveis do nível individual para um nível mais alto (em grupo). Um exemplo é agrupar as características dos alunos em classes e fazer uma análise da turma. O principal problema é a perda de informação dentro dos grupos, e além disso, gera interpretações distorcidas ao tentarmos interpretar análises de grupo em variáveis de nível individual.

Laros e Marciano (2008) argumentam que a regressão linear múltipla é amplamente usada como técnica de análise nas áreas de ciências sociais e humanas, porém muitas vezes um dos seus pressupostos centrais é violado, que é a independência das observações. Isso acontece com frequência nessas áreas, pois os dados geralmente são de pessoas agrupadas em Clusters, ou seja, existindo uma dependência entre as observações, provocando uma subestimação dos erros padrão dos coeficientes de regressão. Portanto, para limitar a análise de dados hierárquicos para o modelo tradicional linear de análise, seria necessário adaptar duas das quatros suposições para se fazer a clássica análise, pois a linearidade e a normalidade

satisfazem, mas a homoscedasticidade e principalmente a independência não (RAUDENBUSH; BRYK, 2002).

Com o avanço da computação foi possível desenvolver modelos de regressão linear múltipla que considerassem dados com estruturas hierárquicas. Laros e Marciano (2008, p.265) propõe como alternativa à regressão linear múltipla a análise multinível que é considerada uma extensão do modelo de regressão tradicional que leva em consideração a estrutura hierárquica dos dados:

> Essa técnica é um tipo de análise de regressão que, simultaneamente, leva em consideração múltiplos níveis de agregação, tornando corretos erros padrão, intervalos de confiança e testes de hipóteses. Quando existe uma estrutura hierárquica na população de interesse, a análise multinível é a opção metodologicamente correta para estabelecer as relações entre as variáveis.

Dada essa relação entre variáveis de níveis diferentes, utilizaremos a análise multinível que também é conhecida como modelo hierárquico linear, modelo de efeitos mistos, modelo de efeitos aleatórios, modelo de coeficiente Randômico, análise contextual, regressão Hierárquica e regressão multinível (HOX; MOERBEEK; SCHOOT, 2018; LAROS; MARCIANO, 2008; RAUDENBUSH; BRYK, 2002), que tem a finalidade de aferir a variável resposta desempenho dada a interação entre elementos explicativos de diferentes níveis e evitar o erro do tipo I. Em nosso estudo trabalharemos com 2 níveis, em que estudaremos o desempenho na prova com base nas variáveis associadas ao próprio estudante (nível 1), identificadas pelo índice “i” na equação do modelo e variáveis associadas a escola (nível 2), identificados pelo índice “j”. A modelagem multinível teórica está representada na equação 1, na qual “Y_{ij}” representa a variável resposta do aluno “i”, pertencente a instituição “j” para “p” variáveis.

Equação 1: modelo regressão multinível proposto por Hox (2002)

$$Y_{ij} = Y_{00} + Y_{p0} \cdot X_{pij} + Y_{p0} \cdot Z_{qj} + Y_{p0} \cdot Z_{qj} \cdot X_{pij} + U_{pij} \cdot X_{pij} + U_{0j} \cdot E_{ij}$$

fonte: HOX (2002, p. 13)

No modelo teórico apresentado acima, o intercepto e o coeficiente de inclinação são representados respectivamente por “γ_{00}” e “γ_{p0}”. O termo “e_{ij}” representa o residual do nível do indivíduo e o “U_{0j}” o residual da escola. “X_{pij}” e “Z_{qj}” representam as variáveis do nível do indivíduo e do grupo instituição, respectivamente. Por último, “U_{pj}” representa o termo randômico da equação, ou seja, os residuais das inclinações das variáveis explicativas de nível do indivíduo (HOX, 2002).

Mais adiante, será descrito as variáveis utilizadas para essa pesquisa bem como os modelos empíricos utilizados para a realização dessa pesquisa.

4.2 Prova PISA

O programa PISA é atualmente a maior e mais influente avaliação de larga escala e seu objetivo é avaliar os estudantes de 15 anos, idade que na maioria dos países os estudantes estão no final da educação obrigatória. Em tese, a avaliação dos estudantes nessa faixa etária permitiria aos países obterem informações sobre seus sistemas educacionais a fim de melhorá-los. O programa corresponde a um compromisso dos governos dos países participantes em monitorar os resultados dos sistemas educacionais através da mensuração do desempenho dos estudantes de forma periódica e dentro de um quadro comum acordado internacionalmente. A finalidade é fornecer uma nova base para o diálogo político e para a contribuição na definição e execução de metas educacionais, de maneiras inovadoras que refletem julgamentos sobre as habilidades relevantes para a vida adulta (OECD, 2016a).

O programa PISA é um dos estudos comparativos internacionais de maior impacto nas pesquisas, muitos países utilizam-se dele para desenvolver políticas educacionais. Porém ainda existem muitas preocupações com a metodologia utilizada. Por isso o PISA disponibiliza os dados e relatórios técnicos no site[19] da OCDE na parte destinada ao programa (DOMÍNGUEZ; VIEIRA; VIDAL, 2012). Com a disponibilização dos dados, como apontado pelos autores Dominguez, Vieira e Vidal (2012), há um aumento das pesquisas acadêmicas, sendo a maioria realizadas por autores que pertenciam às universidades e que foram publicados em periódicos cujo tema principal era Educação ou Ciências Sociais. No Brasil, nos parece, que ainda existem poucas pesquisas relacionadas ao PISA, porém, isso começa a florescer aqui.

Apesar de poucas pesquisas sobre essa avaliação no Brasil, cada vez mais atores educacionais se utilizam dos resultados de provas como o PISA para se tomar decisão sobre a educação (INEP, 2016, p.18):

> Mais e mais gestores estão utilizando os resultados de estudos como o PISA para tomar decisões sobre a educação – por exemplo, o Plano Nacional de Educação (PNE) estabelece uma meta de melhoria do desempenho dos

19 Site da OCDE: http://www.oecd.org/pisa/

> alunos da Educação Básica nas avaliações da aprendizagem no PISA, tomado como instrumento externo de referência, internacionalmente reconhecido (Brasil, Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014). Dessa maneira, é importante que atores do contexto escolar, especialistas e a sociedade em geral entendam a avaliação e o que sustenta seus objetivos, de modo a pensar como poderão fazer a diferença nos resultados dos estudantes brasileiros.

A Prova do PISA acontece trienalmente desde 2000, sendo que a primeira edição contou com a participação de 32 países, onde 28 fazem parte da OCDE. A cada edição, o número de países participantes aumenta, chegando a 80 países na última edição que ocorreu em 2018, sendo que 37 países são membros da OCDE e 43 são economias parceiras. Os três domínios que o PISA avalia são leitura, matemática e ciências. Cada edição tem um foco maior em um dos três domínios, com ciências predominando nos anos de 2006 e 2015.

Em 2015 cada país participante da prova teve uma amostra entre 5 mil e 10 mil estudantes, com exceção de alguns países como o Brasil, Itália e Espanha. Em geral são escolhidas 150 escolas de onde são selecionados aleatoriamente 45 alunos de cada uma. O Brasil optou por ter um número maior de estudantes avaliados a fim de possuir uma amostra significativa para cada estado do país, permitindo assim gerar resultados mais confiáveis através de análises estatísticas. Ao todo no Brasil, 23.141 alunos de 841 escolas fizeram parte dessa amostra que abrange o Brasil todo (INEP, 2016).

A prova de 2015 além de avaliar os três domínios de Ciência, Leitura e Matemática, avaliou também um quarto domínio que é a Resolução Colaborativa de Problemas, além de oferecer aos países que quisessem uma avaliação de um quinto domínio, intitulado Letramento Financeiro. A prova teve duração de 2 horas para que os alunos respondessem aos itens nos quatro domínios obrigatórios. Para os países que optaram por ter seus alunos avaliados no letramento financeiro, os alunos tiveram 1 hora a mais de prova (INEP, 2016).

Além da prova, os alunos precisam responder à um questionário contextual com tempo de realização de 35 minutos com a justificativa de que “O questionário contextual representa uma oportunidade de investigar fatores que possam influenciar o desempenho dos estudantes e, consequentemente, contextualizar os resultados obtidos nas avaliações” (INEP, 2016, p. 21). Além disso, para os diretores das escolas participantes, é destinado um questionário, com um tempo de 45 minutos, para responder informações sobre a escola e práticas institucionais (INEP, 2016).

O PISA ainda fornece quatro questionários opcionais caso os países decidam utilizar, sendo estes: sobre familiaridade com tecnologias da informação para os estudantes com

tempo de aplicação de 10 minutos; sobre a carreira educacional dos estudantes com tempo de aplicação de 10 minutos; para os pais com tempo de aplicação de 30 minutos e por último um questionário para os professores com tempo de aplicação de 30 minutos (INEP, 2016).

A prova possui três tipos diferentes de itens, sendo eles: de múltipla escolha simples, de múltipla escolha complexa e de resposta construída. Os itens de múltipla escolha simples exigem dos estudantes uma seleção de uma única resposta dentro de quatro opções ou a seleção de um “ponto quente”, que seria um elemento selecionável dentro de um gráfico ou texto. Os itens de múltipla escolha complexa demandam dos estudantes respostas de sim ou não a uma série de questões de que são tratadas para marcar como um único item, seleção de mais de uma resposta de uma lista, conclusão de uma frase, selecionando opções de suspensão para preencher vários espaços em branco ou respostas "arrastar e soltar", permitindo que os estudantes movam elementos na tela para completar uma tarefa de correspondência, ordenação ou categorização. Por fim, os itens de resposta construídos pedem respostas escritas ou desenhadas. Estes itens para a avaliação da alfabetização científica geralmente requerem dos estudantes uma resposta escrita que varia de uma frase a um parágrafo curto. Também possui itens de resposta construída intitulado de desenho, que são em menor número e demanda a construção de gráficos ou diagramas, em que os estudantes contam com o auxílio de editores de desenho simples se a avaliação é feita pelo computador, caso da maioria dos países (OECD, 2016a).

Em 2015, existiu itens em que as respostas foram capturadas por tarefas interativas, como, por exemplo, a simulação de uma pesquisa científica na qual os estudantes precisavam manipular variáveis. As respostas para esse tipo de tarefa interativa em sua grande maioria são entendidas como um item de múltipla escolha complexo. Porém alguns tipos de respostas podem ser consideradas como respostas construídas pelo fato de serem suficientemente abertas (OECD, 2016a).

4.3 Variável Resposta – desempenho dos estudantes

As avaliações educacionais podem assumir dois caminhos diferentes para a mensuração da proficiência. Por um lado, há a mensuração a nível dos indivíduos, como o caso das provas de seleção e vestibular, que se preocupam em minimizar o erro associado ao indivíduo,

permitindo gerar uma pontuação para cada estudante de maior confiabilidade. O outro objetivo é a mensuração a nível populacional, ou seja, essas avaliações educacionais não tem como objetivo fornecer para cada estudante a sua pontuação e sim obter uma melhor informação da população de interesse, sendo mais interessante reduzir o erro a nível da população.

Aquelas que estão interessadas no nível populacional, como o caso do PISA, reportam a performance dos estudantes através de valores plausíveis. Ou seja, uma estimativa da gama de habilidades que um estudante pode razoavelmente possuir. Em outras palavras, não se estima diretamente a proficiência do aluno e sim uma distribuição de probabilidade desta, gerando diferentes valores plausíveis (ABERASTURY, 2019; OECD, 2017).

