UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS

SIRLLEY JACKELLINE SILVA GADÉA

Aprendizagem sobre flutuação nos anos iniciais através da inserção de atividades investigativas

Salvador
2016

SIRLLEY JACKELLINE SILVA GADÉA

Aprendizagem sobre flutuação nos anos iniciais através da inserção de atividades investigativas

Trabalho de dissertação apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia e da Universidade Estadual de Feira de Santana, para defesa e avaliação como requisito para obtenção do grau de mestrado em Ensino de Ciências.

Orientadora: Profª Drª Amanda Amantes Neiva Ribeiro
Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Drumond Vieira

Salvador
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS

SIRLLEY JACKELLINE SILVA GADÉA

Aprendizagem sobre flutuação nos anos iniciais através da inserção de atividades investigativas

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências – UFBA/UEFS

Salvador, 17 de Março de 2016.

Banca Examinadora:

Amanda Amantes Neiva Ribeiro_____
Doutora em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil (2009). Professora Adjunta da Universidade Federal da Bahia – UFBA. Faculdade de Educação/Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

Rodrigo Drumond Vieira_____
Doutor em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil (2009. Professor Adjunto da Faculdade de Educação da Universidade Federal Fluminense (UFF).

Rosiléia Oliveira de Almeida_____
Doutora em Educação pela Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Brasil. Professora Adjunta da Universidade Federal da Bahia – UFBA. Faculdade de Educação/Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

Paulo Roberto Menezes Lima Júnior_____
Doutor em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Brasil. Professor Adjunto da Universidade de Brasília, UnB, Brasil.

Salvador
2016

Dedico este trabalho aos meus pais, Jackson Gadéa e Eugrácia Gadéa e ao meu irmão, Lincoln Gadéa pelo exemplo de família, amor e perseverança. À Chris e meus sobrinhos (Pedro e Rafael) por todo amor e carinho. Vocês são minha fortaleza, meu porto seguro, meu tudo...

Ao meu esposo, Ananias, pelo amor, apoio e carinho constantes durante esses anos...

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Os caminhos trilhados até aqui, certamente, trouxeram-me grandes contribuições. Cai, levantei, renovei minhas forças e aprendi muitas coisas. Construí novos conhecimentos, renovando minha formação acadêmica e pessoal à medida que conquistava cada etapa. Nesta longa trajetória, contei com o apoio de pessoas muito queridas, com as quais tive o prazer de trocar ideias e de quem sempre recebi todo o amor, carinho e incentivo necessários à construção e conclusão desse trabalho.

O meu maior agradecimento eu dirijo a Deus por permitir que aqui esteja e por conceder-me a força necessária para continuar e caminhar com meus pés. Por não me deixar cair e por tornar-me mais forte, quando isso aconteceu, para que pudesse continuar nesta jornada...

Aos meus pais, Jackson e Eugrácia, pelo apoio incondicional e por acreditarem em mim, sempre! Vocês são fundamentais na minha formação e na profissional que eu sou hoje. Em especial, à minha Mãe pela garra e determinação, por todo amor e por tudo mais que tens feito por mim. Ao meu irmão Lincoln, pelo carinho e apoio em todos os momentos. Aos meus sobrinhos, meus amores, por transformarem os meus dias tristes em momentos de grandes alegrias e às minhas cunhadas (Chris e Alda). É por todos vocês que estou aqui!

Ao meu esposo, Ananias, obrigada pelo amor, carinho, paciência e compreensão nos momentos de desespero. Obrigada pelos seus conselhos nos momentos de dificuldade e pela cumplicidade...

Aos meus orientadores Profª. Amanda Amantes e Prof. Rodrigo Drumond, pela paciência, dedicação e amizade. Obrigada pelas contribuições, pelos momentos de discussão e aprendizado e, por acreditarem mais no trabalho do que eu mesma. Compreendo que este resultado é fruto de um esforço mútuo e que reconhecer as minhas limitações foi um bom aprendizado. Às professoras Rosiléia Oliveira e Silvânia Nascimento pelas grandes contribuições na qualificação, indicando as mudanças necessárias às melhorias do trabalho. A partir dessas contribuições pude repensar os caminhos, direcionando e utilizando os reforços à

construção deste “novo” trabalho. Aos professores Paulo Lima e Rosiléia pelas contribuições e reconhecimento do trabalho e sua pertinência na área de Educação. A todos vocês, meu muito obrigado!!

Aos meus amigos e familiares pelo apoio e incentivo. Aos eternos amigos Deise Benn e Moisés Cruz pela, amizade e parceria nesta jornada de disciplinas e a Madaya Aguiar, Caio Agra, Silvia Porto e Júnior, pelas imensas contribuições sempre que possível. Obrigada a todos pela amizade e críticas, sempre que necessário. Aos companheiros do grupo de pesquisa Agamenon, Natan, Lídia, Klayton, Fernanda e Tamila por compartilharem os momentos de discussões e contribuições. Aos colegas e professores de mestrado, que, de algum modo, contribuíram com a minha formação.

Às Professoras, Diretoras e demais funcionários das duas escolas parceiras, pois sem a ajuda de vocês não teríamos conseguido desenvolver esta pesquisa. Espero um dia poder retribuir toda a confiança depositada nesse estudo.

À todos, que contribuíram diretamente ou indiretamente o meu muito obrigado!!

RESUMO

Relatamos nesse trabalho uma investigação sobre o entendimento dos estudantes do 3º ao 5º ano do Ensino Fundamental sobre conceitos físicos presentes no conteúdo de flutuação, quando submetidos a duas intervenções de caráter investigativo. O estudo foi aplicado em uma instituição da rede particular e outra da rede pública. Verificamos em que medida as intervenções de natureza investigativa promoveram mudanças de entendimento dos sujeitos, analisando os possíveis preditores de aprendizagem (escola, gênero, série), o contexto de ensino, a natureza das questões mais aprendidas e a dependência da evolução do entendimento em relação ao conhecimento prévio. Adotamos a perspectiva teórica de desenvolvimento cognitivo (FISCHER, 1980; PIAGET, 1973; COMMONS, 1998; CASE, 1985, 1992; BIGGS E COLLIS, 1991) para identificar os níveis hierárquicos de complexidade do entendimento estabelecidos pela Taxonomia SOLO. Interpretamos o entendimento dos estudantes através de diferentes tarefas: dois testes de conhecimento e dois exercícios que compõem as atividades investigativas. Essas tarefas foram aplicadas a uma amostra de noventa e cinco estudantes e submetidas a método misto de análise (quali-quanti). Construímos um sistema categórico, com base na Taxonomia SOLO (BIGGS & COLLIS, 1982), para categorizar as respostas dos sujeitos transformando-as em dados dicotômicos. A qualidade dos níveis de entendimento alcançados pelos estudantes foi avaliada através dessa categorização e, por meio dos mapas de episódios, descrevemos as particularidades do contexto de ensino. A partir da matriz dicotômica obtida pela transformação das categorias, modelamos os dados através de métodos Rasch (1960) e obtivemos uma escala intervalar. Utilizamos as medidas obtidas pela modelagem para verificar as mudanças do ganho no entendimento dos estudantes, identificar os possíveis fatores de influência da aprendizagem e os índices de dificuldade dos itens. Também foi possível comparar as atividades investigativas para verificar qual faceta do entendimento foi mais difícil de ser alcançada pelos alunos. Verificamos que o ganho do entendimento depende do conhecimento inicial dos sujeitos, mas essa dependência é negativa. A atividade investigativa promoveu mudanças dos níveis de entendimento e apenas o fator escola pode ser considerado como preditor de aprendizagem.

Palavras-chave: Aprendizagem, Ensino de Física, Anos Iniciais.

ABSTRACT

On this work, we report an investigation into the understanding of students attending to elementary school Initial Series, 3rd to 5th grade, on physical concepts present on the subject “floating” when submitted to two investigative interventions. The study was applied in two schools: one public and one private. We observed to what extent the investigative interventions promoted changes on the subjects’ understanding, analyzing the possible learning predictors (school, gender, grade), the educational context, the nature of the learned points and how much the evolution of understanding depends on prior knowledge. We consider the theory of cognitive development (Fischer, 1980; Piaget, 1973; COMMONS, 1998, CASE 1985, 1992; BIGGS AND COLLIS, 1991) to identify the complexity levels of understanding established by the SOLO taxonomy. We expound the students’ understanding through different tasks: two tests of knowledge and two exercises that are part of the investigative activities. These tasks were applied to a sample of ninety-five students and subjected to mixed method analysis (qualitative and quantitative). We set up a categorical system, based on SOLO taxonomy (BIGGS & COLLIS, 1982) to categorize the individual answers, converting them into dichotomous data. The quality of the understanding level achieved by the students was evaluated based on this categorization. The particulars of the teaching context were described by episode maps. From the dichotomous matrix obtained by transforming the categories, we modeled the data applying Rasch methods (1960) and an interval scale was produced. The measurements were used to verify the changes in the understanding gain of the students, identify possible learning influence factors and levels of difficulty of the items. It was also possible to compare the investigative activities to examine which facet of understanding were harder to be achieved by the students. We found that the understanding gain depends on the initial knowledge of the subject, but this dependence is negative. The investigative activities promoted changes of the levels of understanding and only the school factor can be regarded as predictor of learning.

Keywords: Learning, Physics Teaching, Early Years.

.

LISTA DE SIGLAS

AI - Atividade Investigativa.

SOLO - Structure of the observed learning outcome.

PCNs – Parâmetros Curriculares Nacionais

PE - Pré-estrutural.

UE - Uni-estrutural.

ME - Multi-estrutural.

R - Relacional.

AE - Abstrato estendido.

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

RL - Regressão Linear.

RM - Regressão Múltipla.

TN K-S – Teste de Normalidade Kolmogorov-Smirnov

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Sujeitos da pesquisa. Fonte de dados da pesquisa. 55

Tabela 2: Natureza das questões. Fontes de dados da pesquisa. 65

Tabela 3: Dados relativos às medidas de proficiência das medidas das pessoas. Fonte de dados da pesquisa. 97

Tabela 4: Resultados do Teste simples Kolmogorov-Smirnov (K-S). Fonte de dados da pesquisa. 99

Tabela 5: Parâmetros obtidos na Regressão Linear. Fonte de dados da pesquisa. 100

Tabela 6: Diferença entre as médias dos grupos analisados. Fonte de dados da pesquisa. 102

Tabela 7: Modelo fornecido pelo teste de Regressão Múltipla para o ganho do entendimento em relação aos preditores. Fonte de dados da pesquisa. 105

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desenho de pesquisa. 27

Figura 2: Traduzido de BIGGS, J & TANG, C. The Society for Research into Higher Education & Open University Press. Teaching for Quality Learning at University. Terceira Edição. (2007). 40

Figura 3: P representa o nível pré-estrutural do modo formal, que corresponde, nesse exemplo, ao relacional do segundo ciclo do modo concreto-simbólico (pode corresponder a qualquer nível de complexidade do concreto-simbólico). A representa o nível abstrato estendido do concreto simbólico, que corresponde ao uni-estrutural do modo formal. Fonte: AMANTES, 2005. 41

Figura 4: Ilustração do "submarino" usado na intervenção. Fonte de dados da pesquisa. 62

Figura 5: Desenho de coleta de dados. Fonte de dados da pesquisa. 67

Figura 6: Cronograma de ações da pesquisa. Fonte de dados da pesquisa. 75

Figura 7: Sujeitos do estudo piloto. Fonte de dados da pesquisa. 77

Figura 8: Mapa de itens pré-teste x amostra. Fonte de dados da pesquisa. 109

Figura 9: Mapa de itens exercícios x amostra. Fonte de dados da pesquisa. 112

Figura 10: Exemplo de resposta de uma estudante do 5º ano da escola Particular. Fonte de dados da pesquisa. 114

Figura 11: Mapa de itens pós-teste x amostra. Fonte de dados da pesquisa. 116

Figura 12: Flutua ou afunda. 134

Figura 13: Representação do barco e do submarino na água. 135

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Exemplo de Mapa de episódio do 3º ano, da escola Particular, sobre a atividade de Flutuação do Ovo. Fonte de dados da pesquisa. 74

Quadro 2: Exemplo de respostas dos estudantes do 4º e 5º anos à pergunta: Por que os navios flutuam e os submarinos afundam? Fonte de dados da pesquisa..... 78

Quadro 3: Exemplo de mapa de episódio (experimento de flutuação do ovo) da turma do 4º ano da escola particular. Fonte de dados da pesquisa. 86

Quadro 4: Exemplo de mapa de episódio (experimento de flutuação do submarino) da turma do 4º ano da escola particular. Fonte de dados da pesquisa 87

Quadro 5: Análise temática dos mapas de episódio da intervenção 1. Fonte de dados da pesquisa.. 92

Quadro 6: Análise temática dos mapas de episódio da intervenção 2. Fonte de dados da pesquisa.. 93

Quadro 7: Exemplo de categorização das respostas dos estudantes à pergunta: O que acontece dentro do submarino para que ele afunde? Fonte de dados da pesquisa. 95

Quadro 8: Exemplo de tabulação dos dados com escala Guttman. Fontes de dados da Pesquisa..... 96

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Ganho do entendimento dos estudantes do 4º ano. Estudo Piloto. Fonte de dados da pesquisa. 79

Gráfico 2: Ganho do entendimento dos estudantes do 5º ano. Estudo Piloto. Fonte de dados da pesquisa. 79

Gráfico 3: (1) Resolvendo o desafio; (2) Narrativas dos estudantes. Estudo piloto. Fonte de dados da pesquisa. 80

Gráfico 4: Dados descritivos das questões pós-atividade investigativa. (a) O ovo afunda ou flutua na água pura? Por quê? (b) Por que o ovo flutua de um jeito e afunda de outro? (c) Qual a diferença em colocar o ovo para flutuar na água com sal e na água com açúcar. Estudo piloto. Fonte de dados da pesquisa. 81

Gráfico 5: Ganho do entendimento dos estudantes do 3º ao 5º ano do Ensino Fundamental, considerando os valores médios dos instrumentos de coleta. Fonte de dados da pesquisa. 98

Gráfico 6: Gráfico de Regressão Linear, representando o Ganho x Pré-teste. Fonte de dados da pesquisa. 101

Gráfico 7: Médias de desempenho dos estudantes dos grupos analisados. Fonte de dados da pesquisa. 103

Gráfico 8: Análise dos perfis de entendimento. Fonte de dados da pesquisa. 119

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS 8
LISTA DE TABELAS 9
LISTA DE FIGURAS 10
LISTA DE QUADROS 11
LISTA DE GRÁFICOS 12
CAPÍTULO I 16
INTRODUÇÃO 16
CAPÍTULO II 21
DESCRIÇÃO DA PESQUISA 21
2.1 Objetivo geral 21
2.2 Objetivos específicos 21
2.3 Justificativa 22
2.4 Desenho de pesquisa 25
CAPÍTULO III 28
APORTE TEÓRICO 28
3.1 Aprendizagem e Entendimento 28
3.1.1 Desenvolvimento cognitivo 31
3.2 Taxonomia SOLO 36
3.3 Atividades Investigativas 42
3.4 Modelo Rasch 47
CAPÍTULO IV 52
Sujeitos, Contexto e Intervenção 52
4.1 Sujeitos 52
4.1.1 Estudo Piloto 53
4.1.2 Pesquisa 53
4.2 Contexto 55
4.2.1 Estudo Piloto 57
4.2.2 Pesquisa 57

4.3 Intervenção 59
4.3.1 Experimento de flutuação do ovo 61
4.3.2 Experimento de flutuação do submarino 61
CAPÍTULO V 63
METODOLOGIA 63
5.1 Instrumentos de Coleta de Dados 64
5.1.1 Testes de conhecimento 64
5.1.2 Questões 65
5.2.3 Diário de Bordo 66
5.2 Coleta de Dados 67
5.3 Ferramentas de análise de Dados 68
5.3.1 Taxonomia SOLO 68
5.3.2 Modelo Rasch 69
5.3.3 Testes Clássicos 71
5.3.4 Mapas de Episódio 72
5.4 Cronograma de Pesquisa 75
CAPÍTULO VI 76
ESTUDO PILOTO 76
6.1 Aplicação 76
6.2 Análise e Resultados 77
6.3 Mudanças na Intervenção 82
CAPÍTULO VII 84
ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS 84
7.1 Descrição do contexto 84
7.1.1 Análise dos Mapas de Episódios das Intervenções 88
7.1.2 Análise das Temáticas 90
7.1.3 Síntese dos Resultados 94
7.2 Ganho do Entendimento 94
7.2.1 Preparação dos Dados e Cálculo do Ganho 95
7.2.2 Mudança do entendimento e Fatores de influência 98

a) Regressão Linear 100
b) Teste ANOVA 102
c) Teste de Regressão Múltipla 104
7.2.3 Síntese dos Resultados 106
7.3 Análise do Entendimento em termos da abordagem/conteúdo 107
7.3.1 Mapas de itens 107
a) Mapa de Itens Pré-teste x Amostra 108
b) Mapa de Itens Exercícios x Amostra 111
c) Mapa de Itens Pós-teste x Amostra 115
7.3.2 Análise dos Perfis de Entendimento 118
7.3.3 Síntese dos Resultados 120
CAPÍTULO VIII 122
CONSIDERAÇÕES FINAIS 122
REFERÊNCIAS 130
APÊNDICES 134
Apêndice 1: Banco de questões do Pré-teste. 134
Apêndice 2: Banco de questões do Pós-teste. 136
Apêndice 3: Banco de questões das intervenções. 138
Intervenção 1 – Experimento de Flutuação do Ovo 138
Intervenção 2 – Experimento de Flutuação do Submarino 138
Apêndice 4: Classificação da natureza das questões do banco de questões do pré-teste. 139
Apêndice 5: Classificação da natureza das questões do banco de questões do pós-teste. 140
Apêndice 6: Teste de Análise da Variância (ANOVA) e estatísticas residuais das proficiências em relação ao conhecimento inicial 141
Apêndice 7: Teste de Análise da Variância (ANOVA) e comparações múltiplas das proficiências em relação às séries 142
Apêndice 8: Teste de Análise da Variância (ANOVA) em relação às escolas, gênero e séries 143
ANEXOS 145
ANEXO 1: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 145

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A presente dissertação investiga o entendimento dos estudantes do 3º ao 5º ano do Ensino Fundamental sobre o conteúdo de Flutuação, quando estes realizam Atividades Investigativas **(AI)**. Entendemos que introduzir conceitos que demandam um alto nível de abstração, nos anos iniciais, não é algo simples. Neste sentido, os conteúdos de Ciências precisam ser trabalhados de maneira que estejam conectados a estratégias que contemplem os conceitos em nível mais básico, para que sejam apreendidos pelos estudantes.