De acordo com Aberastury (2019), valores plausíveis obtidos a partir de imputações múltiplas[20], pois permite aos estudantes responderem somente uma parte dos itens projetados na prova, reduzindo sua extensão outros fatores que prejudicam o desempenho dos estudantes. Isso permite que a prova tenha cadernos diferentes, mas vinculados por alguns itens, permitindo fazer comparações com maior precisão entre subgrupos da população (VON DAVIER; GONZALEZ, MISLEVY, 2009[21], p. 22, apud ABERASTURY, 2019, p. 80).

> […] Os conjuntos de valores plausíveis fornecem uma representação mais realista dos valores esperados em subgrupos, bem como das variações dentro dos resultados reais para esses subgrupos. Como os valores verdadeiros são, na maioria dos casos, desconhecidos, e porque não temos estimativas precisas de desempenho individual em testes curtos, os valores plausíveis são uma ferramenta muito útil para gerar valores que possuem propriedades estatísticas mais precisas do que as pontuações observadas para comparações de subgrupos (tradução nossa)[22].

Como o objetivo do PISA é estudar o desempenho entre países, os resultados foram gerados a partir da metodologia de valores plausíveis. Resultados divulgados a partir de

---

20 Para saber mais sobre imputações múltiplas olhar: Quartagno, M.; Carpenter, J. R. Jomo: A Package for Multilevel Joint Modelling Multiple Imputation (Version 2.1-2) [Computer software]. 2016. Retrieved from http://CRAN.R-project.org/package=jomo

21 VON DAVIER, M., GONZALEZ, E. J., e MISLEVY, R. J. What Are Plausible Values And Why Are They Useful? **Ieri Monograph** Series: Issues And Methodologies In Large-Scale Assessments, v.2, p. 9-36, 2009.

22 O trecho original é: […[the sets of plausible values give a more realistic representation of the expected values in subgroups as well as of the variances within actual results for these subgroups. Because the true values are in most cases unknown, and because we do not have accurate estimates of individual performance on short tests, plausible values are a very useful tool for generating values that have more accurate statistical properties than do observed scores for subgroup comparisons.

valores plausíveis possibilitam ter uma representação não enviesada dos valores esperados em diferentes grupos e subgrupos, bem como a variância destes.

Para a utilização dos valores plausíveis, é recomendado rodar o modelo de regressão para cada um dos 10 valores plausíveis e em seguida calcular as médias dos outputs. Para isso estamos usando o pacote do R chamado BIFIEsurvey (BIFIE; ROBITZSCH; OBERWIMMER, 2019), na qual é frequentemente utilizado para análises estatísticas de avaliações educacionais. Nesse pacote contém estatística descritiva, regressão linear e logística, além de possibilitar que as inferências estatísticas possam ser conduzidas com métodos de imputação múltipla, isto é, adequadas para avaliações que se utilizam de valores plausíveis. Portanto, com esse pacote podemos rodar nossos modelos com valores plausíveis e pesos amostrais para estudantes e escolas.

4.4 Preditores

A seguir descreveremos todas as variáveis que compõem os nossos modelos, primeiro as variáveis do nível 1 dos estudantes e em seguida as variáveis do nível 2 da escola. As variáveis foram escolhidas a partir da revisão da literatura de trabalhos que estejam relacionados ao PISA. Em seguida, na seção 4.4.3 serão descritas as variáveis relacionadas às práticas pedagógicas dos professores em sala de aula, incluindo o indicador derivado do programa PISA usado para medir o ensino por investigação. Por fim, na seção 4.5, mostraremos os modelos empíricos adotados nesta pesquisa.

4.4.1 Variáveis do nível estudante

4.4.1.1 Indicador socioeconômico do PISA - ESCS

Na literatura de maneira geral, existem muitos trabalhos que apontam uma associação entre desempenho escolar e o fator socioeconômico, sendo esse o principal determinante do

desempenho escolar. Na literatura especializada do PISA diversos trabalhos apontam um impacto positivo do socioeconômico dos alunos na alfabetização científica (TOMUL; CELIK, 2009; GILLECE; COSGROVE; SOFRONIOU, 2010; SUN; BRADLEY; AKERS, 2012; LAM; LAU, 2014; ALIVERNINI; MANGANELLI, 2015).

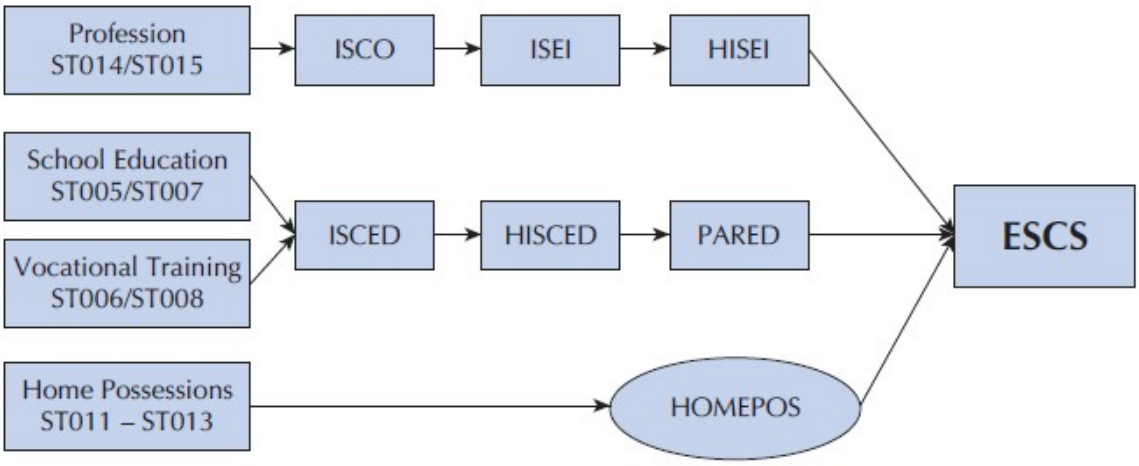
O índice socioeconômico do PISA, intitulado índice do estado econômico, social e cultural (ESCS), é uma composição do escore de outros três índices, obtidos por meio da Análise de Componentes Principais (ACP). O primeiro índice representa o nível educacional dos pais (PARED), este é resultado de quatro questões sendo elas ST005, ST006, ST007 e ST008, que pergunta qual a formação educacional e profissional (ISCED) dos pais. A partir disso é gerado o índice HISCED que representa o maior nível de escolaridade dos pais. O índice de maior nível educacional dos pais (PARED) também foi recodificado em número estimado de anos de escolaridade (OECD, 2016; OECD, 2017).

O segundo índice, intitulado HISEI, representa o maior status ocupacional dos pais, em que foi derivado das respostas abertas dos estudantes para as questões ST014 e ST015 que perguntam quais os trabalhos principais de seus pais e o que fazem neles. As respostas são codificadas para códigos ISCO e depois mapeadas para o índice socioeconômico internacional de status ocupacional (ISEI). A partir dos índices ISCO e ISEI é calculado o status ocupacional mais alto dos pais (HISEI) (OECD, 2016; OECD, 2017).

O terceiro índice representa os bens domésticos (HOMEPOS) e é derivado do relato dos estudantes sobre itens domésticos e de posse nas questões ST011, ST012 e ST013. A figura 3 descreve como está estruturado o indicador socioeconômico do PISA ESCS (OECD, 2016; OECD, 2017).

O indicador ESCS gera um escore composto pelos três indicadores já citados anteriormente. A escala ESCS foi feita padronizando em 0 a pontuação de um estudante médio da OCDE e 1 sendo o desvio padrão entre os países da OCDE igualmente ponderados (OECD, 2017). Abaixo segue o esquema proposto pelo PISA para o indicador socioeconômico.

***Figura 3**: Esquematização do indicador ESCS proposto pelo PISA*



fonte: (OCDE, 2017, p. 340)

4.4.1.2 Gênero dos estudantes

A literatura do PISA aponta para uma influência significativa do gênero dos estudantes em seu desempenho em disciplinas científicas (SUN; BRADLEY; AKERS, 2012; LAM; LAU, 2014; ALIVERNINI; MANGANELLI, 2015; LAU; LAM, 2017; CHI et al., 2018).

A questão ST004 corresponde ao gênero do estudante, na qual 1 corresponde ao feminino e 2 ao masculino.

4.4.2 Variáveis do nível escola

4.4.2.1 Tipo de escola – SCHLTYPE

Como já dito anteriormente, o status socioeconômico é o um dos principais determinantes do desempenho dos estudantes, e consequentemente ele influencia que tipo de escola o estudante terá acesso e consequentemente que tipo de ensino. Para isso, utilizaremos

o indicador do PISA que identifica o tipo de escola ao qual o estudante pertence (SCHLTYPE).

O índice SCHLTYPE é derivado a partir de duas questões, na qual a primeira pergunta (SC013 - SC013Q01TA) se a escola é do tipo pública – governada diretamente ou indiretamente por autoridade educacional pública, agência governamental ou algum conselho administrativo nomeado pelo governo ou eleito por uma franquia pública – ou privada – gerenciada direta ou indiretamente por uma organização não governamental como por exemplo, uma igreja, sindicato, empresa ou outra instituição privada. A segunda pergunta (SC016) é referente a fonte de recursos da escola, sendo que a resposta é dada em porcentagem para cada uma das alternativas, sendo elas: governo (inclui departamentos, local, regional, estadual e nacional); taxas de estudante ou taxas escolares pagas pelos pais; benfeitores, doações, legados, patrocínios, arrecadação de fundos para pais e outros.

O índice pode assumir três valores: privada independente, privada com dependência do governo e pública.

4.4.3 Prática Pedagógica

A seguir serão descritos todos os indicadores relacionados a práticas pedagógicas dos professores. O objetivo desses indicadores nos nossos modelos é obter informações - através do questionário contextual respondido pelos estudantes - sobre as aulas de ciências, proporcionando uma melhor imagem do que acontece em sala de aula e quais práticas vêm sendo empregadas pelos professores.

4.4.3.1 Indicador do suporte de professores em aulas de ciências - TEACHSUP

O indicador TEACHSUP é derivado das questões ST100 do questionário contextual respondido pelos estudantes participantes da prova. As questões ST100 buscam identificar com qual frequência ocorre as seguintes coisas nas aulas de ciências em relação ao suporte demonstrado dos professores em aulas de ciências: o professor demonstra interesse no aprendizado de todos os estudantes, o professor dá ajuda extra quando os estudantes precisam,

o professor ajuda os estudantes no aprendizado, o professor continua ensinando até que os estudantes entendam e se o professor dá aos estudantes a oportunidade de expressar opiniões. As respostas dos estudantes são feitas através de uma escala Likert de quatro pontos, sendo elas: todas as aulas, maioria das aulas, algumas aulas e nunca ou quase nunca.

Para facilitar a interpretação dos resultados, os itens ST100 também foram codificados de maneira reversa de modo que níveis mais altos de suporte de professores nas aulas de ciências correspondam a maiores valores de dificuldades e estimativas de probabilidade ponderada.

4.4.3.2 Indicador de instrução científica dirigida por professores - TDTEACH

O indicador TDTEACH é derivado das questões ST103 do questionário contextual respondido pelos estudantes participantes da prova. As questões ST103 buscam identificar quantas vezes ocorrem as seguintes coisas nas aulas de ciências em relação a instrução científica dirigida pelos professores: o professor explica ideias científicas, toda uma discussão de classe acontece com o professor, o professor discute nossas perguntas e se o professor demonstra uma ideia. As respostas dos estudantes são feitas através de uma escala Likert de quatro pontos, sendo elas: Nunca ou quase nunca, algumas lições, Muitas lições e todas as lições ou quase todas as lições.