Para Bayerl (2011) o ensino de Ciências não abrange o ensino de Física nos anos iniciais como deveria. O autor defende que o uso da experimentação, como estratégia de ensino, é um fator de estímulo à aprendizagem de conceitos físicos ainda num nível mais básico. Ensinar Ciências, a partir dessa estratégia de ensino, promove mudanças no estudante (BAYERL, 2011), tais como: elaboração de hipóteses para resolver situações-problema; traçar diferentes estratégias para resolver o problema proposto; refletir sobre suas ações.

Pesquisas apontam que é possível introduzir atividades experimentais, que envolvam o conhecimento físico nas aulas de Ciências, no Ensino Fundamental (SCHROEDER, 2006, 2007; GONÇALVES & CARVALHO, 1994; CARVALHO, 1998, 2004, 2013; ROSA, ROSA & PECATTI, 2007; ANDRADE, 2011; AZEVEDO, 2008; BAYERL, 2011; FORÇA, LARURÚ & SILVA, 2013; NASCIMENTO & BARBOSA-LIMA, 2006), pois muitas delas podem promover a “motivação saudável dos estudantes, sem a qual o desempenho pode estar associado somente a motivações extrínsecas, tais como notas, que precisam ser constantemente reforçados” (SCHROEDER, 2006, p. 1).

Reforçando esta ideia, Rosa, Rosa e Pecatti (2007) defendem que “para discutir sobre conceitos e fenômenos decorrentes das ciências naturais (física) é necessário buscar tais conceitos no cotidiano dessas crianças, em suas brincadeiras, em seu mundo” (p. 3). Para isso, Carvalho e colaboradores (1998)

defendem que a inclusão de atividades experimentais é importante nesse processo. Isso porque

> é importante fazer com que as crianças discutam os fenômenos que as cercam, levando-as a estruturar esses conhecimentos e a construir, com seu referencial lógico significados dessa parte da realidade. Por isso, devemos trabalhar com problemas físicos que os alunos possam discutir e propor soluções compatíveis com seu desenvolvimento e sua visão de mundo, mas em um sentido que os levará, mais tarde, ao conhecimento científico. (Carvalho et al.,1998, p.13, *apud* ROSA, ROSA & PECATTI, 2007, p. 265)

Neste sentido, Carvalho (2004, 2013), Azevedo (2008) e Bayerl (2011) destacam que a experimentação no ensino de Ciências, além de motivar os estudantes à aprendizagem, promove situações de envolvimento com atividades de investigação.

Além da função pedagógica, a experimentação tem como finalidade contribuir para que os estudantes entendam os conceitos relacionados ao fenômeno observado, auxiliando no papel investigativo (ZANON & UHMANN, 2012). Contudo, ainda é difícil introduzir atividades experimentais (ZANON & UHMANN, 2012), bem como atividades investigativas (AZEVEDO, 2008; CARVALHO, 2013; FORÇA, LARURÚ & SILVA, 2013) no ensino de Ciências. A dificuldade do aluno está em relacionar a teoria com a prática e a realidade à sua volta.

Compreendemos que existem dificuldades em introduzir tais atividades, envolvendo conceitos físicos, ainda nos anos iniciais. Além da dificuldade do aluno, em conseguir entender e relacionar os conceitos estudados na teoria com os conceitos apreendidos através das atividades experimentais, tem as dificuldades dos professores.

Pesquisas têm demonstrado que é difícil para os professores ensinar conteúdos de Física e Química nos primeiros anos de escolarização (PORTELA & HIGA, 2007; ALMEIDA *et al.*, 2001; OSTERMANN, MOREIRA & SILVEIRA, 1992). Essa dificuldade não está somente na questão de formação do professor dos anos iniciais, pois os conteúdos de Física e Química são pouco discutidos nos livros didáticos nesse nível de escolarização, pois nessa fase há uma ênfase maior no ensino de Português e Matemática.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1996) defendem uma perspectiva interdisciplinar para o ensino de Ciências, dividida em três blocos temáticos: Ambiente; Ser Humano e Saúde; e Recursos Tecnológicos. A hipótese é que o terceiro bloco acaba não sendo contemplado devido às dificuldades dos professores em entender conceitos em nível de maior complexidade e de traduzi-los num nível mais básico e de fácil entendimento dos estudantes dos anos iniciais.

Partimos do pressuposto de que, mesmo para conceitos mais abstratos, os estudantes dos anos iniciais conseguem estabelecer relações com esses conceitos fazendo associações com elementos concretos. Isso é possível, porque os estudantes dos anos iniciais geralmente operam no nível concreto-simbólico (PIAGET, 1974).

Diante disso, propomos um estudo para verificar o entendimento[1] de estudantes dos anos iniciais sobre conceitos físicos presentes no conteúdo de Flutuação ao estudarem este conteúdo em situações de atividades investigativas[2] (CARVALHO *et al.*, 1998; 2013). Construímos as atividades tomando como base o que tem sido desenvolvido pelo projeto Mão na Massa e os trabalhos de Carvalho (1998) nesse campo.

Consideramos atividades investigativa como atividades teóricas ou práticas (experimentais), em que o professor tem o papel de mediar as ações dos estudantes, durante a resolução do desafio ou situação-problema proposto. O professor apresenta os problemas, os materiais e disponibiliza um tempo para os estudantes resolverem o desafio ou situação-problema. Nessas atividades os estudantes têm um papel ativo, resolvendo o desafio a partir de estratégias próprias sem que o professor explique, explicitamente, qualquer conteúdo relacionado.

A interpretação e análise dos dados dessa pesquisa compreende uma metodologia mista (qualitativa e quantitativa). Utilizamos uma ferramenta de análise categórica com um caráter qualitativo, a taxonomia SOLO (BIGGS & COLLIS, 1982), usada para categorizar as respostas dos sujeitos e, a partir dessas categorias

[1] É uma variável ou um traço latente, que não pode ser acessada diretamente (AMANTES, 2009).

[22] Atividades Investigativas são atividades práticas de ensino, que devem estimular o raciocínio dos alunos a partir da apresentação de um problema baseado nos pressupostos da investigação e devem ser planejadas de modo que o aluno participe ativamente do processo de construção dos seus conhecimentos com a ajuda do professor (CARVALHO, 2013)

identificar os níveis de entendimento dos sujeitos. Ainda sob uma abordagem qualitativa, buscamos descrever o contexto de ensino. Em se tratando do caráter quantitativo, utilizamos uma escala intervalar de proficiência como parâmetro para avaliar o ganho do entendimento dos estudantes dos anos iniciais sobre o conteúdo estudado.

Neste trabalho a concepção de aprendizagem está relacionada à evolução do entendimento dos sujeitos, que ocorre de maneira dinâmica e ao longo do tempo. Ela é demarcada por ações do sujeito sobre o objeto de conhecimento, influenciada tanto por fatores externos como internos do sujeito (contexto sociocultural, repertório conceitual, suporte social e cognitivo, mediação externa, memória de trabalho, emoção, etc) (FISCHER, 1980). Consideramos que a evolução do entendimento em termos conceituais e procedimentais é um dos indicativos de aprendizagem.

Para acessar o entendimento, considerado na presente pesquisa como um traço latente, nós utilizamos dados observáveis (respostas dos estudantes nos testes de conhecimento e nas questões em forma de exercício que compõem cada atividade investigativa) que, pela teoria SOLO (BIGGS & COLLIS, 1982), estão associados a níveis de complexidade do entendimento sobre o conceito de flutuação. A partir da identificação desse entendimento, em diferentes momentos, nós interpretamos a aprendizagem do sujeito, em termos conceituais e procedimentais.

Esta dissertação está estruturada em capítulos. No primeiro capítulo, introduzimos o tema e demos uma visão geral da pesquisa. No segundo capítulo, descrevemos a pesquisa expondo os objetivos gerais e específicos, a justificativa e o desenho de pesquisa. No terceiro capítulo, apresentamos os referenciais teóricos do estudo. No quarto capítulo apresentamos os sujeitos, contexto e intervenção. No quinto capítulo, descrevemos a metodologia da pesquisa e no sexto capítulo, apresentamos o estudo piloto que foi aplicado para validação dos instrumentos de coleta de dados.

No sétimo capítulo, apresentamos as análises dos dados e discussões dos resultados. As análises expostas têm base no sistema categórico que foi construído para avaliar, qualitativamente, as respostas dos estudantes nos testes de conhecimento e no conjunto de questões que compõem as atividades de

intervenção. Ainda neste capítulo, expomos os dados obtidos a partir da modelagem Rasch.

A primeira análise é referente ao progresso do entendimento dos estudantes, onde destacamos como os dados foram preparados para análise. Nesta seção, descrevemos sobre a transformação dos dados, obtidos da análise categórica, e sobre a modelagem Rasch que nos fornece as medidas dos atributos dos sujeitos e dos itens. Sobre essas medidas, aplicamos diferentes testes estatísticos para responder as questões de pesquisa. A segunda análise é relativa ao nível de entendimento alcançado pelos estudantes e mostramos a análise dos mapas de itens. E por fim, apresentamos a análise obtida a partir dos mapas de episódio, construídos através da descrição do contexto de ensino.

No oitavo capítulo expomos as considerações finais sobre os resultados obtidos através da análise e interpretação dos dados da pesquisa. Além disso, apresentamos as implicações e perspectivas para continuidade da pesquisa.

CAPÍTULO II

DESCRIÇÃO DA PESQUISA

Neste capítulo apresentamos os objetivos da pesquisa, a justificativa e o desenho de pesquisa.

2.1 Objetivo geral

Investigar o entendimento dos estudantes do terceiro (3º) ao quinto (5º) ano do Ensino Fundamental sobre conceitos físicos relacionados ao conteúdo de flutuação, quando realizam uma atividade experimental de natureza investigativa.

2.2 Objetivos específicos

- Construir uma intervenção didática de natureza investigativa, sobre o conteúdo de flutuação para estudantes do 3º ao 5º ano do Ensino Fundamental;
- Construir um sistema categórico para avaliar o nível de complexidade do entendimento dos estudantes, tomando como base a taxonomia SOLO;
- Classificar o entendimento de acordo com os níveis de complexidade em diferentes momentos da intervenção;
- Verificar se houve mudança nos níveis de complexidade de um momento para o outro, o que caracteriza a aprendizagem sobre os conceitos estudados;
- Analisar quais conceitos foram melhor aprendidos pelos estudantes em duas atividades investigativas;
- Elencar os possíveis fatores que influenciam o entendimento dos estudantes nas duas atividades experimentais de natureza investigativa.

2.3 Justificativa

A Física no Ensino Fundamental se divide em: “Ciências” (PCNs, 1998), nos anos iniciais e, “Ciências Físicas e Biológicas” (PCNs, 1998), nas séries finais. Do ponto de vista do ensino de Física, consideramos ser possível ensinar conceitos físicos nos anos iniciais, porque aproxima os estudantes do seu mundo e favorece a aprendizagem. Em seus estudos Piaget (1974) propõe uma teoria, a partir da qual podemos interpretar que é possível introduzir os conteúdos de Física nos anos iniciais, a partir de elementos concretos. Neste sentido, é possível iniciar a construção de conceitos mais abstratos a partir das operações concretas estabelecidas na teoria piagetiana.

Como estratégia de ensino desses conceitos mais abstratos ao longo da vida escolar, defendemos a introdução de atividades investigativas nos anos iniciais, a partir das quais os estudantes podem lidar concretamente com elementos mais básicos que fundamentarão níveis mais complexos de entendimento no futuro. Dessa forma, a partir da mobilização de ações no operatório concreto, os estudantes conseguem entender estruturas básicas para ações no concreto-simbólico (PIAGET, 1983), o que poderá servir de melhor base para posterior abstração e generalização, em estágios em que o estudante pode dominar as estruturas necessárias.

Pesquisadores da área de Ensino de Ciências (NASCIMENTO & BOARBOSA-LIMA, 2006; SCHROEDER, 2007; PORTELA & HIGA, 2007; HAMBURGER, 2001; FORÇA, LABURÚ & SILVA, 2013; GONÇALVES & CARVALHO, 1994; CARVALHO *et al.*, 1998, 2004; KAMII & DEVRIES, 1986; GRALA, 2006) ressaltam a importância de introduzir conceitos físicos, ainda nos anos iniciais, incluindo também atividades investigativas. Tais atividades, segundo esses autores, favorecem a construção do conhecimento e o desenvolvimento dos estudantes, ampliando e modificando os conhecimentos iniciais.

Crianças com idade entre 8 e 11 anos não atingiram ainda os níveis de ação mental passíveis para a compreensão de causalidade em termos de generalização e abstração (KAMII & DEVRIES, 1986; GONÇALVES & CARVALHO, 1994). Entretanto, consideramos que estudantes dessa idade sejam capazes de entender

conceitos que demandam um alto nível de abstração desde que sejam abordados num nível mais básico.

Assim, quando os estudantes são submetidos a atividades investigativas, poderão através das suas ações dar explicações num nível concreto-simbólico. Neste sentido, é necessário buscarmos conteúdos que tenham alguma relação com o mundo físico em que a criança vive e brinca, de modo que eles possam ser ensinados, levando a criança à construção dos primeiros significados do mundo científico (MEC, 1995). Uma das diretrizes do ensino de Ciências é desenvolver propostas de ensino que estejam pautadas em atividades de investigação e resolução de problemas.

Entenda-se por investigação no ensino de Ciências como um processo de interação e exploração, que não se restringe à experimentação, mas que promove a construção de novos conhecimentos sobre o que está sendo estudado. Esse processo permite que as crianças reflitam sobre as suas ações, despertando neles a curiosidade e o seu poder investigativo.

> O desafio é nutrir a curiosidade e o poder de investigação e inquirição presentes nesta faixa etária, oportunizando um permanente crescimento na maneira como os jovens observam o mundo e se relacionam com o mundo. (MENESTRINA et al., 2011, p. 3).

Atividades que envolvam um desafio ou situação-problema, além de despertar a curiosidade e o poder investigativo, desenvolvem a autonomia do sujeito. O professor tem um papel fundamental neste processo, que é mediar e orientar as ações dos estudantes durante a resolução de um desafio ou situação-problema. Isso inclui manter a motivação dos estudantes, lançando ou fazendo surgir nos grupos uma questão norteadora (questões que suscitem aspectos ainda não observados pelos estudantes) (BUENO & KOVALICZN, 2011). Tais questões são importantes na resolução do problema.

As ações dos professores estão pautadas em: expor a situação-problema; entregar os materiais que serão utilizados pelos estudantes; conduzir as atividades estimulando os estudantes a refletirem sobre suas ações e os fenômenos observados.

Ressaltamos que através de suas ações pedagógicas “o professor poderá favorecer ou não a apropriação do conhecimento, bem como as ações dos sujeitos frente ao conhecimento que está sendo construído” (ROSA, ROSA & PECATTI, 2007, p. 273). O desafio do professor é inserir atividades investigativas que estejam no nível de desenvolvimento do sujeito para que eles possam entender o conteúdo estudado.

Conscientes das limitações deste trabalho, em particular, sobre a atuação dos professores nesse processo de aprendizagem, consideramos que o desenvolvimento desse estudo pode trazer grandes contribuições no sentido de proporcionar melhorias às práticas pedagógicas dos professores. Introduzir conceitos físicos nessas séries deve promover mudanças na forma como os professores transpõem os conteúdos, colocando-os num nível compatível à idade cognitiva dos estudantes, facilitando a aprendizagem dos conceitos pelo estudante, bem como na forma como ele lida com o mundo e com as situações problemas.

Nessa pesquisa estaremos respondendo às questões:

1) Qual o nível de entendimento antes e depois da intervenção?
2) Houve ganho no entendimento?
3) O conhecimento inicial influencia no ganho do entendimento?
4) Qual abordagem favorece mais o ganho do entendimento dos estudantes?
5) Quais os possíveis fatores ou preditores[3] que explicam a mudança no ganho do entendimento?

A primeira questão foi respondida, a partir da categorização das respostas dos estudantes a partir da taxonomia SOLO (BIGGS & COLLIS, 1982). Para responder a segunda questão aplicamos o teste ANOVA às medidas de proficiência dos sujeitos e construímos um gráfico com as médias individuais dos testes de conhecimento e do conjunto de questões que compõem a intervenção.

A terceira questão foi respondida através da análise dos mapas de itens de cada instrumento (testes de conhecimento e atividades investigativas – flutuação do ovo e do submarino). Além disso, analisamos os perfis de entendimento dos estudantes utilizando os dados de escore da análise categórica. Para responder a

[3] Os preditores são atributos associados ao contexto e as práticas escolares e também as características dos estudantes e suas relações com o ambiente de aprendizagem (COELHO, 2011).

quarta questão, aplicamos o teste de Regressão Múltipla às medidas de proficiência obtidas a partir do modelo Rasch. Para avaliar os possíveis fatores ou preditores que explicam a mudança do ganho do entendimento, aplicamos um teste de médias (ANOVA) e o teste de Regressão Múltipla, avaliando todos os preditores de uma única vez.

Acreditamos que esta pesquisa, cujo objetivo é investigar o entendimento dos estudantes do 3º ao 5º ano do Ensino Fundamental sobre conceitos físicos envolvendo o conteúdo de flutuação, poderá apontar elementos importantes para que possamos entender o processo de ensino e aprendizagem de Ciências. Além disso, sugerir possíveis caminhos que levem à melhoria das abordagens e estratégias de ensino nessas séries.

2.4 Desenho de pesquisa

Para investigar o entendimento dos estudantes do 3º ao 5º ano do Ensino Fundamental, utilizamos diferentes instrumentos de coleta de dados. Primeiramente tivemos os testes de conhecimento (pré-teste e pós-teste), a intervenção, composta por dois experimentos (flutuação do ovo e do submarino) e os exercícios (correspondentes a cada experimento).

Para analisar os dados da intervenção, utilizamos mais dois instrumentos (o Diário de Bordo e as gravações de áudio e vídeo), cuja fonte de dados contribuiu para a construção dos Mapas de Episódio e análise do contexto de pesquisa. Ainda na análise qualitativa, categorizamos as respostas dos estudantes nos testes de conhecimento e nos exercícios. Esta análise nos possibilitou fazer um tratamento dos dados para uma análise quantitativa.

Aplicamos a modelagem Rasch para obter uma escala intervalar de medidas. A modelagem nos fornece o atributo do sujeito (entendimento, emoção, atitude, etc) e os índices de dificuldade dos itens, cujos dados de saída são os Mapas de Itens. Ambas as análises (qualitativa e quantitativa) nos permitem responder as questões de pesquisa explicitadas no desenho de pesquisa.

Na **Figura 1** apresentamos um fluxograma do desenho de pesquisa, explicitando os instrumentos de coleta, os métodos de análise e como eles se

relacionam com as questões de pesquisa.

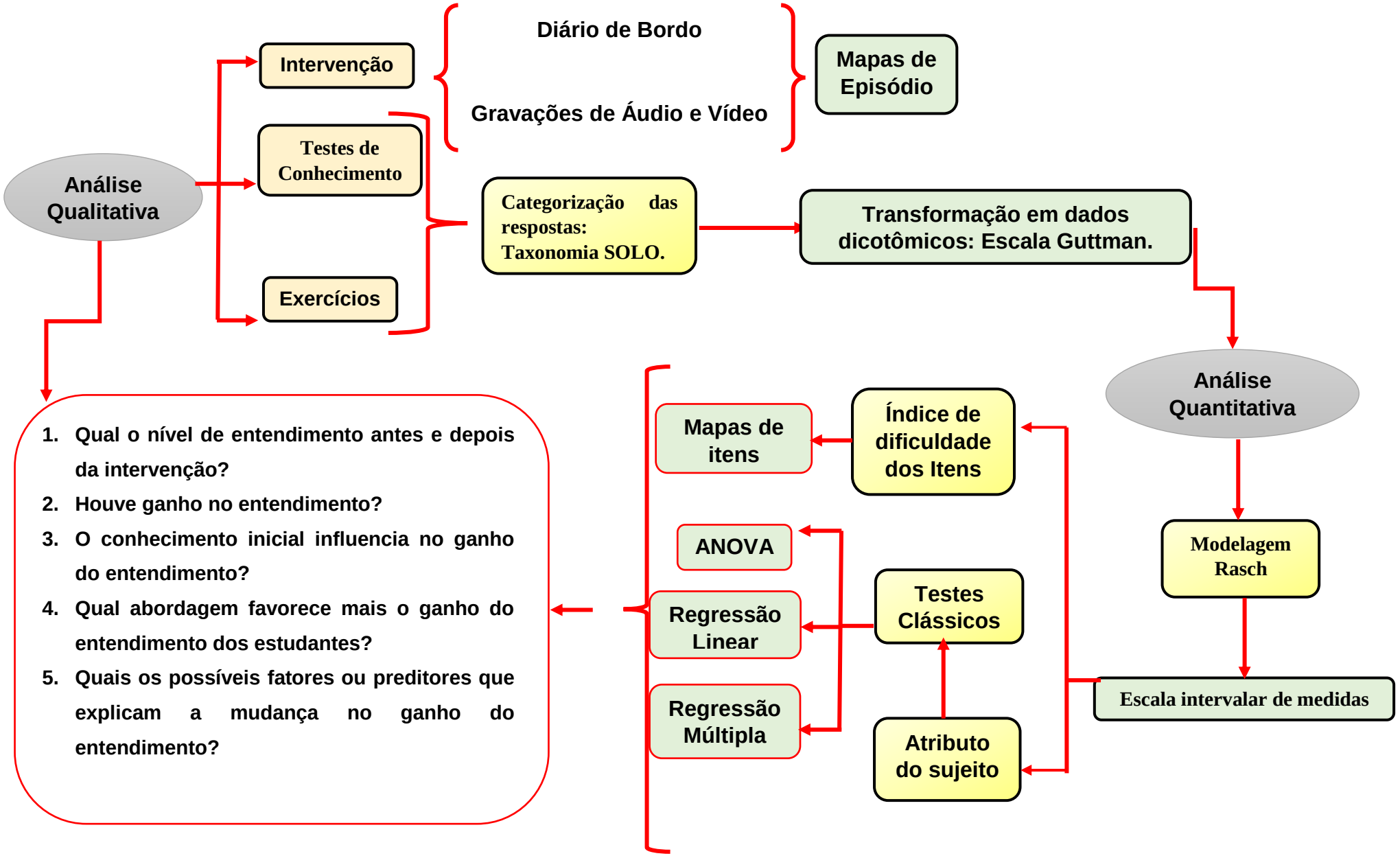


Figura 1: Desenho de pesquisa.

CAPÍTULO III
APORTE TEÓRICO

Nesse capítulo, descrevemos o aporte teórico que serviu de base para coletar e analisar os dados, assim como interpretar os resultados. Explicitaremos a perspectiva adotada para a concepção de aprendizagem, bem como os parâmetros que fundamentaram a investigação do entendimento dos estudantes dos anos iniciais.

Nesse sentido, iremos explicitar os princípios gerais de uma teoria cognitiva estrutural (BIGGS & COLLIS, 1982), através da qual investigamos o processo de aprender a partir de uma taxonomia utilizada para interpretar o entendimento dos estudantes, denominada Structure of Observing Learning Outcome (SOLO). Tal ferramenta foi usada para analisar qualitativamente as respostas dos estudantes, através da identificação dos níveis de complexidade do entendimento alcançado pelos estudantes. Aplicamos métodos estatísticos clássicos e a modelagem Rasch para avaliar quantitativamente os dados.

Além de discutir sobre a concepção de aprendizagem no trabalho, apresentamos uma breve exposição sobre a perspectiva adotada em relação às Atividades Investigativas (AI), destacando a importância desse tipo de atividade como estratégia de ensino de conceitos Físicos e suas principais características. Finalizamos com a exposição do Modelo Rasch, cuja teoria serviu de base para avaliar o ganho do entendimento em termos de uma escala intervalar de medidas.

3.1 Aprendizagem e Entendimento

Neste trabalho, adotamos uma concepção de aprendizagem e entendimento, baseada na teoria de desenvolvimento cognitivo desenvolvida por neopiagetianos (BIGGS & COLLIS, 1982), denominada taxonomia SOLO. Utilizamos esta teoria para investigar como os estudantes do 3º ao 5º ano dos anos iniciais entendem conceitos

físicos, presentes no conteúdo de flutuação, quando são submetidos a duas atividades investigativas.

Para estabelecer uma acepção sobre o processo de aprendizagem utilizado neste estudo, vamos nos deter no delineamento da definição do *que é aprender*. Segundo Schroeder (2006), o ato de aprender é um processo dirigido, em que o indivíduo tem a possibilidade de construir relações a partir de suas interações com situações do cotidiano, com o meio e com outros sujeitos. Carvalho e colaboradores (1998) também defendem que esse processo de interação estabelece um vínculo entre o sujeito e os objetos à sua volta, resultando em ações sobre os materiais concretos que, no caso de crianças, auxiliam no entendimento mais tangível de conceitos com alto grau de abstração, como por exemplo força, densidade e volume.

Pesquisadores neopiagetianos (FISCHER, 1980; DAWSON, 2004, 2008; PARZIALE, 2002) consideram a aprendizagem como um processo dinâmico. Por isso, “ao aprender, mobilizamos diferentes habilidades para relacionar os conteúdos, interpretar os significados e incorporar novos elementos” (AMANTES, 2009, *p*. 48). Para Schroeder (2006) o ato de aprender está relacionado a dois tipos de habilidades: cognitivas e afetivas. As habilidades cognitivas estabelecem relações entre *o quê se aprende* (dependência com os conteúdos) e *como se aprende* (à forma pela qual se aprende). Já as habilidades afetivas se assemelham ao *por quê aprender*, com uma dependência direta das ações do aprendiz, e se ele é favorável ou não à aprendizagem.

Na perspectiva adotada nesse trabalho as habilidades, assim como o entendimento, são atributos não mensurados diretamente, denominados no campo da psicometria como traço latente (PASQUALI, 2003). Dessa forma, a relação que existe entre os instrumentos de medida, construídos para avaliar esses atributos, e o traço latente (no nosso caso o entendimento) não é uma relação direta (PORTO, 2014; PORTO, 2015; AMANTES & COELHO, 2015), mas podemos avaliá-los em termos qualitativos (com categorização e escores) e quantitativos (através de medidas intervalares).

Alguns autores (MEAD, 2008; BOND & FOX, 2007; WRIGHT & MASTERS, 1982) defendem que escalas de natureza ordinal (com medidas de escores) são

limitadas para avaliar traços latentes, o que é respaldado por outros pesquisadores que trabalham com estrutura hierárquica para avaliar, qualitativamente, esses traços (RASCH, 1960; FISCHER, 1980; COELHO, 2011; PORTO, 2014; PORTO, 2015). Dessa forma, esses últimos tendem a utilizar modelos para interpretar a aprendizagem, adotando a escala intervalar para estimar as medidas associadas ao traço latente investigado. O modelo Rasch é um exemplo de modelo estatístico que nos fornece os parâmetros de análise do entendimento (traço latente) em escala intervalar.

Neste estudo, o traço latente investigado se refere ao entendimento, concebido como um estado momentâneo que, quando avaliado em diferentes momentos, indica um aspecto da aprendizagem relacionado ao conteúdo estudado. Dessa forma, analisamos os perfis de entendimento dos estudantes e avaliamos se houve aprendizagem em termos de evolução desse entendimento, considerando que isso ocorre ao longo do tempo. As mudanças na forma como o aprendiz representa seu entendimento ocorrem de forma dinâmica e o estudante pode retomar qualquer conceito, estudado anteriormente, em diferentes momentos, aumentando o nível de complexidade de seu entendimento e, consequentemente, aprendendo mais em cada retomada (AMANTES, 2005).

Para poder avaliar o entendimento, que é um traço latente, utilizamos um conjunto de dados observáveis que nos permitem acessar, por diferentes instrumentos, o que o estudante entende sobre alguns conceitos envolvidos no fenômeno de flutuação, como força, pressão, densidade, massa, volume, empuxo e peso.

Para investigar a aprendizagem dos estudantes do 3º ou 5º ano do Ensino Fundamental, tomamos como base a perspectiva de desenvolvimento cognitivo para poder identificar, analisar e interpretar o entendimento, que está relacionado à aprendizagem. Nesse sentido, consideramos como indicativo de aprendizagem o aumento no nível de complexidade do entendimento dos sujeitos (BIGGS & COLLIS, 1982,1991; DAWSON, 2004) ao longo do tempo. As mudanças entre os níveis de entendimento podem ser observadas a partir da análise dos perfis de entendimento.

Diferentes teorias adotam essa mesma perspectiva de aprendizagem. Na perspectiva teórica piagetiana o estudo do desenvolvimento cognitivo é demarcado pela

mudança de níveis de abstração na estrutura cognitiva do sujeito. Na perspectiva neopiagetiana o mesmo estudo é delimitado por duas frentes teóricas: de Fischer e de Biggs e Collis.

Na perspectiva de Fischer, a mudança do traço latente (habilidade) ocorre em camadas semelhantes aos estágios piagetianos. A diferença é que, para Fischer, essas camadas não delimitam o desenvolvimento geral do sujeito, mas sim o desenvolvimento em domínios de conhecimento. Por exemplo, o sujeito pode funcionar em um nível sensório-motor para um domínio de conhecimento e estar operando no nível operatório-formal para outro domínio. Para Biggs e Collis, cuja teoria possui um aspecto multimodal e estabelece com maior precisão a relação existente entre os níveis hierárquicos do traço latente com os dados observados, por exemplo as respostas dos estudantes às tarefas.

Segundo Santana, Roazzi e Dias (2006) a perspectiva neopiagetiana resgata a concepção estruturalista piagetiana, estabelecendo relações com diferentes teorias na tentativa de responder as lacunas da teoria piagetiana. Essas limitações estão associadas às “variações de comportamento, ao tipo de tarefa realizada, dos materiais e das instruções fornecidas às crianças” (SANTANA, ROAZZI & DIAS, 2006, *p.* 73). Diante disso, a perspectiva teórica neopiagetiana, ao mesmo tempo que se fundamenta na estrutura dos níveis, traz componentes diferentes (como o aspecto multimodal, descrito adiante), que muito pode contribuir com os estudos sobre o desenvolvimento cognitivo.