4.4.3.3 Indicador de feedback percebido - PERFEED

O indicador PERFEED é derivado das questões ST104 do questionário contextual respondido pelos estudantes participantes da prova. As questões ST104 buscam identificar com que frequência ocorrem estas coisas nas aulas do curso de ciências em relação ao feedback do professor percebido pelos estudantes: o professor me conta como eu estou me apresentando neste curso, o professor me dá feedback sobre meus pontos fortes neste assunto da escola, o professor me diz em quais áreas eu ainda posso melhorar, o professor me diz como eu posso melhorar meu desempenho e se o professor me aconselha sobre como alcançar meus objetivos de aprendizado. As respostas dos estudantes são feitas através de uma escala

Likert de quatro pontos, sendo elas: Nunca ou quase nunca, algumas lições, Muitas lições e todas as lições ou quase todas as lições.

4.4.3.4 Indicador de adaptação de instrução - ADINST

O indicador ADINST é derivado das questões ST107 do questionário contextual respondido pelos estudantes participantes da prova. As questões ST107 buscam identificar quantas vezes ocorrem as seguintes coisas nas aulas de ciências relacionadas a adaptação de instrução feita pelos professores: o professor adapta a lição às necessidades e conhecimentos da minha turma, o professor fornece ajuda individual quando um estudante tem dificuldade em compreender um tópico ou tarefa e se o professor muda a estrutura da aula sobre um tópico que a maioria dos estudantes acham difícil de entender. As respostas dos estudantes são feitas através de uma escala Likert de quatro pontos, sendo elas: Nunca ou quase nunca, algumas lições, Muitas lições e todas as lições ou quase todas as lições.

4.4.3.5 Indicador de práticas de ensino e aprendizagem de ciências baseadas em investigação – IBTEACH

O PISA possui um Indicador sobre ensino por investigação intitulado de práticas de ensino e aprendizagem de ciências baseadas em investigação – IBTEACH. O indicador IBTEACH é derivado das questões ST098 do questionário contextual respondido pelos estudantes participantes da prova. Na tabela a seguir, é apresentado as 8 questões que compõem o índice.

***Tabela 2**: Itens do índice IBTEACH*

Itens que compõem o índice práticas de ensino e aprendizagem de ciências baseadas em investigação – IBTEACH
ST098Q01TA - Os estudantes têm a oportunidade de explicar suas ideias;
ST098Q02TA - Os estudantes passam o tempo no laboratório fazendo experimentos práticos;
ST098Q03NA - Os estudantes são obrigados a discutir questões científicas;
ST098Q05TA - Os estudantes são convidados a tirar conclusões de um experimento que realizaram;
ST098Q06TA - O professor explica como uma ideia da "ciência da escola" pode ser aplicada a vários fenômenos diferentes (por exemplo, o movimento de objetos, substâncias com propriedades semelhantes);
ST098Q07TA - Os estudantes podem projetar seus próprios experimentos;
ST098Q08NA - Há um debate de classe sobre investigações;
ST098Q09TA - O professor explica claramente a relevância dos conceitos de "ciência ampla" para nossas vidas.

Fonte: (OECD, 2017, p.314, tradução nossa).

Através dessas perguntas, se busca identificar com qual frequência ocorre cada uma das atividades ao aprender tópicos de ciências na escola. As respostas dos estudantes são feitas através de uma escala Likert de quatro pontos, sendo elas: em todas as lições, na maioria das lições, em algumas lições e nunca ou quase nunca. Para facilitar a interpretação dos resultados, os itens ST098 foram codificados de maneira reversa de modo que níveis mais altos de práticas de ensino e aprendizagem de ciências baseadas em investigação correspondam a maiores valores de dificuldades e estimativas de probabilidade ponderada.

Além dos itens relacionados à argumentação científica, pensamento ativo e coleta e análise de dados dados, característicos do ensino por investigação, o PISA adicionou dois itens sobre a aprendizagem contextualizada e aplicação do mundo real (OECD, 2016a). Isso indica que o PISA considera a orientação do professor como elemento essencial do ensino por investigação.

4.5 Modelo Empírico

Para a realização desta pesquisa, utilizamos os microdados do PISA 2015, disponíveis no site da OCDE. Para o tratamento dos dados, utilizamos o software R, com a interface R studio (R CORE TEAM, 2020).

Os modelos empíricos adotados neste trabalho, utilizando regressão linear multinível proposto por Hox (2002)[23], são apresentados a seguir. Na equação 2 é apresentado o modelo fechado, em que buscamos identificar a associação do indicador de ensino por investigação (IBTEACH) com o desempenho dos estudantes brasileiros, controlando pelas demais variáveis controles apresentadas anteriormente. No modelo, Scie se refere ao desempenho em ciências do estudante “i” na escola “j”:

Equação 2: modelo fechado empírico regressão multinível

$$Scie_{ij} = intercepto + Y_{1j}\ (gênero_masculino) + Y_{2j}\ (índice\ socioeconômico\text{-}ESCS) + Y_{i1}\ (escola\ privada\ com\ dependência\ do\ governo) + Y_{i2}\ (escola\ pública) + Y_{i3}\ (IBTEACH) + Y_{i4}\ (TEACHSUP) + Y_{i5}\ (TDTEACH) + Y_{i6}\ (PERFEED) + Y_{i4}\ (ADINST) + U_{0j} + e_{ij}.$$

Aditomo e Klieme (2020) defendem que o PISA pode ser usado para testar se existe associação entre os resultados e a investigação orientada. Buscamos a partir do modelo aberto apresentado na equação 3, responder a pergunta de pesquisa, olhando para o papel da orientação no desempenho dos estudantes brasileiros. Para isso, realizaremos a abertura do indicador de ensino por investigação, pois isso permitirá identificar quais práticas apresentam explícita orientação do professor e podermos discutir isso nesses termos. Dividiremos nossa análise em dois grupos de itens, o primeiro que apresenta clara orientação do professor (o professor explica como uma ideia da "ciência da escola" pode ser aplicada a vários fenômenos diferentes (por exemplo, o movimento de objetos, substâncias com propriedades semelhantes); O professor explica claramente a relevância dos conceitos de “ciência ampla” para nossas vidas). Enquanto que o segundo grupo apresenta atividades relacionadas à investigação sem que apresente explícita orientação do professor (os estudantes têm a oportunidade de explicar suas ideias; os estudantes passam o tempo no laboratório fazendo

23 Embora a equação teórica completa proposto por Hox (2002) apresente interação entre os dois níveis, em nossos modelos empíricos decidimos não acrescentar a interação nas análises.

experimentos práticos; os estudantes são obrigados a discutir questões científicas; os estudantes são convidados a tirar conclusões de um experimento que realizaram; os estudantes podem projetar seus próprios experimentos; há um debate de classe sobre investigações).

Equação 3: modelo aberto empírico regressão multinível

$$Scie_{ij} = \text{intercepto} + Y_{1j}\ (\text{gênero_masculino}) + Y_{2j}\ (\text{índice socioeconômico-ESCS}) + Y_{i1}\ (\text{escola privada com dependência do governo}) + Y_{i2}\ (\text{escola pública}) + Y_{i3}\ (\text{ST098Q01TA}) + Y_{i4}\ (\text{ST098Q02TA}) + Y_{i5}\ (\text{ST098Q03NA}) + Y_{i6}\ (\text{ST098Q05TA}) + Y_{i7}\ (\text{ST098Q06TA}) + Y_{i8}\ (\text{ST098Q07TA}) + Y_{i9}\ (\text{ST098Q08NA}) + Y_{i10}\ (\text{ST098Q09TA}) + Y_{i11}\ (\text{TEACHSUP}) + Y_{i12}\ (\text{TDTEACH}) + Y_{i13}\ (\text{PERFEED}) + Y_{i14}\ (\text{ADINST}) + U_{0j} + e_{ij}.$$

Capítulo 5 – ANÁLISE DESCRITIVA

A amostra para a realização dessa pesquisa contempla o número de estudantes brasileiros que participaram da prova PISA 2015, sendo o total de 23.141 participantes em todo o país.

Tabela 3: *Tabela descritiva das variáveis presentes no modelo*

Variável	N	%	
Amostra	23.141	100	
Gênero masculino	11.068	48,5	
Escola privada independente	1.708	11,1	
Escola privada com dependência do governo	75	0,1	
Escola pública	15.087	88,8	
	Média	Erro Padrão	Desvio Padrão
ESCS	-0,96	0,03	1,16
IBTEACH	0,04	0,14	1,04
TEACHSUP	0,38	0,14	0,95
TDTEACH	-0,15	0,14	1,03
PERFEED	0,18	0,13	0,96
ADINST	0,09	0,14	0,98

Fonte: Elaborado pelos autores - Microdados PISA 2015

Na Tabela 3 é observado que existe uma pequena superioridade de estudantes do gênero feminino, próximo dos 51,5% da nossa amostra. Em relação ao tipo de escola, a amostra das públicas representa cerca de 88,8%, enquanto apenas 11,1 % são escolas privadas independentes e 0,1% são privadas com dependência do governo.

Podemos constatar que em relação ao indicador ESCS, o Brasil possui uma pontuação negativa (-0.96 ± 0.03), revelando que o nível socioeconômico de um estudante médio brasileiro é inferior a uma média dos estudantes dos países pertencentes à OCDE.

Sobre o suporte de professores em aulas de ciências (TEACHSUP), no Brasil essa prática é relatada pelos estudantes com uma leve frequência superior à de países pertencentes à OCDE (0.38 ± 0.14).

No indicador de instrução científica dirigida pelo professor (TDTEACH), se percebe que os professores brasileiros tendem a realizar menos essa prática em relação à média dos países da OCDE, com média de -0.15 ± 0.14.

Em relação à devolutiva recebida (PERFEED), os estudantes brasileiros relatam que seus professores tendem a dar mais feedback (0.18 ± 0.13) se comparado à média dos países da OCDE.

O indicador de adaptação de instrução (ADINST) nos revela que os professores do Brasil como um todo, se utilizam dessas práticas na mesma proporção que os países da OCDE (0.09 ± 0.14).

Por fim, no que tange às práticas de ensino por investigação (IBTEACH), o Brasil está com uma média de 0.04 ± 0.14. Isso significa que no país como um todo, os professores utilizam essas práticas na mesma proporção que os países da OCDE. A seguir iremos analisar cada prática que compõe o índice IBTEACH.

5.1 Práticas investigativas avaliadas pelo PISA

A tabela 4 indica a frequência das práticas pedagógicas investigativas presentes nas aulas de ciências de acordo com que os estudantes relataram no questionário contextual. Sobre a prática dos professores em deixar os estudantes explicarem suas ideias durante a aula de ciência (ST098Q01TA), vemos que 41% dos estudantes na maioria das lições têm a oportunidade de se expressarem. Somente 16,4% relataram que nunca ou quase nunca possuem essa abertura durante as aulas.

Tabela 4: *Tabela descritiva da frequência das práticas pedagógicas relatadas pelos estudantes*

Variável	**N**	**%**
Amostra	14.504	100
ST098Q01TA		
Nunca ou quase nunca	2275	16,4
Em algumas lições	5721	39,4
Na maioria das lições	3911	41
Em todas as lições	2597	17,5

Variável	N	%
ST098Q02TA		
Nunca ou quase nunca	9.290	64,6
Em algumas lições	3.325	24,4
Na maioria das lições	977	6,7
Em todas as lições	625	4,3
ST098Q03NA		
Nunca ou quase nunca	2.691	19,5
Em algumas lições	6.204	44,0
Na maioria das lições	3.359	23,7
Em todas as lições	1.843	12,8
ST098Q05TA		
Nunca ou quase nunca	4.139	29,3
Em algumas lições	5.403	38,7
Na maioria das lições	2.809	20,1
Em todas as lições	1.681	11,9
ST098Q06TA		
Nunca ou quase nunca	1.455	10,7
Em algumas lições	4.451	31,8
Na maioria das lições	4.825	34,3
Em todas as lições	3.347	23,2
ST098Q07TA		
Nunca ou quase nunca	5.556	40,5
Em algumas lições	4.767	33,9
Na maioria das lições	2.291	15,8
Em todas as lições	1.433	9,8
ST098Q08NA		
Nunca ou quase nunca	5.224	37,8
Em algumas lições	4.532	33,3
Na maioria das lições	2.406	17,1
Em todas as lições	1.672	11,7

Variável	N	%
ST098Q09TA		
Nunca ou quase nunca	1.283	9,9
Em algumas lições	3.964	28,7
Na maioria das lições	4.420	31,4
Em todas as lições	4.258	30,0

Fonte: Elaborado pelos autores - Microdados PISA 2015

Referente ao item ST098Q02TA, nossos dados mostram que 64,6% dos estudantes brasileiros que fizeram a prova do PISA relatam que nunca ou quase nunca passam tempo no laboratório fazendo experimentos práticos. Se levarmos em conta aqueles estudantes que frequentam o laboratório somente em algumas lições, essa porcentagem sobe para 89% da amostra. Pouquíssimos estudantes têm a oportunidade de frequentemente realizar experimentos práticos nos laboratórios.