3.1.1 Desenvolvimento cognitivo

Através de uma metodologia própria de pesquisa (entrevista clínica), Piaget direcionou suas investigações ao estudo do desenvolvimento cognitivo. Com uma abordagem qualitativa, Piaget (1973) fez uso de técnicas investigativas para observar o comportamento humano, quando os sujeitos são submetidos a uma situação de ensino experimental. Em seus estudos ele observou como a criança se desenvolve e verificou,

a partir de uma perspectiva ontogenética[4] (o aumento do conhecimento da criança), que a criança evolui de forma diferente dos adultos (SANTANA, ROAZZI & DIAS, 2006).

Isso porque o desenvolvimento humano (seus aspectos comportamentais e cognitivos) não pode ser avaliado adequadamente sem a perspectiva evolutiva (INHELDER & PIAGET, 1976). Ao descrever e analisar os estados ontogenéticos do desenvolvimento de uma criança levamos em conta as mudanças comportamentais que se diferenciam entre as fases da vida do sujeito, à medida que ele se desenvolve. Ao identificar padrões de comportamento distintos nas crianças, de diferentes idades, foi que Piaget (1973) considerou a existência de períodos ou estágios de desenvolvimento.

Tendo em vista esse parâmetro teórico, o desenvolvimento humano está pautado na organização de estruturas cognitivas, que funcionam como "mediadoras entre funções invariantes e conteúdos comportamentais" (SANTANA, ROAZZI & DIAS, 2006, p. 2). As funções invariantes são delimitadas por processos de organização e adaptação de novos conteúdos às estruturas cognitivas do sujeito e não têm relação com a idade, enquanto que os conteúdos comportamentais sofrem mudanças de níveis à medida que o sujeito se desenvolve. Para Piaget (1973) esses níveis são definidos como estágios de desenvolvimento, demarcados por idades, em que o sujeito pode dominar ações (mentais e motoras) sobre o objeto de conhecimento.

Assim, a teoria piagetiana indica a existência de quatro estágios ou períodos, que delimitam o processo de desenvolvimento cognitiva da criança. Esses períodos são caracterizados por diferentes mudanças (entendimento, comportamento, visão de mundo) no processo evolutivo do sujeito e o que difere em cada indivíduo são as variações biológicas de cada um e o contexto de interação. Os estágios são ordenados por: sensório-motor; pré-estrutural; operações concretas; e o operatório formal ou hipotético dedutivo. O desenvolvimento *"obedece a essa sequência invariante que compreende um maior grau de sofisticação à medida que se avança na direção do último estágio"* (SOUZA FILHO, *p.* 267).

Os estágios são descritos como:

[4] Processo evolutivo acerca das alterações biológicas sofridas pelo indivíduo, desde o seu nascimento até seu desenvolvimento final; ontogenia.

a) ***Sensório-Motor (de 0 a 2 anos):*** nesta fase a criança inicia o desenvolvimento da função cognitiva ou sensório-motora. Fase representativa da conquista de espaço e através da percepção e movimentos a criança pode conhecer os objetos. A criança desenvolve esquemas[5] sensório-motores, que lhe permitem organizar suas ações através de estímulos externos. As ações da criança aumentam, quando são estimuladas.

b) ***Pré-Operatório (de 2 a 7 anos):*** nesta fase a criança incorpora os esquemas simbólicos aos esquemas sensório-motores da fase anterior. Isso permite que o sujeito tenha uma visão ampla da realidade, porém sem riqueza de detalhes devido à falta de esquemas conceituais. A passagem do sensório-motor para o pré-operatório também é marcada pela manifestação da linguagem, contribuindo para o desenvolvimento do sujeito em vários aspectos: cognitivo, afetivo e social. O nascimento da inteligência, por sua vez, é anterior à linguagem, que é condição necessária para o desenvolvimento do sujeito, mas não é suficiente. Isso ocorre porque existem ações cognitivas e de reorganização e que não têm sua origem na linguagem. O egocentrismo é uma característica da criança pré-operatória e por isso ela não consegue posicionar-se sobre situações que demandam maior abstração. Outra característica desta fase é o surgimento dos “por quês”, em que tudo precisa de uma explicação e não se consegue estabelecer relações de causalidade. Se entregarmos duas bolas a uma criança, feitas da mesma quantidade de massa de modelar, com formatos diferentes a criança não reconhece que a quantidade de massa é igual em todas as formas.

c) ***Operações Concretas (de 7 aos 12 anos):*** na passagem do pré-operatório para as operações concretas o egocentrismo é substituído pela capacidade da

[5] Esquemas (ou *schemas*), na perspectiva piagetiana são representações mentais ou cognitivas de aspectos da realidade. O uso deles permite que o indivíduo se adapte e organize o meio. Esquemas são dados não observáveis, existentes na estrutura cognitiva do sujeito.

criança de estabelecer relações entre diferentes aspectos, integrando-as de modo lógico e coerente. As operações originárias de ações físicas dão lugar às operações mentais, em que as ações interiorizadas dos sujeitos possibilitam realizar comparações entre os objetos. Tais operações estão relacionadas a dois princípios: reversibilidade e conservação. O primeiro está associado à capacidade da criança de representar uma ação inversa de ações anteriores, coordenando pontos de vistas diferentes (INHELDER & PIAGET, 1976). O segundo princípio está associado à diferenciação de aspectos de uma ação, uma vez que isso acontece ela é capaz de refazer a ação. Por exemplo, quando despejamos a água contida numa jarra cilíndrica em outra jarra com formato diferente e perguntamos à criança se as quantidades se mantém, se a resposta é positiva, demonstra que a criança é capaz de refazer a ação.

d) ***Operatório Formal ou Hipotético-Dedutivo (a partir dos 12 anos):*** Para Piaget (1973) a mudança do operatório concreto para o operatório formal significa que a criança conseguiu atingir seu nível mais elevado de desenvolvimento. A representação da realidade, agora, permite que a criança tenha abstrações totais, as quais não são limitadas por ações imediatas ou por antecipação. A criança pensa logicamente, levantando hipóteses e combinando uma série de elementos que lhe permite solucionar problemas. Se pedimos a uma criança que analise o provérbio “água mole em pedra dura, tanto bate até que fura”, que se trata de uma metáfora e ela faz uso da lógica para analisá-lo, sem necessitar de imagens representativas do provérbio, demonstra que ela pode resolver diferentes problemas usando apenas o raciocínio lógico.

Cada um desses estágios demarca, de algum modo, as possibilidades de aprendizagem dos sujeitos em cada fase de seu desenvolvimento. Na perspectiva piagetiana a mudança entre um estágio e outro ocorre quando o sujeito atinge os níveis mais elevados de desenvolvimento dentro de cada estágio. Segundo Piaget (1974) o desenvolvimento antecede a mudança, de modo que o sujeito não pode passar do

primeiro para o terceiro estágio sem que a linguagem e os esquemas conceituais se desenvolvam.

Discutiremos, a seguir, a percepção de aprendizagem do ponto de vista da teoria neopiagetiana (FISCHER, 1980; BIGGS & COLLIS, 1982) adotada nesse trabalho, entendida enquanto um processo dinâmico. Para acessar a aprendizagem, analisamos as mudanças de entendimento do sujeito à medida que ele se desenvolve. Avaliamos a mudança do traço latente (entendimento) a partir da teoria de Biggs e Collis (1982, 1991) e utilizamos a perspectiva teórica de Fischer apenas para justificar a estrutura hierárquica do sistema categórico, construído para analisar os dados observáveis das respostas dos sujeitos nas tarefas.

Fischer interpreta a habilidade como traço latente e define a aprendizagem como sendo a mudança do traço latente, habilidade, no decorrer do tempo. A diferença é que para Piaget (1974) os estágios demarcam o desenvolvimento geral, enquanto que para Fischer (1980) o sujeito se desenvolve à medida que ocorrem mudanças em domínios de conhecimento especifico.

Em cada camada o conhecimento construído é intensificado à medida que o sujeito se desenvolve. Esse desenvolvimento não é linear e promove mudanças na forma como o sujeito interage com o objeto de conhecimento, interpreta, analisa e explica suas ações sobre o mesmo objeto ou mudanças em termos de raciocínio lógico. Para isso, é necessário que os conhecimentos construídos em fases anteriores sejam mobilizados, pois *“um novo conhecimento demanda repertório já construído, uma vez que é preciso estabelecer relações com o que é familiar”* (PORTO, 2015, p. 24).

O entendimento, que é o traço latente investigado neste trabalho, não é facilmente acessado. Para interpretá-lo, utilizamos dados observáveis e demarcamos as mudanças em termos de variação dos níveis hierárquicos de complexidade de um momento para o outro. Pesquisas anteriores (DAWSON, 2006; AMANTES, 2009) discutem a dificuldade existente para mensurar dados não observáveis e obter parâmetros coerentes à análise e interpretação do processo de aprendizagem. Pesquisas recentes (PORTO, 2014; PORTO, 2015) mostram ser possível identificar traços latentes como entendimento, habilidades e atitudes através do cuidadoso

procedimento de elaboração de instrumentos e coleta de dados.

Para obter os níveis de entendimento, utilizamos a taxonomia desenvolvida por Biggs e Collis (1982), denominada taxonomia SOLO (Structure of the observed learning outcome), para classificar as respostas dos estudantes e identificar os níveis de entendimento alcançados por eles. As teorias que se referem ao desenvolvimento cognitivo e propõem uma estrutura hierárquica para acessar e interpretar os traços latentes serviram de base para que pudéssemos identificar o entendimento e estabelecer uma estrutura hierárquica para classificar as respostas dos estudantes. Ao analisarmos a complexidade do entendimento, obtivemos indícios de como os estudantes dos anos iniciais aprendem conceitos físicos, quando são submetidos a atividades investigativas, em diferentes momentos.

3.2 Taxonomia SOLO

A taxonomia SOLO é uma estrutura de classificação utilizada para diversos fins, desde tarefas (BIGGS & COLLIS, 1991), respostas e performances até habilidades e competências em cursos de formação (AMANTES & OLIVEIRA, 2012; MAGUIRE, 1988). Ela se fundamenta em um aporte teórico desenvolvido por Biggs e Collis, em 1980. Esses autores ressaltam a importância dos estágios piagetianos (PIAGET & GARCIA, 1973) para investigar a aprendizagem do sujeito sobre conceitos científicos e, através do sistema categórico, poder identificar em que nível de complexidade esses conceitos são representados nos diferentes estágios de desenvolvimento.

Segundo Amantes (2005, p. 22) *“o que caracteriza um estágio não é a complexidade estrutural do pensamento como um todo, mas o nível de abstração do modo como os conteúdos de uma experiência são representados”*. À medida que ocorre a mudança de um estágio para outro o conhecimento aprendido é representado de diferentes maneiras e com diferentes níveis de complexidade. Essa mudança pode ser identificada em um ou mais ciclos dentro de uma mesma camada ou modo de pensamento (AMANTES, 2009). Para Biggs e Collis (1982) os modos de pensamento

são camadas de desenvolvimento diferenciadas pelos tipos de ações (motoras ou mentais) realizadas pelo sujeito. Na perspectiva de Piaget (1974) esses mesmos modos de pensamento são denominados estágios de desenvolvimento.

A taxonomia SOLO (BIGGS & COLLIS, 1982) compreende níveis hierárquicos de complexidade do entendimento com características aproximadas das características dos estágios piagetianos, podendo determinar como os conhecimentos aprendidos podem ser estruturados. Biggs e Collis (1982) se baseiam na mesma perspectiva teórica de Fischer (1980), no que se refere à multimodalidade dos estágios. Para eles, os estágios se configuram como modos de pensamento que podem diferir em relação ao domínio de conhecimento. Os modos resultam não de mudanças estruturais na lógica operatória do sujeito, mas da mudança na forma como o indivíduo representa o conhecimento aprendido. Segundo Amantes (2005),

> (...) ainda que os estágios se sucedam na mesma ordem, obedecendo às leis de desenvolvimento, (i) o surgimento de um novo modo não obstrui o funcionar em outro modo, (ii) pode-se funcionar de modos distintos em diferentes domínios de ação, mas (iii) em cada domínio de ação passa-se de um estágio a outro através de um ciclo de aprendizagem que envolve uma progressão em níveis crescentes de complexidade do modo de funcionamento (AMANTES, 2005, *p.* 24).

Isso quer dizer que, enxergando a aprendizagem enquanto um processo de modo que o conteúdo aprendido possa ser revisto de diferentes maneiras, podemos dizer que a mudança entre os diferentes estágios também possui o mesmo comportamento. Para Biggs e Collis (1982) essa mudança entre os estágios ocorre em um caráter recursivo e o mesmo sujeito pode estar em diferentes modos para diferentes conhecimentos, seguindo uma estrutura hierárquica.

Fischer (1980) e Biggs e Collis (1982) defendem que há uma relação entre a estrutura hierárquica do traço latente (no nosso caso o entendimento) com o que pode ser observado a partir das respostas dos estudantes. Sobre o estudo hierárquico do desenvolvimento geral do sujeito, Amantes (2009) e Porto (2015) defendem que o

entendimento pode se manifestar de diferentes maneiras e em diferentes momentos da vida escolar do sujeito.

Os dados não observáveis são analisados em nosso estudo usando a taxonomia SOLO, enquanto ferramenta de análise qualitativa. Segundo Amantes e Oliveira (2012) esta é uma ferramenta de análise que pode ser utilizada em diferentes contextos para estudos qualitativos. Categorizamos as respostas dos estudantes e avaliamos, qualitativamente, as mudanças graduais dos níveis de complexidade do entendimento. Tais níveis, aplicados às respostas dos estudantes no nosso estudo, são classificados em:

- **Pré-estrutural (PE):** não há coerência nas respostas, elas apresentam elementos que não são relevantes e/ou inadequados. Isso ocorre porque o sujeito ainda está operando em modos de pensamentos (BIGGS & COLLIS, 1982) mais básicos, estando aquém daquilo que foi solicitado.
- **Uni-estrutural (UE):** o indivíduo expõe respostas explicitando um único elemento relevante, porém com alguma inconsistência. Isso ocorre porque o aprendiz ainda está operando em domínios mais básicos, do modo de pensamento avaliado (no nosso caso, o concreto-simbólico), para realizar as tarefas solicitadas.
- **Multi-estrutural (ME):** neste nível o sujeito apresenta mais de um elemento em sua resposta. Os elementos possuem relevância e as respostas dos estudantes são consistentes, mas faltam conexões entre os elementos que a compõem.
- **Relacional (R):** as respostas são adequadas, apresentando elementos que se relacionam. Não há inconsistência nas respostas dos estudantes, que operam no mais alto nível de complexidade do modo de pensamento avaliado.
- **Abstrato estendido (AE):** o sujeito apresenta respostas que vão além do que é solicitado na questão ou tarefa. Os estudantes apresentam elementos que, além de haver uma relação entre eles, se remetem a um nível de abstração elevado e generalização, corresponde ao próximo modo de pensamento.

Estes cinco níveis, que delimitam a complexidade do entendimento, são patamares dentro de um modo de pensamento, e todos os modos compreendem a mesma ordem de crescimento dos níveis. A mudança entre os níveis de complexidade indica que a progressão do entendimento do sujeito depende do número de elementos concretos que se relacionam com devida consistência, promovendo generalizações do conteúdo estudado.

Isso acontece porque há uma dependência direta com o número de informações que o sujeito retém, quando há mudança entre os níveis.

> (...) nos níveis uni e multi estrutural, o estudante interpreta a informação dada e utiliza uma estratégia conhecida para fornecer a resposta, enquanto nos níveis relacional e abstrato estendido ele deve pensar em muitos objetos de uma só vez e avaliar quais são inter-relacionados (AMANTES & BORGES, 2008, *p.* 5).

Esses níveis de complexidade constituem um ou mais ciclos do processo de aprendizagem, representando cada estágio do desenvolvimento na perspectiva neopiagetiana.