Acerca dos estudantes serem obrigados a discutir questões científicas (ST098Q03NA), 44% dos estudantes dizem ser cobrados a realizar esses tipos de ação em sala de aula em somente algumas lições. Apenas 19,5% relatam nunca ou quase nunca serem convidados pelo professor a discutir sobre questões de natureza científicas.

Vemos que em relação a convidar os estudantes a tirar conclusões de um experimento (ST098Q05TA), 68% dos professores brasileiros participantes do PISA não realizam ou realizam muito pouco essa prática pedagógica durante suas aulas de ciências.

A respeito da prática do professor em contextualizar uma ideia da ciência aprendida na escola e apresentar sua aplicabilidade a vários fenômenos diferentes (ST098Q06TA), vemos que 89,3% dos professores buscam em, pelo menos, algumas aulas realizar essa prática.

Sobre a questão ST098Q07TA, 40,5% dos estudantes relatam que nunca ou quase nunca possuem a oportunidade de poderem projetar seus próprios experimentos. E 33,9% dos estudantes têm a chance de realizar isso em, pelo menos, algumas lições, evidenciando a pouca utilização dessa prática por parte dos professores.

Em nossa amostra, 37,8% dos estudantes relatam que nunca ou quase nunca há um debate em sala de aula sobre investigações (ST098Q08NA). Se olharmos para todos os estudantes que dizem que não há essa prática em sala de aula ou que só tem em algumas lições, esse percentual sobe para 71,1% da nossa amostra.

Por fim, 61,4% dos estudantes dizem que na maioria ou em todas as lições os professores explicam claramente a relevância dos conceitos de ciência para nossas vidas (ST098Q09TA). Somente 9,9% relatam não presenciarem nunca ou quase nunca essa prática nas aulas de ciências.

Capítulo 6 – RESULTADOS DOS MODELOS MULTINÍVEIS

A correlação intraclasse (ICC) corresponde ao quanto da variância da proficiência é devido ao fator escola. Em nossa amostra vemos que para o modelo fechado, apresentado na tabela 5, o ICC corresponde a 0,274, ou seja, 27,4% da variância.

Tabela 5: *Dados do modelo de regressão multinível fechado*

Preditores	B	Erro pad.	t-value
Intercepto	476,62***	8,28	57,54
nível 1			
Gênero (masculino)	10,17***	2,06	4,95
ESCS	14,56***	1,35	10,77
IBTEACH	-13,28***	1,37	-9,70
TEACHSUP	-1,33	1,64	-0,81
TDTEACH	7,76***	1.37	5,67
PERFEED	-10,32***	1,63	-6,34
ADINST	12,64***	1,67	7,59
nível 2			
Escola privada com dependência do governo	-58,59***	11,70	-5,01
Escola pública	-50,92***	8,66	-5,88
Efeito Randômico			
Variância Nível 1 (σ^2)	4.658,96***	70,63	65,97
Variância Nível 2 (τ_{00})	1.762,87***	501,36	3,52

Fonte: Elaborado pelos autores - Microdados PISA 2015 *p-value ≤ 0,05 | **p-value ≤ 0,01 | ***p-value ≤ 0,001

No nosso modelo de regressão multinível fechado apresentado na tabela acima, o intercepto (476,62 ± 8,28) representa a média de uma estudante do sexo feminino, com baixo nível socioeconômico, de escola privada independente e que possuí poucas vivências com as 5 práticas pedagógicas que estão compondo o modelo.

O indicador ESCS apresenta uma associação alta com desempenho dos estudantes, sendo responsável pelo acréscimo de 14,56 ± 1,35 pontos no desempenho para cada desvio padrão do ESCS. Quanto ao gênero dos estudantes, nossos dados mostram que, no Brasil, o

desempenho dos estudantes que se intitulam do sexo masculino está em média 10,17 ± 2,06 pontos acima do desempenho feminino.

Referente ao nível da escola, a variável tipo de escola apresenta forte associação com o desempenho dos estudantes. Os discentes de escola privada independente têm médias superiores aos de escola privada com ajuda governamental e pública, com pontuação superior de 58,59 ± 11,70 e 50,92 ± 8,66, respectivamente.

No que tange aos indicadores de práticas pedagógicas dos professores, identificamos que as práticas de instrução científica dirigida por professores (TDTEACH) e adaptação de instrução (ADINST) se apresentam como boas práticas, acrescentando 7,76 ± 1,38 e 12,64 ± 1,67, respectivamente, a cada desvio padrão na pontuação dos estudantes na prova. Sobre o indicador do suporte de professores em aulas de ciências (TEACHSUP), não é encontrado associação significativa com desempenho dos estudantes (-1,33 ± 1,64, t = -0,81).

Por fim, podemos observar que os professores que se utilizam de práticas de ensino e aprendizagem de ciências baseadas em investigação (IBTEACH) e o feedback do professor percebido pelos estudantes (PERFEED) apresentam piora no desempenho dos estudantes, com respectivos valores, -13,28 ± 1,37 e -10,32 ± 1,63 a cada desvio padrão.

Em relação ao modelo aberto, apresentado na tabela 6, observamos que o ICC corresponde a 0,235, ou seja, 23,5% da variância.

Tabela 6: *Dados do modelo de regressão multinível aberto*

Preditores	B	Erro pad.	t-value
Intercepto	466,12***	9,53	48,93
nível 1			
Gênero (masculino)	12,45***	2,18	5,70
ESCS	14,77***	1,33	11,08
ST098Q01TA, *em algumas lições*	9,53*	3,73	2,56
na maioria das lições	4,50	4,36	1,03
em todas as lições	-6,36	5,10	-1,25
ST098Q02TA, *em algumas lições*	5,63	3,56	1,58
na maioria das lições	-33,39***	6,51	-5,13
em todas as lições	-22,36**	7,33	-3,05

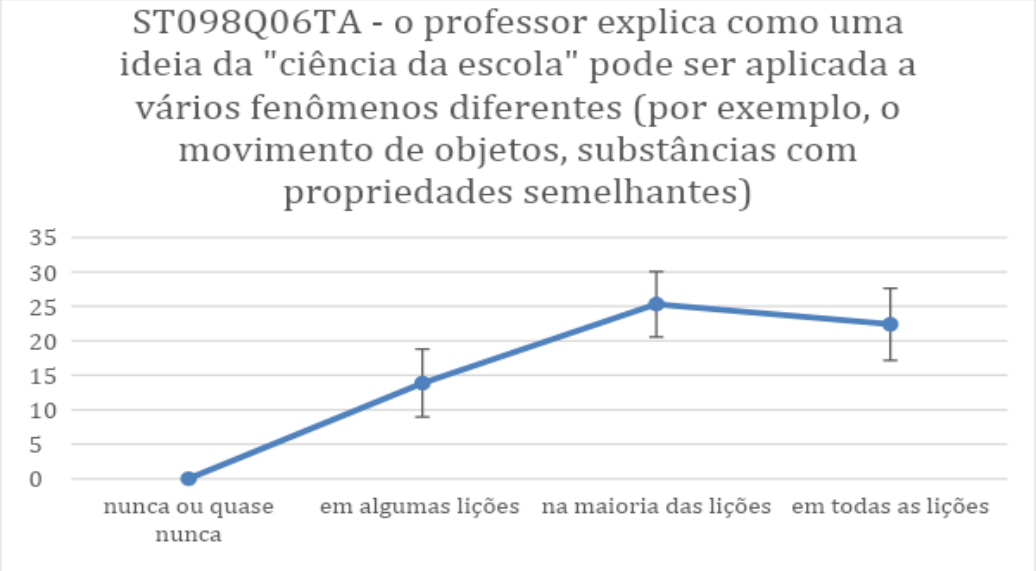
Preditores	B	Erro pad.	t-value
ST098Q03NA, *em algumas lições*	-0,81	4,16	-0,19
na maioria das lições	4,06	4,44	0,91
em todas as lições	-2,20	6,02	-0,37
ST098Q05TA, *em algumas lições*	-7,63*	3,28	-2,32
na maioria das lições	-19,10***	3,82	-5,01
em todas as lições	-23,67***	5,67	-4,18
ST098Q06TA, *em algumas lições*	13,87**	4,92	2,82
na maioria das lições	25,33***	4,75	5,35
em todas as lições	22,40***	5,24	4,27
ST098Q07TA, *em algumas lições*	-2,64	3,13	-0,84
na maioria das lições	-19,59***	4,35	-4,50
em todas as lições	-16,03**	5,70	-2,81
ST098Q08NA, *em algumas lições*	-12,58***	3,17	-3,97
na maioria das lições	-14,51***	3,85	-3,77
em todas as lições	-16,64**	5,37	-3,07
ST098Q09TA, *em algumas lições*	5,04	4,54	1,11
na maioria das lições	15,35***	4,68	3,28
em todas as lições	5,45	4,86	1,12
TEACHSUP	-2,79	1,64	-1,70
TDTEACH	6,49***	1,36	4,75
PERFEED	-9,51***	1,56	-6,12
ADINST	11,05	1,71	6,47
nível 2			
Escola privada com dependência do governo	-51,83***	10,93	-4,74
Escola pública	-44,10***	7,70	5,72
Efeito Randômico			
Variância Nível 1 (σ^2)	4338,88***	64,25	67,53
Variância Nível 2 (τ_{00})	1334,13***	388,24	3,44

Fonte: Elaborado pelos autores - Microdados PISA 2015 *p-value ≤ 0,05 | **p-value ≤ 0,01 | ***p-value ≤ 0,001

A única abordagem dentre os 8 itens que está associada ao nível mais alto de desempenho em todas as frequências de exposições relatadas envolve o professor explicando

como uma ideia de ciências pode ser aplicada a vários fenômenos diferentes como, por exemplo, o movimento de objetos, substâncias com propriedades semelhantes (ST098Q06TA). Essa abordagem teve uma relação significativa e positiva com o desempenho científico. Na figura 4 podemos ver que sua relação com o desempenho na prova em ciências aumenta com a frequência relatada pelo estudante. No nível de exposição máxima relatada (em todas as lições), há pouca ou nenhuma diferença no desempenho na prova em ciências em comparação com o nível anterior. É observado um acréscimo de 25,33 ± 4,75 pontos para os estudantes que relatam uma frequência na maioria das lições em relação aos que relatam nunca ou quase nunca alegam terem presenciado essa prática em suas aulas de ciências.