Apresentamos na **Figura 2** um exemplo de categorização, usando a taxonomia SOLO (BIGGS & TANG, 2007). Os autores aplicam a taxonomia SOLO para representar o uso dos verbos nos diferentes níveis (pré-estrutural, uni-estrutural, multi-estrutural, relacional e abstrato estendido) de aprendizagem. Em cada patamar, os verbos citados por Biggs e Tang (2007), como exemplo, indicam o que os estudantes são capazes de fazer em cada nível. Os autores dividem os níveis em dois períodos: quantitativo e qualitativo. No período quantitativo os estudantes acumulam o conhecimento apreendido, aumentando o seu repertório sem estabelecer nenhum tipo de relação entre os conceitos aprendidos. Enquanto que no período qualitativo ocorre uma mudança de entendimento dos estudantes, na forma de conceber os conceitos e estabelecer as relações necessárias para que ocorra a aprendizagem em termos de nível de complexidade.

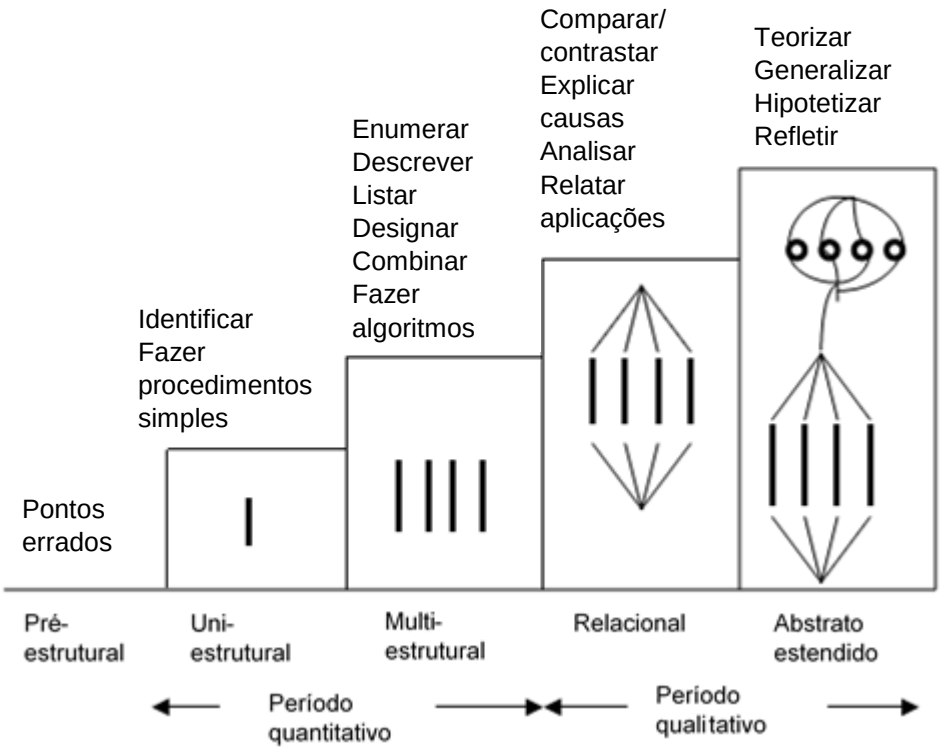


Figura 2: Traduzido de BIGGS, J & TANG, C. The Society for Research into Higher Education & Open University Press. Teaching for Quality Learning at University. Terceira Edição. (2007).

No primeiro nível não há nenhum tipo de representação, indicando que os estudantes não utilizam o verbo corretamente. No segundo nível o estudante realiza procedimentos simples, mas não há conexões entre os verbos. No terceiro nível, multi-estrutural, ocorre uma combinação de diferentes expressões para construir uma frase por exemplo, mas que não se relacionam. No quarto nível, as relações entre os verbos começam a existir e o estudante consegue explicar as causas, comparar, analisar e relatar as aplicações dos verbos usados. No nível abstrato estendido ocorre uma generalização dos termos usados, favorecendo a reflexão dos estudantes sobre as diferentes conexões e utilização dos verbos na construção de um texto em nível acadêmico, por exemplo (BIGGS & TANG, 2007).

Tomando como exemplo o uso do verbo na construção de um texto, Biggs e Tang (2007) defendem que o aprendiz transforma sua dissertação em algo mais elaborado, à medida que ele se apropria da escrita. Isso ocorre porque há uma

mudança de entendimento sobre o uso de locuções e interlocuções na construção de uma frase. O mesmo ocorre nas diferentes áreas do conhecimento, de modo que a mudança de entendimento possibilita variações na forma de representar o conhecimento aprendido.

À medida que o entendimento muda, a partir de pistas das ações do sujeito, há um aumento nos níveis de complexidade. Assim, o mesmo estudante pode estar em diferentes níveis de entendimento (do mesmo modo de pensamento) para diferentes áreas do conhecimento. Ele pode estar no nível multi-estrutural de um modo para o conteúdo de ligações químicas (de uma área de conhecimento) e no nível uni-estrutural para outra área de conhecimento (por exemplo, relatividade em física).

A **Figura 3** representa um exemplo das mudanças de entendimento do modo concreto-simbólico para o formal. Entendendo que o desenvolvimento do sujeito pode ocorrer em ciclos de aprendizagem classificamos a mudança de entendimento em diferentes níveis de complexidade dentro de cada modo.

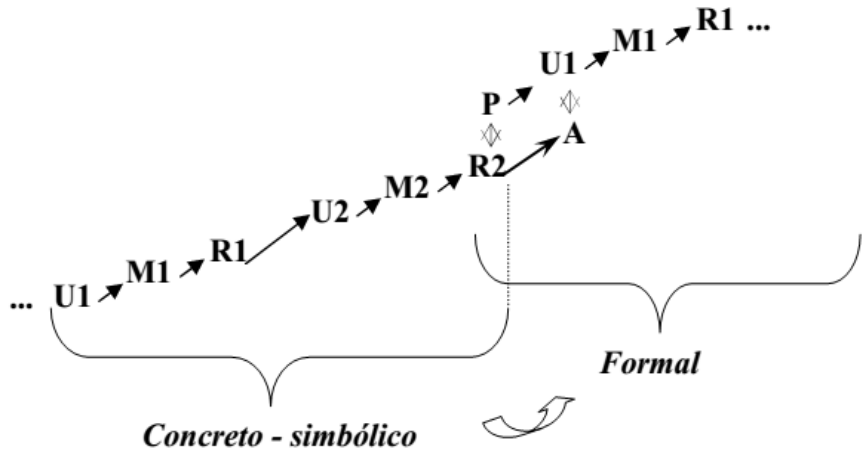


Figura 3: P representa o nível pré-estrutural do modo formal, que corresponde, nesse exemplo, ao relacional do segundo ciclo do modo concreto-simbólico (pode corresponder a qualquer nível de complexidade do concreto-simbólico). A representa o nível abstrato estendido do concreto simbólico, que corresponde ao uni-estrutural do modo formal. Fonte: AMANTES, 2005.

No modo concreto-simbólico (Fig. 3), observamos dois ciclos de aprendizagem, em que os níveis de complexidade se repetem (**U1 e U2, M1 e M2, R1 e R2**), indicando que a natureza do conhecimento demanda muitas relações, muitos conteúdos e um

graus maior de abstração. Enquanto que no patamar formal as mudanças de níveis de complexidade do entendimento demandam um aumento de repertório e maior grau de abstração dos conceitos.

Observamos que os modos de pensamento são constituídos de ciclos correspondentes aos níveis de complexidade do traço latente. Em decorrência das mudanças de entendimento, um novo ciclo se reinicia dentro de uma mesma camada (ou modo de pensamento). Isso acontece porque não ocorrem mudanças na forma que o estudante representa o conhecimento aprendido, mas houve um aumento do grau de complexidade com que o conhecimento foi explicitado (AMANTES, 2005). Isso quer dizer que a mudança de níveis de complexidade não ocorre necessariamente com a mudança de estágios.

> Diferentemente de Piaget que concebe a ocorrência da mudança na forma do conhecimento quando o sujeito muda de estágio, para Biggs e Collis podem ocorrer evoluções no entendimento sem que haja essa mudança, ou seja, dentro de um mesmo modo pode haver um aumento da complexidade do entendimento (AMANTES & OLIVEIRA, 2012, *p*. 66).

Nessa perspectiva, a aprendizagem passa a ser entendida com um processo evolutivo do entendimento dos estudantes sobre os conceitos estudados. Neste sentido a taxonomia SOLO nos permite descrever de forma sistemática como ocorre esta evolução entre os níveis de entendimento do sujeito, quando são submetidos a diferentes tarefas: testes de conhecimento e atividades em forma de exercício aplicadas após uma intervenção didática.

3.3 Atividades Investigativas

Pesquisadores da área de Educação e Ensino de Ciências (AZEVEDO, 2004; RODRIGUES & BORGES, 2008; BAYERL, 2011; ZÔMPERO & LABURÚ, 2012) discutem sobre a importância de introduzir atividades experimentais, com uma

abordagem investigativa, nas aulas de Ciências, desde os anos iniciais. Foça, Laburú e Silva (2013) apontam que a inserção dessas atividades favorece a aprendizagem de conceitos científicos. Além disso, propicia o desenvolvimento de habilidades cognitivas e afetivas e favorece a argumentação (ZÔMPERO & LABURÚ, 2012).

Na revisão de literatura, verificamos que ainda não há um consenso sobre o conceito de ensino por investigação. Em termos históricos, Rodrigues e Borges (2008) e Andrade (2011) destacam que esta abordagem de ensino sofreu diversas modificações, passando pela filosofia de Dewey e pelos trabalhos de Schwab e Rutherford. Ambos apresentam uma proposta de ensino baseado na resolução de problemas.

As contribuições de Dewey, no início do século XX, ganharam certo destaque pelas críticas ao ensino de Ciências do seu tempo e por propor uma abordagem de ensino seguindo uma linha investigativa. Contudo, o ideal de Dewey não pode ser alcançado sem a atuação do professor em todo o processo. Isso porque o docente tem o papel fundamental de conduzir as tarefas e orientar os estudantes em suas ações e discussões.

Durante muito tempo, entre 1950 e 1980, pesquisadores em Educação em Ciências buscavam a melhor forma de definir o ensino por investigação (ANDRADE, 2011) e quais as contribuições que essa abordagem poderia trazer para o ensino de Ciências. No Brasil, somente a partir da década de 80 houve um razoável consenso entre os pesquisadores, concebendo que essa estratégia de ensino teria muito a contribuir com o desenvolvimento do ato de inquirir científico (ANDRADE, 2011). Ainda assim, são muitos os termos usados para definir uma atividade investigativa.

Além de subsidiar a aprendizagem em Ciências, o ensino por investigação desperta a curiosidade e motiva os estudantes para o *"entendimento de conteúdos em níveis mais significativos"* (FORÇA, LABURÚ & SILVA, 2013, p. 87). Neste sentido, um dos objetivos do ensino por investigação é permitir que os estudantes, ao desenvolverem atividades práticas (MILLAR, 1991) em sala de aula, criem suas próprias estratégias para resolver situações-problemas (CARVALHO, 2013). Andrade e Massabni (2011) denominam tais atividades

> (...)como aquelas tarefas educativas que requerem do estudante a experiência direta com o material presente fisicamente, com o fenômeno e/ou com dados brutos obtidos do mundo natural ou social. Nesta experiência, a ação do aluno deve ocorrer - por meio da experiência física -, seja desenvolvendo a tarefa manualmente, seja observando o professor em uma demonstração, desde que, na tarefa, se apresente o objeto materialmente (ANDRADE & MASSABNI, 2011, p. 840).

Devries e Sales (2013) afirmam que o desenvolvimento de atividades práticas ou experimentais favorecem a construção de conhecimento num nível mais concreto. Eles defendem que

> o conhecimento do mundo físico é melhor adquirido por meio de experiências diretas, pelas quais as crianças podem formar ideias experimentá-las, observar os resultados, revisar suas ideias iniciais, experimentá-las novamente e assim por diante (DEVRIES & SALES, 2013, p. 20).

Essas ações dos estudantes, mediadas pelo professor, favorecem o entendimento dos conceitos estudados por meio de atividades práticas. Diferentes autores interpretam atividades práticas como sendo: atividades experimentais; aulas de laboratório; aulas práticas; experimentação apenas como demonstração. No entanto, Carvalho (2013), Azevedo (2008), Bayerl (2011) e Zanon e Freitas (2007) interpretam as atividades investigativas como um tipo de atividade prática.

Um exemplo de atividades investigativas são as desenvolvidas pelo projeto francês "*La main à la patê*", divulgado no Brasil, em 2001, denominado "ABC na Educação Científica – Mão na Massa". Caracterizado por valorizar as atividades práticas investigativas o "Mão na Massa" enfatiza a difusão da ciência e as interações entre os estudantes aquando realizam tais atividades (ZANON & FREITAS, 2007 *apud* ANDRADE & MASSABNI, 2011, p. 837).

Então toda atividade, cujo procedimento metodológico está centrado no desenvolvimento de atividades experimentais através da manipulação de objetos e/ou fenômenos, pode ser definida como uma atividade prática. Enquanto que uma atividade investigativa, além da ação manipulativa (CARVALHO, 2013) possui as seguintes

características: parte de um problema experimental ou teórico; os conhecimentos prévios são condição necessária para que o estudante construa suas primeiras hipóteses; o sujeito é ativo no processo de aprendizagem; e o erro é parte do processo de construção de novos conhecimentos. Atividades com essas características, despertam ainda mais o interesse dos estudantes à aprendizagem, quando são de natureza problematizadora (ANDRADE & MASSABNI, 2011).

Neste estudo, adotamos atividades investigativas como toda e qualquer atividade em que o estudante se envolve ativamente (ZÔMPERO & LABURÚ, 2011; SCHROEDER, 2011) no processo de aprendizagem (CARVALHO, 1998; 2013; BAYERL, 2011), criando estratégias próprias para resolver situações-problema. São atividades em que as interações discursivas (ZANON & FREITAS, 2007) fazem parte do processo de construção do conhecimento e as estratégias dos estudantes estão fundamentadas em suas próprias ações. Elas podem ser de natureza experimental, em que há um desafio que deve ser posto aos estudantes para que eles desenvolvam estratégias no sentido de solucioná-lo, manipulando materiais e criando, experimentalmente, situações que envolvam os fenômenos estudados. Dessa forma, corroboramos com a ideia de que:

> Ao ensinarmos Ciências por investigação estamos proporcionando aos alunos oportunidade para olharem os problemas do mundo elaborando estratégias e planos de ação. Desta forma o ensino de ciências se propõe a preparar o aluno envolvendo, na sala de aula, habilidades que lhes permitam atuar consciente e racionalmente fora do contexto escolar (CARVALHO, 2011, p. 253).

Segundo Carvalho (2011) a metodologia de ensino por investigação está fundamentada em três obras de toda a biografia piagetiana: o livro *"Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente"* (INHELDER & PIAGET, 1976); *"Tomada da Consciência"* (PIAGET, 1977); e o *"Fazer e Compreender"* (PIAGET, 1978). A partir desses trabalhos, foram planejadas as Sequências de Ensino Investigativas (**SEI**), termo utilizado por Carvalho (1998; 2009, 2011; 2013) para denominar as atividades investigativas.

Neste sentido, entendemos que as atividades investigativas devem promover o desenvolvimento de habilidades como observar, levantar hipóteses, realizar medidas, interpretar dados, refletir e construir explicações de caráter teórico (ZÔMPERO & LABURÚ, 2011), favorecendo o entendimento dos estudantes de forma prática e em muitos aspectos de forma lúdica. Nessa perspectiva, ao propor atividades como a inserção de situações-problema nas aulas de Ciências, o professor potencializa a motivação, o engajamento e a construção compartilhada de significados, ainda que em um nível mais concreto.

Isso acontece porque as atividades investigativas são, basicamente, centradas no estudante (CARVALHO, 2011, 2013; AZEVEDO, 2008; BAYERL, 2011). Diferentes pesquisadores (CARVALHO et al., 2013; AZEVEDO; 2004) defendem que dessa maneira há uma contribuição maior para que o aprendiz desenvolva sua autonomia e a capacidade de tomar decisões e de resolver problemas.

Nesse contexto o professor, ao organizar as atividades investigativas, deve criar condições para que as interações sociais aconteçam. O professor é colocado numa situação de mediador do processo (AZEVEDO, 2008) de aprendizagem, criando um ambiente encorajador para que o estudante desenvolva sua autonomia. Assim, o estudante passará a ser visto como "*detentor e construtor do conhecimento e não mais como mero receptor de conteúdo*" (SOUZA JÚNIOR & COELHO, 2013, p. 2).