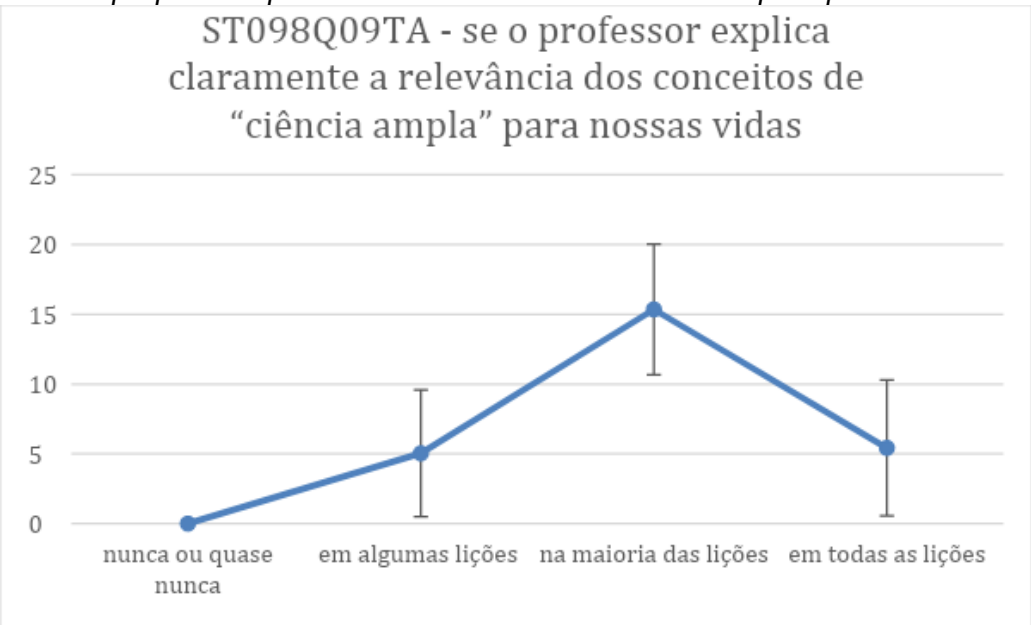
Figura 4: Relação do desempenho na prova com a frequência relatada pelos estudantes quando o professor explica a aplicabilidade de uma ideia da ciência



Fonte: Elaborado pelos autores - Microdados PISA 2015

As práticas que referem-se ao papel do professor em explicar claramente a relevância dos conceitos de ciências para a vida dos estudantes (ST098Q09TA) e os estudantes terem oportunidades de explicar suas ideias (ST098Q01TA) apresentam melhora no desempenho dos estudantes até certo nível de frequência. Nos dados do modelo aberto, estudantes que relatam ter na maioria das lições uma explicação clara do professor em relação aos conceitos de ciências para suas vidas, possuem em média 15,35 ± 4,68 a mais do que estudantes que relatam nunca ou quase nunca.

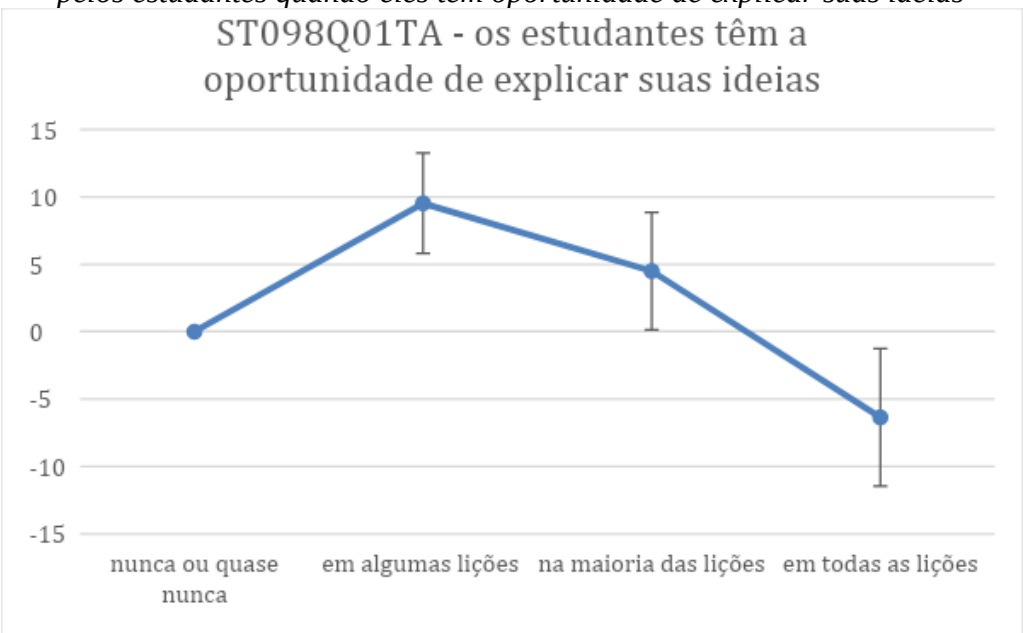
Figura 5: Relação do desempenho na prova com a frequência relatada pelos estudantes quando o professor explica a relevância dos conceitos científicos para suas vidas



Fonte: Elaborado pelos autores - Microdados PISA 2015

No que tange aos estudantes terem oportunidade de explicar suas ideias, observa-se que a frequência em algumas lições acrescenta em média 9,53 ± 6,53 a mais no desempenho na prova dos estudantes se comparado com quem não tem contato ou quase nunca tem.

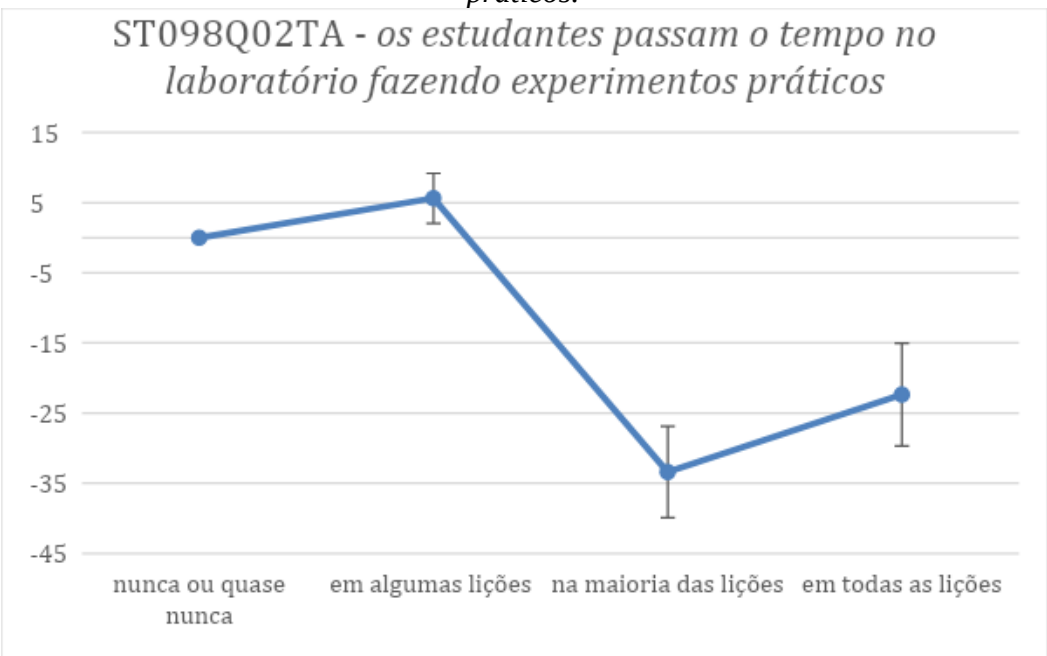
Figura 6: Relação do desempenho na prova com a frequência relatada pelos estudantes quando eles têm oportunidade de explicar suas ideias



Fonte: Elaborado pelos autores - Microdados PISA 2015

As práticas relacionadas aos estudantes passarem o tempo no laboratório fazendo experimentos práticos (ST098Q02TA), tirarem conclusões de um experimento que realizaram (ST098Q05TA), poderem projetar seus próprios experimentos (ST098Q07TA) e debates sobre investigações (ST098Q08NA) apresentam correlação negativa com o desempenho dos discentes na prova. Com respeito aos estudantes passarem o tempo no laboratório fazendo experimentos práticos, nossos dados mostram que aqueles que passam a maior parte do tempo realizando atividades dessa natureza, tem um desempenho de 33,39 ± 6,51 pontos a menos na prova se comparado com quem não tem contato ou quase nunca teve. No nível de exposição máxima relatada (em todas as lições), estatisticamente não é possível dizer se os estudantes apresentam leve melhora em relação ao nível de frequência anterior.

Figura 7: Relação do desempenho na prova com a frequência relatada pelos estudantes quando os mesmos passam o tempo no laboratório fazendo experimentos práticos.

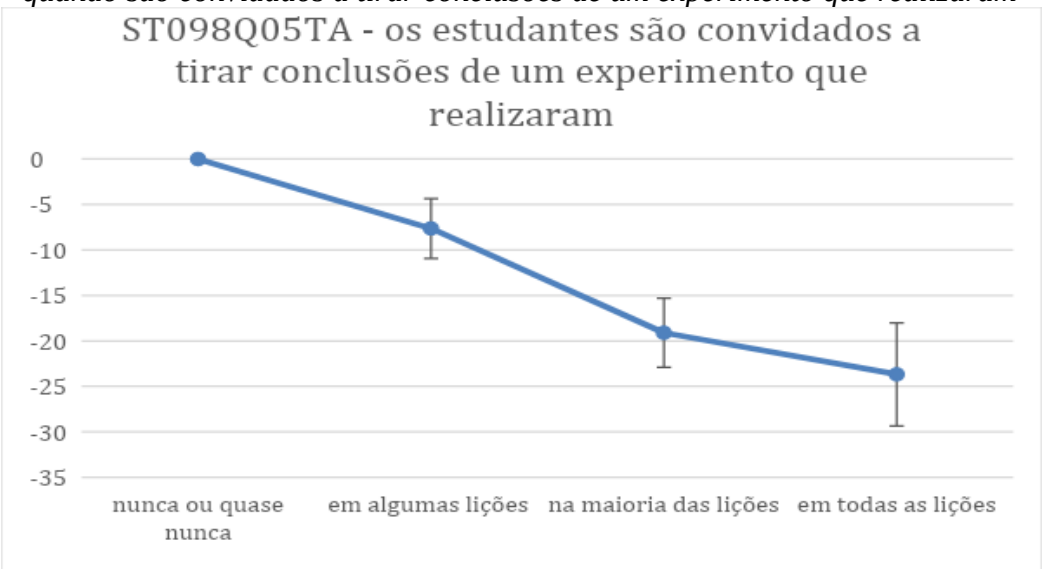


Fonte: Elaborado pelos autores - Microdados PISA 2015

No que concerne aos estudantes tirarem conclusões de um experimento que realizaram, verificamos em nossos dados que essa abordagem teve uma relação significativa e negativa com o desempenho científico. No gráfico E podemos ver que sua relação com o desempenho na prova em ciências diminui com a frequência relatada pelo estudante, embora as duas últimas faixas de frequência não apresentem diferença significativa entre elas. Um estudante

que em todas as lições é convidado a tirar conclusões de seu próprio experimento apresenta menos 23,67 ± 15,67 pontos em relação a um estudante que nunca ou quase nunca tem essa oportunidade.

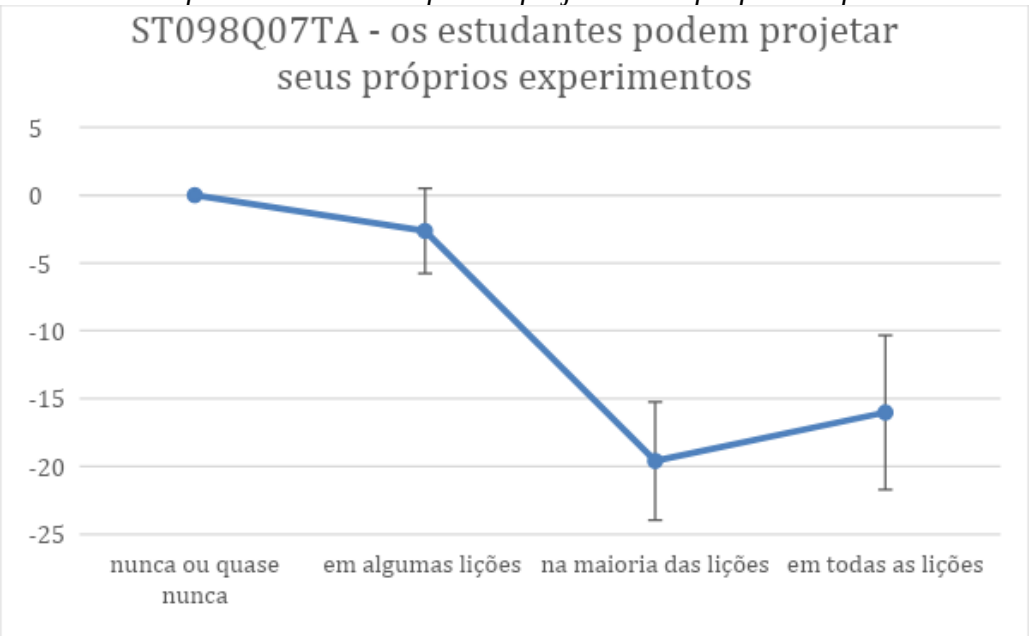
Figura 8: Relação do desempenho na prova com a frequência relatada pelos estudantes quando são convidados a tirar conclusões de um experimento que realizaram



Fonte: Elaborado pelos autores - Microdados PISA 2015

Em referência à questão ST098Q07TA, vemos que um estudante que na maioria das lições pode projetar seu próprio experimento possui um desempenho pior em relação a um estudante que não pode fazer o mesmo. Essa diferença é de 19,59 ± 4,35 pontos na média da prova.

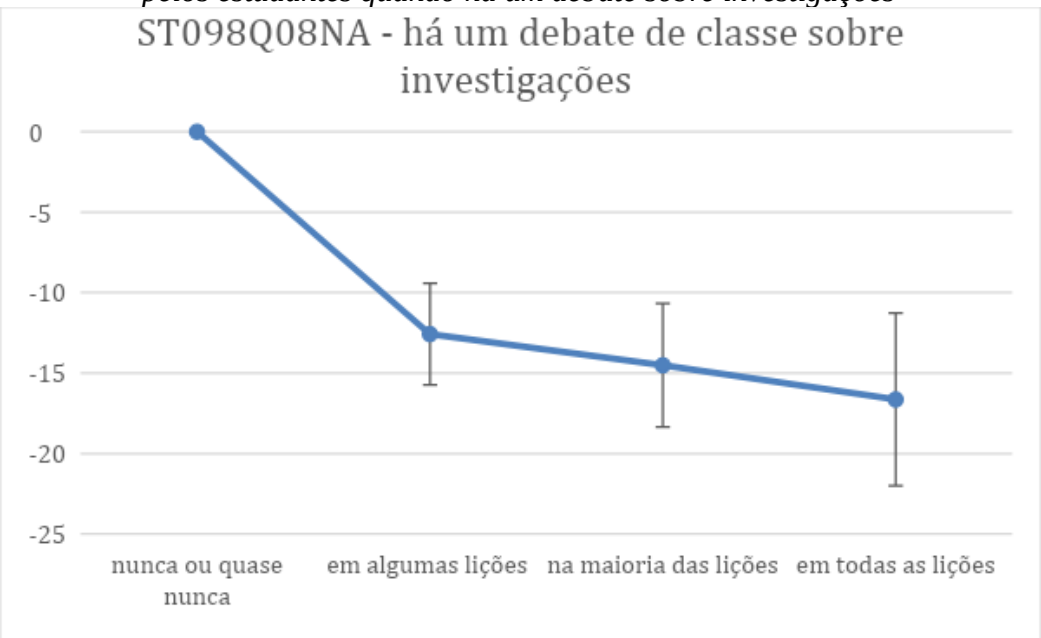
Figura 9: Relação do desempenho na prova com a frequência relatada pelos estudantes quando os mesmos podem projetar seus próprios experimentos.



Fonte: Elaborado pelos autores - Microdados PISA 2015

Referente aos debates de classe sobre investigação, em qualquer nível de frequência mais elevado é observado uma piora no desempenho dos estudantes. Contudo é impossível distinguir se essa piora estatisticamente é significativa com o aumento progressivo da frequência. Ter em todas as lições debates sobre investigação em sala de aula diminui 16,64 ± 5,37 pontos na prova em relação aos estudantes que nunca ou quase nunca presenciam essa prática em suas aulas de ciências.

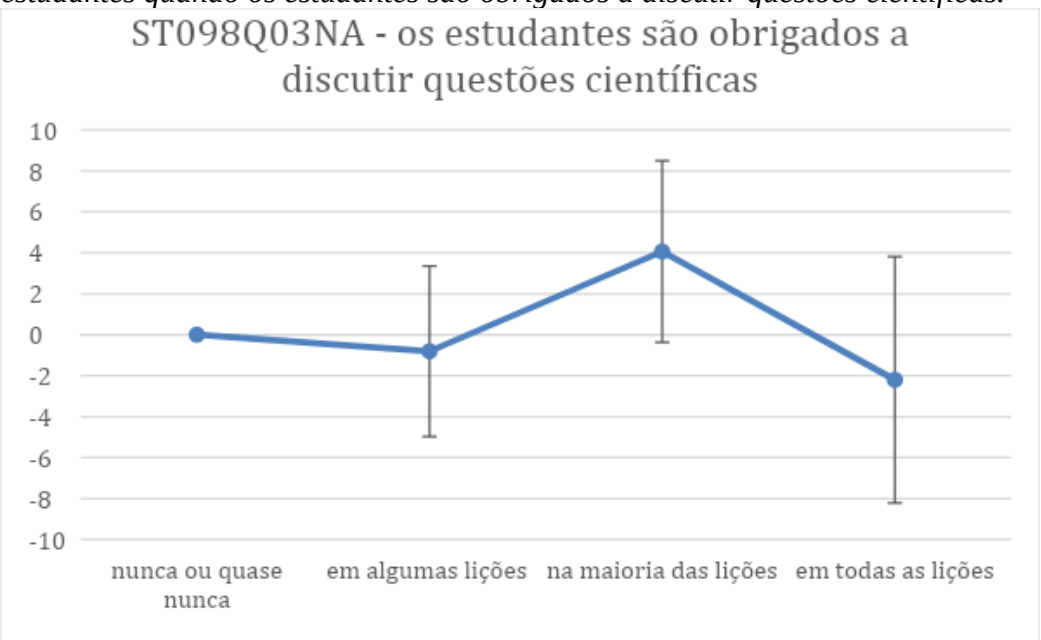
Figura 10: Relação do desempenho na prova com a frequência relatada pelos estudantes quando há um debate sobre investigações



Fonte: Elaborado pelos autores - Microdados PISA 2015

Por fim, o item referente aos estudantes serem convidados a discutir questões científicas (ST098Q03NA) não apresenta melhora ou piora no desempenho dos estudantes com o aumento da frequência relatada, além de não ser estatisticamente significativo.

Figura 11: Relação do desempenho na prova com a frequência relatada pelos estudantes quando os estudantes são obrigados a discutir questões científicas.



Fonte: Elaborado pelos autores - Microdados PISA 2015

Capítulo 7 – DISCUSSÃO

Antes de discutirmos os resultados da análise estatística derivados deste trabalho, se faz necessário realizar alguns apontamentos em um aspecto pedagógico. Na direção oposta do posicionamento deliberado e imediato de que um dado leva a uma constatação, buscamos com o resultado dessa pesquisa ampliar os horizontes e favorecer mais questionamentos. Precisamos ter em mente que as avaliações de larga escala, como o PISA, é uma dentre diversas fontes de informações para verificar e tomar decisões referentes à melhoria da qualidade da educação (TRAVITZKI, 2013). Tomar esse tipo de instrumento como sendo o único, facilita a tomada de decisão, mas a torna ruim. Em segundo lugar, todo instrumento possui limitações, e o PISA não é diferente. É preciso repensar as estratégias utilizadas por essas avaliações externas para a mensuração da alfabetização científica e o ensino por investigação. O questionário embora pergunte a frequência com que as práticas investigativas acontecem em sala de aula, não oferece parâmetros para discutir a qualidade da mesma. Ainda que os resultados encontrados nesta pesquisa apontem em uma direção, ratificamos que não devem ser entendidas como diretivas ou como normas a serem seguidas, e sim que é preciso mais pesquisas e aprofundamento.

Para se discutir a qualidade na educação, é preciso levar em conta diversos fatores. Essa pesquisa teve como objetivo principal, focar em uma das fontes de informações possíveis sobre a qualidade - o PISA - reconhecida como parâmetro externo pelo PNE (PEREIRA, 2016) e tecer a associação com o ensino por investigação. Todavia, existem outros elementos a serem analisados na qualidade, como por exemplo, a equidade. Travitzki (2017) aponta que os pilares da equidade são a igualdade de oportunidade e a inclusão. Isso significa que as condições pessoais, como nível socioeconômico e gênero, são fatores que podem ser um obstáculo para o sucesso escolar. Embora essa pesquisa não tenha elementos suficientes para tratar sobre a equidade, quando olhamos para os dados dos estudantes brasileiros no PISA através das nossas variáveis controles, é notório que é preciso caminhar bastante para atingir níveis de equidade satisfatório.

Voltando para a motivação principal desta pesquisa, nossos dados indicam que práticas pedagógicas com forte ênfase na participação do professor no processo da aprendizagem estão associadas a melhores resultados, consequentemente a melhores níveis de alfabetização científica demonstrado pelos estudantes. O primeiro indício aparece quando olhamos para o

indicador de instrução científica dirigida por professores (TDTEACH), em que apresenta uma associação positiva com o desempenho na prova. Isso evidencia que o professor tem um papel importante no processo de ensino e aprendizagem, na qual se ele explica idéias científicas, se toda discussão de classe acontece com o professor e se ele discute as perguntas dos estudantes e demonstra novas ideias, isso impacta diretamente no desempenho de seus estudantes na prova PISA. Quando atentamos para a frequência da realização dessa prática pelos docentes brasileiros, é visto uma baixa utilização em comparação com os países pertencentes à OCDE. O Segundo indicador que está associado positivamente ao desempenho dos estudantes está relacionado com a prática do professor em adaptar a lição às necessidades e conhecimentos da sua turma, fornecer ajuda individual quando um estudante tem dificuldade em compreender um tópico ou tarefa e se ele muda a estrutura da aula sobre um tópico que a maioria dos estudantes acham difícil de entender (ADINST). Nossos dados mostram que os professores das escolas brasileiras, em geral, utilizam essas práticas na mesma proporção que os professores dos países que compõem a OCDE.

Ao olhar o indicador de práticas de ensino e aprendizagem de Ciências baseadas em investigação (IBTEACH) encontramos uma associação negativa com o desempenho dos estudantes brasileiros, algo que já é conhecido na literatura internacional (SJøBERG, 2018; CAIRNS, 2019; ADITOMO; KLIEME, 2020). Apesar de ser praticado na mesma proporção que os países da OCDE, os resultados da utilização dessas práticas têm efeitos diferentes no cenário nacional. Quando olhamos para nosso modelo aberto, vemos que dentre as práticas selecionada pelo PISA para compor o índice de ensino por investigação, os itens que apresentam explícita participação do professor, como na contextualização da aprendizagem (ST098Q09TA) e aplicação do mundo real (ST098Q06TA), apresentam associações positivas com o desempenho. Esses achados vão de encontro com os resultados apresentados da meta-análise de Lazonder e Harmsen (2016) e do estudo correlacional de Aditomo e Klieme (2020). Além de ser práticas que tendem a melhorar o desempenho, é notado grande utilização dessas abordagens nas frequências relatadas pelos estudantes. Isso evidencia que o ensino de ciências nacionalmente apresenta um caráter dirigido pelo professor que busca sempre a contextualização e aplicações dos conceitos para a vida dos estudantes, algo que vale a pena ser destacado, valorizado e incentivado.