Diferentes autores concordam que a participação ativa dos estudantes é essencial à atividade investigativa (CARVALHO 1998; 2004; 2011; BAYERL, 2011; AZEVEDO, 2008; SOUZA JÚNIOR & COELHO, 2013; ZÔMPERO & LABURÚ, 2011; SCHROEDER, 2007). Também é importante que as interações aluno–aluno ocorram (CARVALHO, 2011), pois ao fortalecer as interações entre pequenos grupos de desenvolvimento da atividade os estudantes aprimoram seus conhecimentos.

Concordamos que as Atividades Investigativas são uma importante ferramenta do ensino de Física e de Ciências, tendo o papel de motivar e estimular a aprendizagem de conceitos científicos (BAYERL, 2011). Entretanto, ainda é necessário ir além do seu caráter lúdico e motivador para que o ensino tenha um caráter mais efetivo, contribuindo com o processo de construção de conhecimento.

É nesse sentido que buscamos, na estratégia apoiada em atividades investigativas, uma alternativa para que a introdução de conteúdos de Física nos anos iniciais seja feita de forma a suscitar problematização, discussões, argumentações e outras características que demarcam uma aprendizagem profunda (AMANTES, 2009).

3.4 Modelo Rasch

> Quando lidamos com atributos não acessados diretamente por instrumentos que usualmente dispomos (como questionários, testes e tarefas), outras estratégias devem ser utilizadas para investigá-los. Atributos como atitude, entendimento, grau de ansiedade e tantos outros da área da Psicologia e da Educação são dessa natureza, e apresentam uma subjetividade que deve ser considerada no desenho de pesquisa. Tais atributos, denominados traços latentes, podem ser avaliados em termos quantitativos(...) (AMANTES & COELHO, 2015, p. 156).

Para lidar com dados de natureza latente, como por exemplo o entendimento sobre determinado conceito, utilizamos um conjunto de modelos obtidos através da modelagem Rasch sendo este um modelo estatístico que avalia a probabilidade de acerto ou de erro de um conjunto de dados observáveis, o que nos permite analisar o traço latente subjacente aos instrumentos avaliativos. Para investigar a mudança de entendimento, utilizamos métodos qualitativos em conjunto com procedimentos quantitativos.

A partir da aplicação de instrumentos para acessar o traço latente, extraímos dados que resultam de um conjunto de respostas obtidas, de uma população específica, em diferentes tarefas. As respostas dos estudantes foram categorizadas utilizando um sistema categórico baseado nos conteúdos dos itens que constituem os diferentes testes realizados nesse estudo, fundamentado pela estrutura da Taxonomia SOLO. Sobre esses dados, aplicamos métodos quantitativos para investigar a mudança dos níveis de entendimento de estudantes do 3º ao 5º ano do Ensino Fundamental sobre conceitos Físicos.

Pesquisas da área de psicometria lidam com traços latentes (como entendimento, atitude e emoção, por exemplo) através de modelos probabilísticos (WRIGHT, 1997; BOND & FOX, 2007; DAWSON, 2006; AMANTES, 2009; PORTO, 2014; PORTO, 2015; AMANTES & COELHO, 2015; GADÉA & AMANTES, 2015). O modelo Rasch nos fornece as estatísticas de ajustes para analisar a mudança de entendimento dos estudantes, que se traduzem, por sua vez, em indicadores sobre a confiabilidade dos instrumentos de coleta e sobre o comportamento dos dados analisados.

Em 1953, Rasch criou um modelo de mensuração para observar respostas dicotômicas, usando uma medida que relaciona a habilidade[6] do sujeito e a dificuldade do item (RASCH, 1960). Na Psicologia e nas ciências comportamentais, existem diferentes abordagens aplicadas à mensuração (CAVANAGH & ROMANOSKI, 2006; BOND & FOX, 2007). Segundo Wright (1997) medidas são inferências obtidas por aproximações aleatórias de uma quantidade dimensional, descritas em unidades abstratas. Estas unidades podem ser afetadas por fatores externos, embora os dados reais de uma medida nunca estejam completos. Logo, medir é obter inferências sobre um traço latente através de métodos quantitativos.

Quando utilizamos uma mesma escala de valores para medir um atributo de um traço latente, como habilidade, atitude, entendimento e afetividade, por exemplo, precisamos obedecer a sete critérios que nos permitem medir a variável de acordo com os requisitos teóricos de medição (WRIGHT & MASTERS, 1981 *apud* CAVANAGH & ROMANOSKI, 2006, p. 6). São eles:

- Cada item deve ser avaliado para saber se ele está medindo o que realmente se quer medir;
- O grau de dificuldade do item deve ser relativizado entre os participantes;
- Verificar se há um padrão entre as respostas dos sujeitos que constituem a amostra;
- Verificar a pontuação relativa dos participantes em relação à escala;

[6] A habilidade em resolver problemas envolve conceitos específicos. Segundo Amantes (2005) a habilidade é um forte indicador do entendimento sobre esses conceitos.

- Verificar se há um padrão de distância entre os itens, se existe uma linearidade;
- Verificar o erro médio das medidas numéricas;
- Verificar se há uma semelhança entre os itens.

O conceito de medida, em Educação, foi fortemente influenciado por Rasch (CAVANAGH & ROMANOSKI, 2006), que investigou diferentes maneiras de comparar o desempenho dos sujeitos com seus diferentes atributos (entendimento, habilidade, atitude, etc.) quando são submetidos a diferentes testes de conhecimento. O modelo de mensuração desenvolvido por Rasch (1960) analisa dados dicotômicos, utilizando as medidas de atributo do sujeito e o parâmetro do item. Rasch (1960) testou modelos probabilísticos para comparar as medidas dos itens e dos sujeitos, colocando-os numa mesma escala de valores (*logits*[7]), que diz respeito a uma escala logarítmica.

> Os empecilhos da análise tradicional são superados quando lidamos com uma escala intervalar e avaliamos os parâmetros dos sujeitos, itens e categorias a partir das estimativas que são estabelecidas em uma mesma escala de valores (logits). Ao fazer isso, por meio da modelagem dos dados, ordenamos as categorias de todos de acordo com o seu grau de 'dificuldade' e, dessa maneira, contemplamos a especificidade de cada uma e sua representatividade em relação ao traço latente (AMANTES & COELHO, 2015, p. 163).

Teoricamente, admitimos que a escala de *logits* é constituída de níveis hierárquicos de grau de complexidade que nos permitem modelar e interpretar os dados. A modelagem dos dados pode ser aplicada para determinar a capacidade de mensuração do instrumento, se os dados se ajustam ao modelo e se o item consegue acessar as informações do traço latente investigado (o entendimento). Os valores dispostos ao longo da escala de *logits* podem variar em torno de zero (0), desde os valores negativos aos positivos. Este zero arbitrário é o ponto de referência para definir tanto o atributo do sujeito, quanto a dificuldade do item em *logits* (WRIGHT & STONE, 1976 *apud* PORTO, 2015, p. 40).

[7] Escala intervalar de medida de proficiência, cujos intervalos são os mesmos ao longo da régua e o objetivo é comparar a dificuldade do item em relação à dificuldade dos sujeitos.

Segundo Amantes (2009), a modelagem[8] Rasch trata-se de uma análise estatística da adequação de um modelo, que avalia o comportamento dos parâmetros dos itens e dos sujeitos, colocando-os numa mesma régua e utilizando os mesmos parâmetros de comparação. Este tipo de análise nos fornece maior coerência para interpretar as diferenças entre os sujeitos.

A principal contribuição desses modelos está associada ao fato de podermos dizer se um sujeito A possui maior ou menor entendimento do que um sujeito B e se este tem maior ou menor probabilidade de acertar ou errar ao responder um determinado item. Além disso, podemos comparar o grau de dificuldade entre os itens ao longo da escala intervalar. Partindo do princípio básico do modelo (MEAD, 2008), a confiabilidade do dado, verificamos se o instrumento é válido e se ele fornece estimativas de valores coerentes em relação ao que se pretende medir. Já o princípio da objetividade específica do modelo explica que o dado estatístico independe do item e da amostra analisada.

O que ocorre é que uma pessoa que possui a mesma habilidade que outra terá o mesmo desempenho no teste. Esse desempenho depende apenas da diferença entre o nível de dificuldade do item e a habilidade do sujeito em relação ao traço latente (no nosso caso, o entendimento). Para estimarmos o entendimento, utilizamos a equação:

$$P_{ni}\{x_{ni} = 1/\beta_n, \theta_i\} = \frac{e^{\beta_n - \theta_i}}{1 + e^{\beta_n - \theta_i}}$$

onde:

- $P_{ni}\{ x_{ni} = 1/ \beta_n, \theta_i\}$ define a probabilidade do sujeito *n*, obter um escore $x = 1$ no item *i*;
- β_n representa a proficiência do sujeito;
- θ_i é a dificuldade do item

[8] Segundo Amantes (2009) a modelagem se trata da análise da adequação de um modelo já estabelecido por teoria para investigar os dados coletados. Isso significa avaliar o comportamento de parâmetros da população e dos itens investigados em termos do que se espera teoricamente que ocorra quando um modelo específico é adotado.

Para esse modelo, os itens não são acertados ao acaso, de modo que a probabilidade do sujeito é definida pela razão entre a base do logaritmo natural (*e* = *2,7183...*) elevada à proficiência (diferença entre β_n e θ_i) e o mesmo valor somado à unidade. Este é um modelo teórico que compreende transformações logarítmicas.

Utilizamos dados do tipo binário para transformar os dados qualitativos em quantitativos (RASCH, 1960), embora hoje os modelos politômicos já tenham sido desenvolvidos e utilizados como uma extensão da proposta dicotômica inicial (LINACRE, 2009; WRIGHT & MASTERS, 1982; BOND & FOX, 2007). Os dados são obtidos a partir da transformação das categorias construídas para avaliar, qualitativamente, as respostas dos sujeitos para os itens que constituem cada instrumento de coleta.

O acesso às dificuldades dos sujeitos ou dos itens depende da combinação de variáveis independentes. A diferença entre essas dificuldades nos fornece o ganho do entendimento dos estudantes, resultantes das medidas individuais de cada um, obtidas em cada onda de medida[9]. Neste sentido, consideramos que a probabilidade que o sujeito tem de acertar o item depende do quanto ele "sabe" sobre o conteúdo do item (atributo do sujeito) e do quão "difícil" é o item (dificuldade do item), sendo que o entendimento independe do instrumento que é utilizado para avaliá-lo, assim como as dificuldades dos itens independem de quem está respondendo ao teste.

Aplicamos o modelo Rasch (1960) para que pudéssemos estimar o entendimento em termos de desempenho levando em consideração os níveis de complexidade aferidos na classificação das respostas dos sujeitos. Tal desempenho, utilizando a modelagem Rasch, engloba a qualidade ao mesmo tempo que estabelece uma escala intervalar que permite avaliar o dado de forma quantitativa, mas carregando ainda o aspecto qualitativo. Através dessa escala, podemos comparar os sujeitos em termos do ganho do traço latente analisado.

[9] Onda de medida são os testes de conhecimento e exercícios aplicados à obtenção de dados.

CAPÍTULO IV

Sujeitos, Contexto e Intervenção

Nesse capítulo, descrevemos os sujeitos e o contexto que fizeram parte do estudo piloto e os sujeitos e o contexto que compuseram a pesquisa. Para o estudo piloto foi feita uma análise à parte da análise da pesquisa. Além disso, descrevemos a sequência de ações de cada uma das intervenções, que se referem aos dois experimentos (flutuação do ovo e do submarino) de natureza investigativa.

4.1 Sujeitos

Investigamos os estudantes do 3º ao 5º ano do Ensino Fundamental, com idade entre 8 e 11 anos. Para identificar o entendimento sobre conteúdos de Física desses estudantes, utilizamos um conjunto de atividades investigativas, compostas de atividades escritas. Para avaliar essas atividades utilizamos uma ferramenta de análise das respostas (a taxonomia SOLO).

Como nosso desenho de pesquisa foi fundamentado na análise de respostas escritas, optamos por investigar sujeitos que conseguissem responder às questões propostas em forma de exercícios, para assim, analisarmos as respostas com base na ferramenta metodológica. Esta não é uma restrição do aporte teórico utilizado, mas sim uma limitação da nossa pesquisa, que teve como instrumento de coleta o exercício.

Para que os estudantes das séries investigadas não fossem surpreendidos com a presença da pesquisadora e com as atividades, tivemos um contato inicial. Neste primeiro contato, a pesquisadora foi apresentada às turmas para informar aos estudantes o porquê da realização das atividades e como as mesmas seriam desenvolvidas. De maneira geral, transmitiu-se as informações necessárias sobre a pesquisa e o que seria desenvolvido ao longo das aulas cedidas pelos professores.

Um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (**TCLE**) foi entregue à direção das escolas para que os gestores se inteirassem dos objetivos da pesquisa e do que seria feito das informações coletadas. Para o caso de menores, os pais foram consultados sobre a possibilidade de usarmos os dados coletados nessa e em pesquisas futuras. As crianças cujos pais não aceitaram a participação dos mesmos realizaram as atividades e tiveram seus dados excluídos da investigação. Nenhuma das atividades do material instrucional foi usada pelos professores como atividade avaliativa.

4.1.1 Estudo Piloto

O estudo piloto foi realizado no mês de novembro de 2013, numa escola Particular do município de Feira de Santana, com o objetivo de validar os instrumentos de coleta de dados assim como a taxonomia SOLO para o tipo de dado coletado.

Aplicamos os testes de conhecimento (pré-teste e pós-teste), a atividade de natureza investigativa e as questões referentes à atividade. Não adotamos nenhum outro procedimento para validar os instrumentos de coleta. O estudo foi realizado com 29 estudantes do 4º e 5º anos dos anos iniciais do Ensino Fundamental e, através de uma análise exploratória, verificamos que apenas 14 estudantes realizaram todas as etapas do estudo. Diante disso, os dados do piloto foram analisados utilizando a estatística descritiva devido ao tamanho da amostra (14 sujeitos). As análises e resultados dessa amostra estarão explicitados num capítulo à parte.

4.1.2 Pesquisa

A pesquisa contou com a participação de duas escolas, uma da rede Estadual e outra da rede Particular de ensino, do município de Feira de Santana - Ba. Avaliamos três turmas do 3º ano (sendo 1 da escola Particular e 2 da escola Estadual), três turmas do 4º ano (com 1 da Particular e 2 da Estadual) e três turmas do 5º ano (com 1 da

Particular e 2 da Estadual). Investigamos um total de nove turmas, contando com a participação, inicialmente, de 195 estudantes.

O desenho de pesquisa abarcou quatro etapas: pré-teste (aula 1), dois experimentos (aula 2 e 3) de natureza investigativa e pós-teste (aula 4). Cada etapa foi organizada para ser realizada em uma aula e em cada uma das nove turmas investigadas. Os estudantes participantes tinham entre 8 e 18 anos de idade e não apenas 8 a 11 anos como no estudo piloto. Esses estudantes, com idade superior à estipulada, fizeram parte da coleta na escola Estadual e dizem respeito a casos de desistências ou abandono escolar, inúmeras reprovações ou início tardio. Os motivos específicos não foram investigados.

Identificamos 15 estudantes com idade superior a 11 anos. Apesar da idade os estudantes acompanharam bem as atividades desenvolvidas, mesmo que não tenham participado das quatro etapas (pré-teste, intervenção 1, intervenção 2 e pós-teste). No que tange à análise dos dados, as respostas desses estudantes trariam contribuições importantes à pesquisa, mas elas foram excluídas nesse momento por uma escolha metodológica (a intenção foi avaliar todas as etapas da intervenção, o que exclui a análise do material desses alunos). Não descartamos, entretanto, uma análise posterior desses dados com outros objetivos de pesquisa.

A seguir, apresentamos na **Tabela 1** detalhes sobre o quantitativo dos sujeitos da pesquisa e o tamanho da amostra analisada.