Em relação às práticas investigativas que não apresentam explícita participação e orientação do professor, é notada em quase todas uma associação negativa com o

desempenho. Isso vai de encontro com a literatura apresentada nas seções anteriores (KIRSCHNER; SWELLER; CLARK, 2006; ADITOMO; KLIEME, 2020). Aditomo e Klieme (2020) mostram que, na maioria dos países que compõem o seu estudo, a não orientação está associada ao desempenho de maneira negativa, podendo esta ser influenciado pelo contexto. Nos dados brasileiros, a única exceção está relacionada aos estudantes terem oportunidades de explicar suas ideias (ST098Q01TA), apresentando uma associação positiva com o desempenho até certo nível de frequência relatada. É importante destacar que a maioria dos professores participante da prova PISA 2015 tende a deixar seus discentes explicarem suas ideias durante as aulas de ciências de acordo com a frequência relatada pelos próprios estudantes.

As práticas voltadas ao uso do laboratório, como os estudantes passarem o tempo no laboratório fazendo experimentos práticos (ST098Q02TA), tirarem conclusões de um experimento que realizaram (ST098Q05TA) e poderem projetar seus próprios experimentos (ST098Q07TA) são práticas que apresentam correlações negativas. Nossos dados mostram que essas três práticas são pouco frequentes nas aulas de ciências. O relatório da OECD (2016b) mostra a dificuldade que é desenvolver atividades nos laboratórios para os professores. Primeiramente elas precisam ser bem projetadas e desenvolvidas, para que proporcione aos estudantes manipular ideias e não simplesmente objetos, permitindo estabelecer uma relação entre a atividade laboratorial, os conceitos e os problemas do cotidiano. Isso requer uma formação sólida com o ensino experimental, pouco presente nos cursos de formação inicial e continuada. Além do aspecto de formação, outros fatores são colocados como a falta de tempo dos professores, por longas jornada de trabalho dificultando a elaboração de atividades que demande mais esforços; falta de estrutura da escola, equipamentos e até mesmo de um espaço para o laboratório; sala de aula com turmas grandes e crenças dos professores sobre as habilidades dos discentes com atividades laboratoriais (OECD, 2016b).

É importante destacar que o fato de não haver orientação explícita, não quer dizer que não tenha orientação por parte do professor. Este é um dos pontos em que os questionários contextuais não permitem obter informações a esse respeito, dificultando a análise dos dados. Embora a orientação tenha um papel importante no desempenho, é preciso entender que tipo de orientação é empregado e favorece a performance do estudante. Isso fica evidente quando olhamos para o indicador de feedback do professor percebido pelos estudantes (PERFEED), a

realização dessa prática/orientação está associada negativamente ao desempenho. Em comparação aos países da OCDE, o professor brasileiro utiliza essa prática com mais frequência.

Outra prática associada negativamente ao desempenho e que não apresenta forte orientação do professor é a realização de debates em classe sobre investigações (ST098Q08NA). Essa é uma prática que existe pouca utilização por parte dos professores brasileiros, e a nosso ver, essencial para que os estudantes discutam e entendam a importância dessa prática no meio científico. Mesmo que a discussão sobre a natureza da investigação apareça como uma associação negativa, Carvalho (2018) e Sasseron (2018) em suas análises mostram que essa prática pode impactar o interesse do estudante em perseguir a carreira científica futuramente, influenciar suas atitudes e crenças epistemológicas em relação a ciências, valores a ser buscado, junto ao desempenho.

Por fim, o item referente aos estudantes serem convidados a discutir questões científicas (ST098Q03NA) é uma prática pouco utilizada pelos professores e não apresenta melhora ou piora no desempenho dos estudantes com o aumento da frequência relatada, além de não ser estatisticamente significativo. Sobre o indicador do suporte de professores em aulas de ciências (TEACHSUP), não é encontrada associação significativa com desempenho dos estudantes. Contudo, mesmo não apresentando melhoria no desempenho, há uma leve frequência superior à utilizada pelos professores dos países pertencentes à OCDE.

Capítulo 8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O PISA, avaliação internacional em que o Brasil participa desde o início de sua aplicação, possui uma visão particularmente econômica para o desenvolvimento da educação, principalmente por considerar o forte vínculo que há entre o desenvolvimento econômico do país com o seu desenvolvimento educacional. A partir dos relatórios e recomendações à gestão educacional dos países e, mais especificamente, com o ranking de desempenho por país, o PISA têm impactado de maneira inédita os rumos das políticas educacionais nacionais. Infelizmente esse impacto vem na esteira de uma competição internacional por melhores posições no ranking e uma baixa reflexão pedagógica que tem como consequência, por um lado, a adoção de receituários neoliberais para a educação e, por outro, um afunilamento dos objetivos educacionais assentados em pedagogias preparatórias para provas padronizadas (SJøBERG, 2015).

Posto que há muita crítica às avaliações padronizadas, não podemos negar as potencialidades que a prova PISA pode trazer, como, por exemplo, um maior interesse e investimento na educação, busca de um melhor bem-estar social das pessoas (BIESTA, 2015). Além dos bancos de dados estarem bem documentados e abertos para que os pesquisadores do mundo inteiro possam mexer neles, fazendo-o uma grande ferramenta no âmbito educacional (DOMÍNGUEZ; VIEIRA; VIDAL, 2012). Esse estudo mostrou como o PISA pode produzir contribuições para além do ranking de países, tomando como pano de fundo a discussão sobre as práticas pedagógicas, o ensino por investigação e a sua relação com a alfabetização científica.

Nos dias atuais nos parece que o principal desafio no ensino de ciências, está em manter os estudantes motivados e interessados pelas ciências. O ensino por investigação pode contribuir para elevar o interesse e a motivação dos estudantes (DEBOER, 2002), justamente por mostrar como a ciência é construída, como um processo, e a importância dela para as nossas vidas (CARVALHO, 2018; SASSERON, 2018).

Ainda que o ensino por investigação apresenta estar associado negativamente ao desempenho dos estudantes, Sjøberg (2018) defende que não se deva sacrificá-la em detrimento de subir no ranking, pois está relacionada positivamente com o interesse em perseguir a ciência futuramente, atitudes e crenças epistemológicas em relação a ciências. Do

ponto de vista pedagógico, esses resultados podem, no longo prazo, ser mais importantes do que os obtidos imediatamente na prova.

Outro ponto que precisa ser aprofundado em pesquisas posteriores é a relação entre a alfabetização científica e o ensino por investigação. Por mais que na literatura apareça que o ensino por investigação proporcione ao estudante alfabetizar cientificamente (CARVALHO, 2018), essa relação não aparece explícita nos dados do PISA 2015.

Diante deste quadro, acreditamos que o ideal não seria imediatamente retirar as práticas como elemento para o melhor desempenho em ciências de modo geral, mas sim, colocar mais questionamentos em relação ao que vem sendo intuitivamente defendido. O próprio instrumento aponta para a orientação como uma saída para uma melhor performance na prova. Rodrigues e Borges (2008) apontam para a impraticabilidade de os estudantes terem todo o tempo de aula para realizar descobertas independentes. Para os autores se faz necessário uma orientação guiada pelo professor. O papel e importância da orientação para o ensino por investigação não está bem definido na literatura (FURTAK et al., 2012), sendo defendida como elemento fundamental da investigação por alguns, enquanto outros defendem que ela não faz parte do que concerne às atividades investigativas escolares.

Em síntese, sobre as análises de relatórios da OCDE, Pettersson e Molstad (2016) indicam que o professor é visto pela organização como sendo importante e crucial para a transformação e o desenvolvimento da educação. Nossos resultados, também apontam para essa direção, seja pela orientação, como na contextualização da aprendizagem (ST098Q09TA) e aplicação do mundo real (ST098Q06TA), pelas instruções científicas dirigidas (TDTEACH) ou pelo fato de conhecer sua turma e ter a capacidade pedagógica de adaptar as lições às necessidades e conhecimentos dela. O professor é um elemento de suma importância para a melhora da qualidade educacional. Acredito que se faz necessário mais pesquisas para melhor investigar os índices de práticas de professores propostos pelo PISA, a fim de tanto entender e melhorar o instrumento com sugestões à OCDE para as próximas edições, quanto entender melhor o papel das práticas pedagógicas no desenvolvimento da alfabetização científica.

Embora a qualidade educacional esteja relacionada com os professores, é preciso entender que a profissão docente “requer um esforço, habilidade, inteligência, conhecimento, sensibilidade, ética e paciência para lidar com as tensões cotidianas e filosóficas”, portanto não faz sentido colocar a culpa pelos maus resultados nos professores (TRAVITZKI, 2013, p.38). Sendo que ele é somente um dos agentes no processo de educação, e sua prática é

influenciada por diversos fatores, como formação inicial e continuada, condições de trabalho, valorização da carreira, etc. Podemos ventilar que o professor de uma escola estadual no Brasil pode não ter a formação e/ou apoio necessário para implementar em suas aulas o ensino por investigação de maneira satisfatória.

Em concordância com isso, Aditomo e Klieme (2020) sustentam que os resultados positivos de estudos experimentais podem ser um reflexo de que as atividades investigativas geralmente são feitas em programas inovadores, com turmas selecionadas. Enquanto que os resultados negativos apresentados pelas provas de larga escala, na visão dos autores, refletem as atividades do ensino por investigação feita nas escolas regulares. As avaliações externas, como o PISA, estão avaliando atividades investigativas de profissionais que não possuem formação necessária para desenvolvê-las de maneira satisfatória. Ainda mais quando a própria definição de ensino por investigação possui inúmeras vertentes, dificultando conceitualizá-las e mensurá-las.

Nesse sentido, é essencial repensarmos a formação dos professores em diferentes esferas. De nossa perspectiva, existe pouco ou quase nenhum enfoque na formação inicial em relação aos diferentes tipos de avaliação educacional. Em especial referente às avaliações externas, que fazem cada vez mais parte da vida do professor, seja por interesses demonstrados pelos estudantes a participação de determinada avaliação ou pressões institucionais ou governamentais. Pizarro e Lopes (2017) apontam os fatores que a prova do PISA pode contribuir na formação de professores, como por exemplo, ajudar os docentes a conhecer mais sobre os processos da ciência significativas para a educação e como é possível avaliá-los. Ela também cria subsídios para os professores poderem selecionar atividades que envolvam os conceitos aprendidos em salas de aulas e possuam ligação clara com o cotidiano dos estudantes, enfatizando as diferentes ênfases do processo científico.

Particularmente para os professores, estes resultados também não podem ser vistos de maneira superficial. Pelo contrário, devem ser colocados em vista de contribuir de maneira mais efetiva e complementar para as práticas que vêm sendo desenvolvidas em sala de aula. Possibilitando, por um lado, fornecer reflexões às práticas docentes desenvolvidas na escola, a fim de potencializar a alfabetização dos estudantes no ensino de ciências, por outro lado, avançar em perspectivas para além do ranking e a responsabilização, que são gerados pelos resultados dessas avaliações. Para além dos questionamentos já colocados, ratificamos que não se deve considerar o ranking como único produto. É preciso mais pesquisas e estudos,

sendo necessário trabalhos futuros, a fim de solidificar os argumentos e posicionamentos aqui demonstrados para a prova do ano de 2015.

Capítulo 9 – REFERÊNCIAS

ABD-El-KHALICK, F.. et al. Inquiry in Science Education: International perspectives. **Science Education**, v. 88(3), p. 397 - 419, 2004. DOI: 10.1002/sce.10118.

ABERASTURY, A. S. **Fatores associados ao desempenho escolar no Uruguai**: Análise via modelos lineares hierárquicos com valores plausíveis. 2019. Dissertação (Mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Métodos e Gestão em Avaliação, Florianópolis, 2019. doi:10.11606/D.48.2010.tde-22062010-135357. Acesso em: 2019-08-25.

ADITOMO, A., & KLIEME, E. Forms of inquiry-based science instruction and their relations with learning outcomes: Evidence from high and low-performing education systems. **International Journal of Science Education**. v. 42:4, p. 504-525, 2020 doi: DOI:https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1716093

AGRESTI, A.; FINLAY, B. Métodos estatísticos para as Ciências Sociais: métodos de pesquisa. 4. ed. Porto Alegre: **Penso**, 2012

AINLEY, M.; AINLEY, J. Student engagement with science in early adolescence: The contribution of enjoyment to students' continuing interest in learning about science. **Contemporary Educational Psychology**, v. 36, n. 1, p. 4–12, jan. 2011.

ALAVARSE, O. M.; BRAVO, M. H.; MACHADO, C. Avaliações externas e qualidade na educação básica: articulações e tendências. **Estudos em Avaliação Educacional**, São Paulo, v. 24, n. 54, p. 12-31, jan./abr. 2013. Disponível em: https://www.fcc.org.br/pesquisa/publicacoes/eae/arquivos/1783/1783.pdf. Acesso em 02 mai. 2020.

ALIVERNINI, F.; MANGANELLI, S. Country, School and Students Factors Associated with Extreme Levels of Science Literacy Across 25 Countries. International **Journal of Science Education**, v. 37, n. 12, p. 1992–2012, 13 ago. 2015.

ANDRADE, A. G. de. et al. Quality in Distance Education: a polysemic concept. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, p. e26101320910, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i13.20910. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/20910. Acesso em: 3 nov. 2021.

BLANCHARD, M. R. et al. Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. **Science Education**, Vol. 94/4, p. 577-616, 2010.

BIESTA, G. Resisting the seduction of the global education measurement industry: notes on the social psychology of PISA. **Ethics and Education**, v. 10, n. 3, p. 348–360, 2 set. 2015.

BIFIE, ROBITZSCH A.; OBERWIMMER, K. **BIFIEsurvey**: Tools for survey statistics in educational assessment. R package version 3.4-3, 2019. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=BIFIEsurvey>. Acesso em: 10 jan. 2020

CAIRNS, D. Investigating the relationship between instructional practices and science achievement in an inquiry-based learning environment. **International Journal of Science Education**, v.41:15, p. 2113-2135, 2019. DOI: 10.1080/09500693.2019.1660927

CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852> DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018183765.

CHI, S. et al. Moderation of the effects of scientific inquiry activities on low SES students' PISA 2015 science achievement by school teacher support and disciplinary climate in science classroom across gender. **International Journal of Science Education**, v. 40, n. 11, p. 1284–1304, 24 jul. 2018.

DEBOER, G. E. Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 6, p. 582–601, 2000.

_____, G. E. Student-Centered Teaching in a Standards-Based World: Finding a Sensible Balance. **Science & Education**, v. 11, n. 4, p. 405–417, 1 jul. 2002.

_____, G. E. Historical Perspectives On Inquiry Teaching In Schools. In: FLICK, L. B.; LEDERMAN, N. G. (Eds.). **Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education**. Science & Technology Education Library. Dordrecht: Springer Netherlands, p. 17–35, 2006.

DOMÍNGUEZ, M.; VIEIRA, M.-J.; VIDAL, J. The impact of the Programme for International Student Assessment on academic journals. **Assessment in Education: Principles, Policy & Practice**, v. 19, n. 4, p. 393–409, 1 nov. 2012.

DOURADO, L.F.; OLIVEIRA, J.F.; SANTOS, C.A. A qualidade da educação: conceitos e definições. **Série Documental**: Textos para Discussão, Brasília, DF, v. 24, n. 22, p. 5-34, 2007

DOURADO, L. F.; OLIVEIRA, J. F. DE. A qualidade da educação: perspectivas e desafios. **Cadernos CEDES**, v. 29, n. 78, p. 201–215, ago. 2009.

FERNANDES, Y. S. **Qualidades educacionais e educação em direitos humanos**: possibilidades para uma proposta contra-hegemônica de qualidade. 2020. Tese (doutorado), – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Educação, 2020. Acesso em: 2021-06-15

FRANCO, A. M. de P. **Os determinantes da qualidade da educação no Brasil**. 2009. Tese (Doutorado em Teoria Econômica) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. doi:10.11606/T.12.2009.tde-27032009-100849. Acesso em: 2019-08-25.

FONSECA, M. Políticas públicas para a qualidade da educação brasileira: entre o utilitarismo econômico e a responsabilidade social. **Cadernos CEDES**, v. 29, n. 78, p. 153–177, ago. 2009.

FURTAK, E.M. et al. Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: a meta-analysis, **Review of Educational Research**, Vol. 82/3, p. 300-329, 2012.

GILLEECE, L.; COSGROVE, J.; SOFRONIOU, N. EQUITY IN MATHEMATICS AND SCIENCE OUTCOMES: CHARACTERISTICS ASSOCIATED WITH HIGH AND LOW ACHIEVEMENT ON PISA 2006 IN IRELAND. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 8, n. 3, p. 475–496, 1 jun. 2010.

GUSMÃO, J. B. B. de. **Qualidade de educação no Brasil**: consenso e diversidade de significados. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. doi:10.11606/D.48.2010.tde-22062010-135357. Acesso em: 2019-08-25.

HATTIE, J.A.C. Visible Learning: A Synthesis of over 800 Meta-analyses Relating to Achievement, **Routledge**, London and New York, 2009.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. **Science Education**, v. 88, n. 1, p. 28–54, 1 jan. 2004.

HOX, J. **Multilevel analysis**: techniques and applications. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2002.

HOX, J. J; MOERBEEK, A; SCHOOT, R.V. de. Multilevel Analysis : Techniques and Applications, Third Edition. [s.l.] **Routledge**, 2018.

INEP (2016). **Brasil no PISA 2015** Análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros, site: http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2015/ pisa2015_completo_final_ baixa.pdf

KLEIN, R.; FONTANIVE, N.S.F. Avaliação em larga escala: uma proposta inovadora. **Em Aberto**, Brasília, DF, ano 15, n.66, p. 29-34, abr./jun, 1995.

KIRSCHNER, P. A.; SWELLER, J.; CLARK, R. E. Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching, **Educational Psychologist**, v.41:2, p. 75-86, 2006. DOI: 10.1207/s15326985ep4102_1

LAM, T. Y. P.; LAU, K. C. Examining Factors Affecting Science Achievement of Hong Kong in PISA 2006 Using Hierarchical Linear Modeling. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 15, p. 2463–2480, 13 out. 2014.

LAROS, J. A.; MARCIANO, J. L. Análise multinível aplicada aos dados do NELS:88. **Estudos em Avaliação Educacional**, São Paulo, v. 19, n. 40, p. 263-278, maio/ago. 2008

LAU, K.; LAM, T. Y. Instructional practices and science performance of 10 top-performing regions in PISA 2015. **International Journal of Science Education**, v. 39, n. 15, p. 2128–2149, 13 out. 2017.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. de C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte. 2007, v. 09, n. 01, p. 89-111. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172007090107>. Epub Jun 2007. ISSN 1983-2117. https://doi.org/10.1590/1983-21172007090107

OECD (2016a), **PISA 2015 Assessment and Analytical Framework**: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy, PISA, OECD Publishing, Paris. http://dx.doi.org/10.1787/9789264255425-en

OECD (2016b), **PISA 2015 Results** (Volume II): Policies and Practices for Successful Schools, PISA,OECD Publishing, Paris. http://dx.doi.org/10.1787/9789264267510-en

OECD (2017). **PISA 2015 Technical Report**. Paris: OECD Publications.

PEREIRA, G. A. M. **O PISA como par metro de qualidade para as políticas educacionais no Brasil e na Espanha**: pressupostos epistemológicos. 2016. Tese (Doutorado em Educação) - Setor de Educação, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2016.

PETTERSSON, D; MOLSTAD, C E. PROFESSORES DO PISA: A ESPERANÇA E A REALIZAÇÃO DA EDUCAÇÃO. **Educação & Sociedade**, v. 37, n. 136, p. 629-645, 2016.

PIZARRO, M. V; LOPES, J. OS SISTEMAS DE AVALIAÇÃO EM LARGA ESCALA E SEUS RESULTADOS: O PISA E SUAS POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte) [online]. 2017, v. 19, e2776. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172017190119>. Epub 23 Out 2017. ISSN 1983-2117. https://doi.org/10.1590/1983-21172017190119.

R Development Core Team. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2011. (Retrieved from: http://www. R-project.org/)

RAUDENBUSH, S. W.; BRYK, A. S. Hierarchical Linear Models: applications and data analysis methods. Thousand Oaks: **Sage Publications**, 2002.

RODRIGUES, B. A.; Borges, A. T. . O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. In **Anais do Encontro de Pesquisa em Ensino Física**, 10. Curitiba, PR, 2008.

SANTOS, W. L. P. DOS. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, v. 12, n. 36, p. 474–492, dez. 2007.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. DE. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59–77, 2011.

SASSERON, L. H. **Práticas em aula de ciências**: o estabelecimento de interações discursivas no ensino por investigação. 2018. Tese (Livre Docência em Ensino de ciências) - Faculdade de Educação, University of São Paulo, São Paulo, 2018. doi:10.11606/T.48.2019.tde-01082019-120320. Acesso em: 2021-10-30.

SILVA, F. A. **As avaliações externas e as possibilidades de diálogo com os professores de Físic**a. 2020. Tese (Doutorado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. doi:10.11606/T.81.2020.tde-16062020-173038. Acesso em: 2021-11-04.

SJøBERG, S. PISA and Global Educational Governance – A Critique of the Project, its Uses and Implications. **EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, v. 11, n. 1, p. 111-127, 2015.

SJøBERG, S. The power and paradoxes of PISA: Should inquiry-based science education be sacrificed to climb on the rankings? **Nordic Studies in Science Education**, v.14 n.2, p. 186–202, 2018.

SOUSA, D. G. de. **Determinantes da qualidade do ensino**: um estudo na rede pública do estado de São Paulo. 2018. Dissertação (Mestrado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. doi:10.11606/D.12.2019.tde-25022019-152400. Acesso em: 2020-10-25.

SUN, L.; BRADLEY, K. D.; AKERS, K. A Multilevel Modelling Approach to Investigating Factors Impacting Science Achievement for Secondary School Students: PISA Hong Kong Sample. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 14, p. 2107–2125, 1 set. 2012.

TOMUL, E.; ÇELIK, K. The relationship between the students' academics achievement and their socioeconomic level: cross regional comparison. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, World Conference on Educational Sciences: New Trends and Issues in Educational Sciences. v. 1, n. 1, p. 1199–1204, 1 jan. 2009.

TRAVITZKI, R. **ENEM**: limites e possibilidades do Exame Nacional do Ensino Médio enquanto indicador de qualidade escolar. 2013. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. doi:10.11606/T.48.2013.tde-28062013-162014. Acesso em: 2019-08-25.

_____, R. Qualidade com Equidade Escolar: Obstáculos e Desafios na Educação Brasileira. **Revista Iberoamericana sobre Calidad**, Eficacia y Cambio en Educación, vol. 15, n. 4, p. 27-49, 2017.