Escola	Série	Turma	Estudantes por Série	Estudantes participantes	Meninos	Meninas
Particular (62 sujeitos)	3º ano	U	17	13	6	7
	4º ano	U	24	19	9	10
	5º ano	U	21	18	7	11
Estadual (133 sujeitos)	3º ano	A	19	5	2	3
		B	19	7	3	4
	4º ano	A	16	3	1	2
		B	19	10	4	6
	5º ano	A	30	8	6	2
		B	30	12	4	8
N (Amostra)			**195**	**95**	**42**	**53**

Tabela 1: Sujeitos da pesquisa. Fonte de dados da pesquisa.

Do quantitativo de estudantes por série **(n =195)**, apenas **95** estudantes realizaram as quatro etapas da pesquisa. Observamos que as maiores perdas deste quantitativo são da escola Estadual, devido ao calendário escolar dentre outras coisas.

4.2 Contexto

O estudo piloto foi realizado num colégio da rede Particular de ensino e a pesquisa foi desenvolvida em duas instituições de ensino, como citado anteriormente. Ambos os estudos foram realizados no município de Feira de Santana – BA, pela facilidade de aplicação das atividades pela pesquisadora e pela aceitação das escolas locais em colaborar com a pesquisa.

As instituições de ensino são escolas de bairro, que atendem a população de áreas próximas. Para a realização da pesquisa, tivemos dificuldades em encontrar muitas escolas que aceitassem incluir as atividades do projeto no calendário escolar, portanto somente duas instituições de ensino participaram (Estadual e Particular).

Tivemos livre acesso às dependências das escolas. Apresentamos a proposta aos gestores e professores e obtivemos uma boa aceitação. Realizamos um minicurso com os professores para explicar as atividades e esclarecer possíveis dúvidas. Neste minicurso, os professores realizaram atentamente as atividades de coleta de dados da pesquisa.

Os professores envolveram-se totalmente ao realizar as atividades, que eram algo novo para eles. As dificuldades apontadas tinham relação com as explicações causais dos fenômenos envolvendo a flutuação dos corpos e os conceitos Físicos relacionados. Na percepção dos professores, as atividades desenvolvidas são promissoras e podem contribuir não só no entendimento dos conceitos relacionados ao conteúdo estudado (Flutuação), mas em termos de discussão e socialização do que foi aprendido pelos estudantes.

Apesar de participarem desse minicurso, os professores se recusaram a aplicar a atividade como trabalho colaborativo, alegando o acúmulo de trabalho. Convém ressaltar que houve uma pequena colaboração dos professores na aplicação das atividades. Na primeira e quarta aula, nas quais aplicamos os testes de conhecimento, os professores contribuíram com a distribuição dos testes.

No momento de realização das atividades investigativas, o papel dos professores foi apenas auxiliar na organização e distribuição dos estudantes (em grupos). Durante a condução das atividades investigativas os professores do 4º e 5º ano da escola Particular não permaneciam na sala o tempo todo. Enquanto que os professores (de todas as séries) da escola Estadual continuavam presentes, porém sem nenhuma atuação. Os fatores associados ao professor não foram investigados nesse estudo, embora entendemos que esta é uma lacuna da pesquisa, podendo ser foco de investigação no futuro.

4.2.1 Estudo Piloto

O estudo piloto foi aplicado na escola Particular, num momento em que os estudantes haviam participado de um projeto relacionado ao tema. Os testes de conhecimento foram aplicados pelas professoras do 4º e 5º ano, no turno matutino (horário de aula), enquanto que as atividades investigativas e as questões foram aplicadas no turno vespertino. Isso porque o estudo piloto foi aplicado no mês de novembro, período de encerramento das aulas. Então, para não comprometer o calendário escolar, a Coordenação da escola solicitou que as atividades investigativas fossem aplicadas à tarde.

O fato de termos aplicado as atividades experimentais no turno oposto foi um fator de influência à redução da amostra, de 29 estudantes para 14 participantes em todas as etapas. Outro fator relevante é que a atividade experimental foi realizada com as duas séries (4º e 5º anos) e numa mesma sala, sob ordem da coordenação. Como o objetivo era validar os instrumentos e a própria intervenção, não identificamos maiores problemas.

Durante a aplicação, contamos com a presença da professora de uma das séries investigadas. Os estudantes foram divididos em grupos de 4 ou 5 alunos de uma mesma série. Apresentamos o desafio e orientamos os estudantes quanto ao manuseio dos materiais (2 recipientes de água, 1 ovo, 1 recipiente contendo sal e outro contendo açúcar). Em seguida os estudantes realizam o experimento, culminando no fechamento com a discussão com a pesquisadora. Finalizada a discussão, os estudantes responderam as questões, como um exercício, entregando a atividade no encerramento da aula. Após cinco dias as professoras regentes aplicaram o pós-teste.

4.2.2 Pesquisa

Na escola Estadual, investigamos duas turmas (A e B) de cada série (3º, 4º e 5º anos). As turmas tinham entre 20 e 30 estudantes por série. As turmas identificadas

como A foram constituídas de estudantes em idade escolar. As turmas identificadas como B eram constituídas de estudantes com idade escolar, estudantes em idade avançada e estudantes com deficiência em aprendizagem, linguagem (oral e escrita), motora, déficit de atenção ou autismo (dados fornecidos pela escola). Essas deficiências também não foram investigadas.

Nas turmas do 3º e 4º ano havia um estudante portador de necessidade especial por turma, sendo 4 estudantes no total. Todos os estudantes com algum tipo de deficiência participaram das atividades. As respostas desses estudantes nos testes de conhecimento e nas questões que compõem as atividades investigativas foram analisadas junto com os dados dos outros estudantes. Os dados coletados para os estudantes com deficiência motora e autismo, junto com os outros dois casos não foram analisados por não haver participação dos estudantes nas quatro etapas da pesquisa.

A escola dispõe de um amplo espaço educacional, com quadra de esportes (um pouco deteriorada), sala dos professores, coordenação, direção, sala de estudos e biblioteca. O corpo docente é constituído de professores que, em sua maioria, possuem Licenciatura Plena e são comprometidos com as atividades escolares e projetos educacionais. A instituição compreende um período integral de estudo: no turno matutino funcionam o Ensino Fundamental II (do 6º ao 9º ano) e o Ensino Médio (da 1ª a 3ª séries), que também possui aulas à noite; no turno vespertino funcionam as atividades do Ensino Fundamental I (do 1º ao 5º ano).

Na escola Particular, apenas uma turma de cada série foi investigada. As turmas eram menores (entre 15 e 25 estudantes) e os professores, em sua maioria, não têm curso superior, somente a formação no antigo Magistério. A escola funciona em tempo integral: no turno matutino há aulas desde o Grupo 1 ao Grupo 5 e Ensino Fundamental I (do 1º ao 5º ano); no turno vespertino há atividades de reforço para as turmas do 2º ao 5º anos e aulas normais nas turmas dos grupos de 1 a 5.

Durante o desenvolvimento das atividades, em ambas as escolas, os professores permaneciam a maior parte do tempo nas salas. Observamos que, durante a aplicação das atividades experimentais os professores da escola Particular se ausentaram em alguns momentos, principalmente, enquanto os estudantes resolviam o

desafio ou durante o fechamento da atividade. A hipótese que nós temos sobre a ausência dos professores é de que havia um certo desconforto devido á reação positiva dos estudantes ao realizarem uma atividade diferente da rotina das aulas. Muitas vezes não retornaram à sala por todo o tempo de duração da intervenção.

4.3 Intervenção

O termo intervenção será tratado, ao longo dessa dissertação, como o conjunto de atividades experimentais de caráter investigativo, questões, discussões e todas as atividades realizadas com estudantes pela pesquisadora. Realizamos duas atividades envolvendo o conteúdo de Flutuação, tema escolhido enquanto conceito físico para investigar o entendimento dos estudantes dos anos iniciais.

Não quisemos "*ensinar um conceito ou dar explicações científicas de forma acabada*" (GONÇALVES & CARVALHO, 1994, p.74), mas sim dar a oportunidade aos estudantes de se envolverem numa atividade que lhes permitisse agir sobre os objetos, estabelecer relações a partir das suas ações e construir um conhecimento sobre o conteúdo estudado.

O conteúdo de flutuação envolve muitos conceitos que demandam um alto nível de abstração. Entendemos que estes conceitos, no seu mais alto nível de abstração, não serão entendidos pelos estudantes dos anos iniciais. No entanto, eles têm referências em situações concretas e, portanto, podem ser entendidos em um nível menos complexo ou menos abstrato. Entenda-se "mais alto nível de complexidade" como a definição mais formal acadêmica. Partindo desse pressuposto, consideramos que tal conteúdo possa ser ensinado, atendendo aos níveis mais básicos e elementares relacionados aos conceitos, ou seja, em um nível mais tangível e concreto.

Os roteiros das atividades foram baseados nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs[10]) de Ciências Naturais do Ensino Fundamental com uma adaptação das atividades do Projeto ABC na Educação Científica – Com a Mão na Massa[11] e das atividades desenvolvidas por Carvalho e colaboradores (1998, 2004). Procuramos fazer adequações para o contexto investigado, tais como: as perguntas que constituem os testes de conhecimento e o conjunto de questões das intervenções foram reelaboradas para facilitar o entendimento da questão, tendo em vista o contexto investigado; as atividades investigativas foram adaptadas com a utilização de materiais de baixo custo e de fácil manipulação pelos estudantes.

Aplicamos as intervenções em 9 turmas (3 turmas da rede Particular e 6 turmas da rede Estadual), seguindo uma determinada estrutura:

1- A atividade é apresentada aos estudantes (tema, desafio e materiais)

2- Os estudantes realizam o experimento;

3- Ocorre uma discussão sobre a atividade realizada;

4- Os estudantes produzem um relato de experiência;

5- E por fim, respondem ao exercício.

Utilizamos os tablets do LABORATÓRIO INTERDISCIPLINAR DE FORMAÇÃO DE EDUCADORES (LIFE) - FACED/UFBA para gravar as intervenções e registrar os momentos durante a execução da atividade, falas relevantes e explicações dos estudantes. Gonçalves e Carvalho (1994) defendem o uso desse recurso para que o pesquisador possa rever os acontecimentos quantas vezes for necessário, e assim analisar os dados decorrentes da intervenção. A seguir, descrevemos cada uma das intervenções.

[10] Segundo os PCNs (BRASIL, 2001) é preciso que os conteúdos científicos sejam apresentados como um problema a ser resolvido, de modo que o professor possa promover uma desestabilização dos conhecimentos prévios, criando situações em que se estabeleçam os conflitos necessários à aprendizagem.

[11] O projeto foi assim denominado no Brasil, com o objetivo de incentivar o ensino de Ciências nas Anos iniciais do Ensino Fundamental, utilizando atividades experimentais que propiciem o entendimento de conceitos científicos, investindo na formação docente e na implementação de proposta em sala de aula. O projeto foi iniciado no Brasil em julho de 2001, como um projeto piloto, com uma parceria entre a ABC da França e do Brasil, sob a direção geral de Ernst Hamburger, com foco na renovação do ensino de Ciências e Tecnologia, favorecendo o desenvolvimento da expressão oral e escrita dos alunos.

4.3.1 Experimento de flutuação do ovo

O primeiro experimento propõe a investigação sobre a “flutuação do ovo”, tendo como objetivo fazer com que os estudantes entendam porque o ovo pode flutuar em determinada situação. O foco é verificar se os estudantes entendem a relação entre a flutuação dos corpos e o conceito de densidade, apresentando explicações causais para o fenômeno observado.

Para realizar este experimento, utilizamos três recipientes de água, um ovo, uma colher, um recipiente contendo sal e outro contendo açúcar. Para que ocorra a flutuação de um corpo, mergulhado em água, é necessário que a densidade do corpo seja menor do que a densidade da água. Sendo assim, para cumprir com o desafio, os estudantes deveriam tornar o ovo menos denso do que a água adicionando sal ou açúcar.

Os estudantes da rede Particular levaram em torno de uma hora e trinta minutos para cumprir as quatro etapas da atividade experimental, totalizando um tempo de quatro horas e trinta minutos. Na escola Estadual o tempo de realização foi de duas horas, totalizando doze horas. Isso se deve ao número de estudantes por turma e as dificuldades dos estudantes em traçar estratégias de resolução do desafio proposto e as dificuldades.

4.3.2 Experimento de flutuação do submarino

O problema do submarino pode promover, a princípio, certo conflito cognitivo. Isso porque o questionamento sobre a existência de coisas muito leves que flutuam e outras coisas muito pesadas que também flutuam (como um navio, por exemplo) podem suscitar dúvidas nos estudantes sobre a relação que geralmente eles estabelecem entre o peso e a capacidade em flutuar. Além disso, há coisas bem levinhas que afundam, como um grão de arroz, por exemplo, e outras que as vezes flutuam e às vezes afundam, como é o caso do submarino.

O “submarino” (ver **Figura 4**) utilizado foi construído utilizando um recipiente de plástico de pequena capacidade (em termos de volume), com dois orifícios nas extremidades, 4 bolas de gude e 60 cm de mangueira fina e flexível.

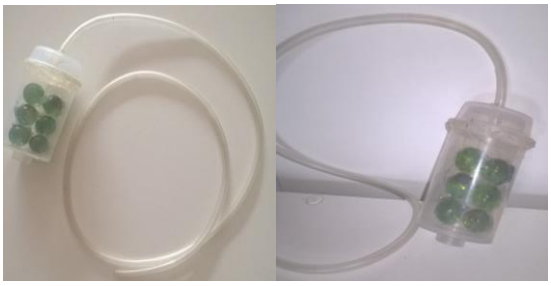


Figura 4: Ilustração do "submarino" usado na intervenção. Fonte de dados da pesquisa.

As bolas de gude foram colocadas dentro do recipiente de plástico, de modo que, quando colocados na água, fizessem o recipiente afundar um pouco. A mangueira foi presa ao recipiente, em uma das extremidades deixando a outra livre para entrada e saída de água. O desafio dos estudantes foi encontrar uma maneira de *como fazer o submarino ficar no meio da água*.

A mangueira é usada para sugar o ar através da mangueira. A água entra dentro do recipiente, fazendo com que ele afunde mais rápido. Para fazê-lo flutuar é preciso soprar através da mangueira, expulsando a água do submarino pela outra extremidade. Para fazer com que o submarino fique no meio da água é preciso soprar menos através da mangueira, deixando mais água do que ar dentro dele.

Durante a intervenção, a pesquisadora seguiu a estrutura proposta para cada atividade. Primeiro apresentou o desafio aos estudantes e entregou os materiais que foram utilizados. Com o auxílio da professora regente, cada uma das turmas foi dividida em grupos de 4 ou 5 estudantes, que tiveram um tempo para resolver o desafio. Os estudantes da escola Particular gastaram um tempo total de seis horas, enquanto que na escola Estadual o tempo total foi de quatorze horas.

CAPÍTULO V
METODOLOGIA

Este trabalho compreende uma metodologia mista, constituída de métodos qualitativos e quantitativos de coleta e análise de dados. No âmbito qualitativo, construímos uma taxonomia baseada no referencial teórico neopiagetiano (BIGGS & COLLIS, 1982) para categorizar as respostas dos estudantes. Esta categorização foi aplicada aos testes de conhecimento e ao conjunto de questões respondidas pelos estudantes após cada intervenção. No aspecto quantitativo, utilizamos uma escala intervalar de medida, obtida pela modelagem Rasch, como parâmetro para avaliar o entendimento dos estudantes do 3º ao 5º ano dos anos iniciais sobre o conteúdo de flutuação, a partir das medidas de atributo dos sujeitos e os índices de dificuldade dos itens, ambos obtidos pela modelagem.

Para responder às questões de pesquisa, aplicamos testes estatísticos da Teoria Clássica de Testes (TCT) para verificar a dependência do ganho do entendimento com o conhecimento inicial, elencar os possíveis fatores ou preditores de aprendizagem e identificar os modelos explicativos do ganho alcançado pelos estudantes, quando são submetidos a duas atividades investigativas.

Realizamos o estudo com 195 sujeitos, no entanto apenas 95 estudantes concretizaram as quatro etapas da pesquisa: pré-teste, experimento 1, experimento 2 e pós-teste. Não ocorreu nenhum tipo de instrução do conteúdo para os estudantes a priori, tendo como pressuposto que no domínio das atividades investigativas, definida por Carvalho (1998, 2004, 2013), a aprendizagem do conteúdo se dá durante a realização da atividade pelos estudantes.

Utilizamos diferentes instrumentos para coletar os dados. São eles: testes de conhecimento, questões (1 e 2) da atividade investigativa, relato dos alunos, gravação em áudio e diário de bordo. Utilizamos nesse trabalho os dados obtidos pela aplicação dos testes, as respostas das questões da atividade investigativa, gravações e diário de

bordo. A seguir, descrevemos cada um desses instrumentos, bem como os métodos de análise de dados. Ao final deste capítulo, apresentamos o cronograma de pesquisa, descrito em uma linha de tempo.

5.1 Instrumentos de Coleta de Dados

Os instrumentos de pesquisa foram reformulados após a aplicação do estudo piloto. Identificamos que algumas questões dos testes de conhecimento e das questões que compõem a intervenção não estavam muito claras, pois houve grande número de respostas em branco ou que não contemplavam a pergunta. As atividades investigativas também foram reformuladas, pois identificamos que os estudantes apresentaram dificuldades em entender o que deveriam discutir antes de realizarem a atividade.

5.1.1 Testes de conhecimento

Os testes de conhecimento compreendem o pré-teste e o pós-teste. O primeiro foi aplicado aos estudantes de cada uma das nove turmas investigadas. O objetivo era identificar o conhecimento prévio dos estudantes sobre o conteúdo de Flutuação e detectar possíveis mudanças em relação a esse conhecimento prévio. Aplicamos o pré-teste e o pós-teste por série e cada momento de coleta ocupou o tempo de uma aula para não comprometer o calendário de ambas as escolas.

Ambos os testes são constituídos de seis questões: 2 dicotômicas, corrigidas e analisadas em termos de escore; e 4 questões discursivas, cujas respostas foram categorizadas a partir de teoria, utilizando a taxonomia SOLO (BIGGS e COLLIS, 1982) para classificar as respostas dos estudantes de acordo com o nível de entendimento. A partir dos dados dos escores e das categorias transformadas em dados dicotômicos, trabalhamos com as médias dos sujeitos. Na análise exploratória consideramos as médias como desempenho dos estudantes. Posteriormente a matriz de dados

dicotômicos foi submetida à modelagem Rasch e trabalhamos com o atributo entendimento, também associado ao desempenho, numa escala intervalar de medida.

5.1.2 Questões

Cada atividade investigativa (experimento de flutuação do ovo e do submarino), obedece a uma estrutura: a etapa de resolução do desafio, discussão sobre o que foi feito e questões em forma de exercícios (1 e 2).

As questões foram do tipo aberta. O **exercício 1** compreende o experimento do ovo e é constituído de três itens. O **exercício 2** faz parte do experimento do submarino e é constituído de quatro itens. De posse das respostas dos estudantes, construímos categorias de análise e classificamos ambas as questões quanto à sua natureza (ver **Tabela 2**). São elas: ***descritivas/causalidade e efeito; explicativas/levantamento de hipótese.***

		Natureza das questões	
		Descritiva/Causalidade e Efeito	**Explicativa/Levantamento de Hipótese**
Descrição da natureza das questões		Os estudantes descrevem o que ocorreu e também suas ações para resolver o desafio.	Os estudantes devem explicar o que observam, pontuando uma explicação hipotética para o fenômeno.
Experimento do ovo	***O ovo flutua ou afunda na água pura? Por quê?***	O ovo flutua ou afunda na água?	Por quê?
	Por que o ovo flutua de um jeito e afunda de outro?		*Por que o ovo flutua de um jeito e afunda de outro?*
	Qual a diferença em colocar o ovo para flutuar na água com sal e na água com açúcar?		*Qual a diferença em colocar o ovo para flutuar na água com sal e na água com açúcar?*
Experimento do Submarino	***O submarino flutua ou afunda na água? Por quê?***	*O submarino flutua ou afunda na água?*	*Por quê?*
	O que foi feito para que o submarino flutue?	*O que foi feito para que o submarino flutue?*	
	O que acontece dentro do submarino para que ele afunde?		*O que acontece dentro do submarino para que ele afunde?*
	Por que ele afunda numa situação e flutua na outra?		*Por que ele afunda numa situação e flutua na outra?*

Tabela 2: Natureza das questões. Fontes de dados da pesquisa.

A partir dessa classificação (ver Tabela 2), junto com a análise dos mapas de itens, tivemos dados para analisar qual conteúdo foi melhor aprendido pelos estudantes. Observando a Tabela 2, temos duas classes de questões: questões com duas dimensões e questões com uma dimensão, podendo ser apenas descritiva/causalidade e efeito ou apenas explicativa/levantamento de hipótese. Apenas a segunda questão do experimento do submarino é do tipo descritiva/causalidade e efeito.

5.2.3 Diário de Bordo

O termo Diário de Bordo será tratado, ao longo desta dissertação, como um caderno de registros utilizado pela pesquisadora, durante as intervenções, como instrumento de coleta de dados. Na literatura o diário de bordo é indicado como um valioso instrumento de coleta de dados, pois possibilita ao pesquisador fazer reflexões críticas sobre o que foi desenvolvido durante a aula (PORTO, 2014; PORTO, 2015).

No diário de bordo, registramos informações tais como: dia, horário e turma de cada atividade realizada na escola, seja Particular ou Estadual; ações dos professores durante a condução das atividades de intervenção; ações e estratégias dos estudantes para resolver os desafios propostos; comentários da pesquisadora sobre o engajamento dos estudantes ao realizarem as atividades. Com o auxílio do diário de bordo e das gravações em áudio e vídeo, foi possível mapear os episódios de cada aula.

Os dados não foram avaliados por episódio, pois as gravações não foram transcritas totalmente. Para construir os mapas, colocamos trechos que demarcam temas analisados no momento da escuta. Nessas gravações, evidenciamos situações as quais queremos investigar, como por exemplo: levantamento de hipóteses pelos estudantes sobre o desafio proposto; a discussão entre os estudantes de um mesmo grupo; os momentos de discussões entre os estudantes e a pesquisadora (no fechamento das atividades investigativas); o conjunto de ações que compreendem a atividade.

Além disso, registramos os procedimentos, os objetivos das intervenções, os

acontecimentos da aula, sobre as atividades previstas e executadas e nossas interpretações sobre cada aula realizada. Foram registrados os comportamentos dos grupos de estudantes durante a intervenção e a percepção da pesquisadora sobre a interação entre eles. Também foi possível registrar algumas falas dos estudantes, que demarcaram dúvidas e dificuldades em resolver os desafios.

O cruzamento das informações descritas no diário de bordo com as gravações de áudio e vídeo contribuíram na construção dos Mapas de Episódio e com as nossas interpretações sobre a eficiência das atividades investigativas enquanto abordagem de ensino.

5.2 Coleta de Dados

A coleta de dados ocorreu em quatro aulas. Convém ressaltar que tivemos um total de 95 estudantes participantes, sendo 50 da escola Particular e 45 da rede Estadual. Na **Figura 5** apresentamos um fluxograma, explicitando o processo de coleta de dados.

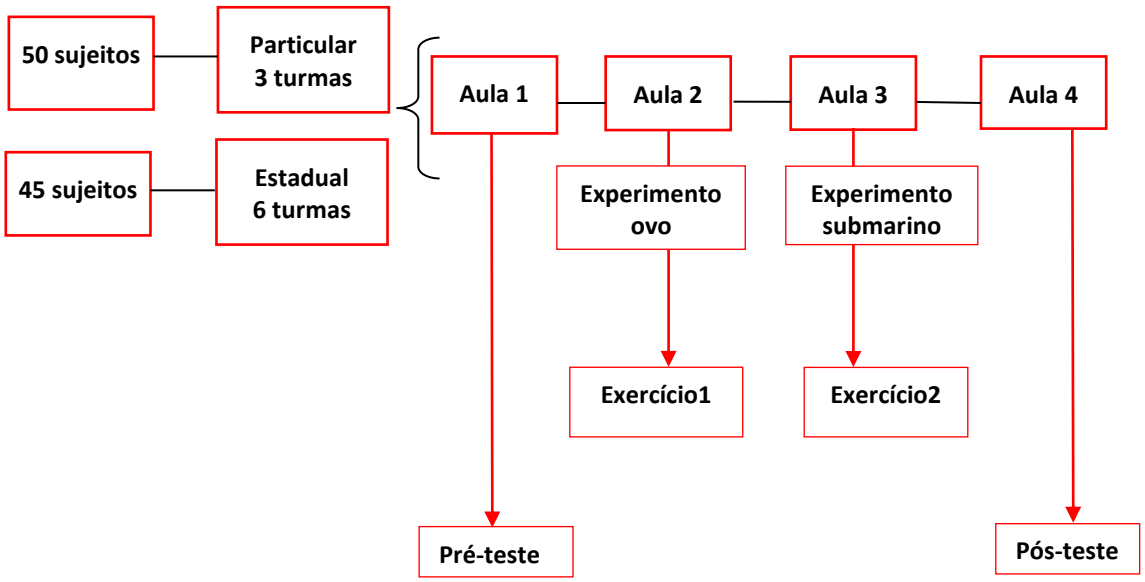


Figura 5: Desenho de coleta de dados. Fonte de dados da pesquisa.

Na Aula 1 aplicamos o pré-teste para identificar o conhecimento inicial dos estudantes. Na Aula 2 fizemos a primeira intervenção com o experimento de flutuação do ovo e em seguida aplicamos o exercício 1. Na Aula 3, aplicamos a segunda intervenção com o experimento de flutuação do submarino e na sequência o exercício 2. Na Aula 4, aplicamos o pós-teste para avaliar as mudanças no entendimento dos estudantes.

Houve um tempo entre a aplicação de cada instrumento. O cronograma, ao final deste capítulo, traz de maneira mais clara todas as etapas da pesquisa.

5.3 Ferramentas de análise de Dados

Avaliamos o entendimento dos estudantes do 3º ao 5º ano dos anos iniciais do Ensino Fundamental, sobre o conteúdo de flutuação através de diferentes ferramentas de análise. São elas: a taxonomia SOLO (BIGGS & COLLIS, 1982), o modelo Rasch (RASCH, 1960) e Testes Clássicos. Para analisar o contexto, utilizamos os Mapas de Episódio. Descreveremos cada um desses instrumentos a seguir. Ao final desta seção, apresentamos o fluxograma com o desenho de pesquisa.

5.3.1 Taxonomia SOLO

A taxonomia SOLO é uma ferramenta de análise desenhada a partir da teoria de desenvolvimento cognitivo (BIGGS & COLLIS, 1982). Analisamos as respostas dos sujeitos às questões abertas dos testes de conhecimento e dos exercícios (1 e 2) da atividade. Categorizamos as respostas dos sujeitos, classificando-as em níveis hierárquicos de complexidade. São eles: pré-estrutural, uni-estrutural, multi-estrutural, relacional e abstrato estendido.

As categorias de análise foram construídas após uma leitura inicial das respostas dos sujeitos para que pudéssemos ter os parâmetros associados a cada nível da taxonomia. Assim, conseguimos verificar em que nível de complexidade, delineado

pela taxonomia SOLO, a resposta do estudante se enquadra. A mesma estrutura hierárquica é representada de forma semelhante nas teorias de Fischer e Piaget.

Na perspectiva teórica adotada, o sujeito opera em diferentes níveis de complexidade dentro de uma mesma camada ou modo de pensamento. Em cada modo a mudança do traço ocorre em ciclos, que compreendem diferentes níveis de complexidade. Para Biggs e Collis (1982) o sujeito muda de camada, quando ocorrem evoluções no entendimento sobre os conceitos estudados na forma de representar esses conceitos. As mudanças que correspondem a um aumento de repertório e relações ocorrem no âmbito de um mesmo modo de pensamento, sem que o sujeito mude de uma camada para outra (AMANTES & OLIVEIRA, 2012).

Por isso, utilizamos a taxonomia SOLO para categorizar as respostas dos estudantes e poder identificar os níveis de complexidade do entendimento (pré-estrutural, uni-estrutural, multi-estrutural, relacional e abstrato estendido) alcançados pelos estudantes. As categorias foram construídas para cada questão que constitui os testes de conhecimento e os exercícios das intervenções.

5.3.2 Modelo Rasch

É um modelo estatístico probabilístico, amplamente utilizado na psicologia (MEAD, 2008; PASQUALI, 1996; 2009; 2003) e de forma mais incipiente na educação (DAWSON, 2006; AMANTES, 2009; PORTO, 2014; PORTO, 2015), para avaliar traços latentes, no nosso caso, o entendimento dos estudantes relacionados ao conteúdo de flutuação. Os dados coletados nos testes de conhecimento e nas questões (1 e 2) foram transformados em dados dicotômicos, obedecendo a uma hierarquia semelhante à escala Guttman (1944), escala acumulativa, gerando uma matriz de dados. Esta matriz é constituída dos dados das questões fechadas (dicotômicas) e das respostas categorizadas.

Pasquali (1996) explica que a escala Guttman foi apresentada para avaliar diferentes traços latentes.

> A parte teórica da técnica supõe que a propriedade psicológica possua magnitude e seja unidimensional. Cada item (indicador comportamental) expressa um nível diferente de magnitude, seguindo uma série monotônica crescente (pelo menos de ordem). De sorte que o conjunto de itens da escala expressa o contínuo da propriedade e que, sendo cumulativos, a aceitação de um item de maior nível implica a aceitação de todos os itens inferiores, isto é, de menor posto. Os procedimentos empíricos da técnica consistem em construir uma série de itens sobre um construto de tal forma que os itens possam ser escalonados cumulativamente. (PASQUALI, 1996, p. 124-125).

Neste sentido, utilizamos a escala Guttman (1944) para atribuir o caráter dicotômico aos níveis hierárquicos das respostas tabuladas, gerando uma matriz de dados dicotômicos. Essa matriz, resultante da categorização das respostas abertas, transformadas em dados dicotômicos (0 e 1), junto com os itens dicotômicos (V ou F), foi utilizada para fazer a modelagem dos dados.

Utilizamos o software WINSTEPS[12] (LINACRE & WRIGHT, 2000) para modelar os dados. O modelo Rasch nos fornece uma escala de medidas do atributo (no nosso caso o entendimento) do sujeito e os índices de dificuldade dos itens, assim como os mapas de itens. Esses mapas são um tipo de dado de saída do programa, que nos permite posicionar os sujeitos e os índices de dificuldade dos itens numa mesma escala de logits (BOND & FOX, 2007).

Assim, *"podemos interpretar as diferenças de desempenho"* (PORTO, 2015, p. 60) dos sujeitos em cada uma das tarefas realizadas. De posse dos dados obtidos no Winsteps (LINACRE & WRIGHT, 2000), construímos uma nova planilha eletrônica onde conduzimos a análise do ganho no entendimento, comparando as medidas do pré-teste (P_1), questões (Q) e pós-teste (P_2). A diferença entre cada uma dessas medidas nos fornece o ganho alcançado pelos estudantes após realizarem as duas intervenções.

[12] Winsteps é um software baseado em Windows que auxilia na modelagem de Rasch, particularmente nas áreas de testes educacionais, pesquisas de comportamento e análise de escala de classificação (LINACRE, 2010).

5.3.3 Testes Clássicos

Testes Clássicos são definidos na literatura como testes de estatística inferencial, que nos permitem avaliar uma hipótese. Através desta hipótese, verificamos se as respostas, para um conjunto de itens, não são ao acaso, ou se existe um padrão entre elas com certo nível de significância. Para isso, utilizamos o software estatístico SPSS (Statistical Package for Social Science for Windows) (GUIMARÂES, 2011). Utilizamos os dados de proficiência, e não os escores brutos, para verificar e comparar o desempenho dos estudantes em diferentes tarefas (testes de conhecimento, atividades investigativas e exercícios). Em nosso estudo, realizamos diferentes testes. São eles:

- **ANOVA:** é um teste de média utilizado para verificar se o grupo investigado apresenta alguma variável com diferenças significativas em relação a outro grupo, como por exemplo, a escola, o gênero, a série, a turma;
- **Regressão Linear (RL):** teste usado para verificar se há dependência linear entre variáveis distintas. Em nosso estudo testamos se o ganho no entendimento tem dependência com o conhecimento inicial dos sujeitos investigados;
- **Regressão Múltipla (RM):** serve para testar diferentes modelos, que possam explicar a variabilidade da amostra investigada. Neste caso, o modelo inclui fatores (escola, gênero, série e turma) que possam explicar a variância.

Esses três testes, dentre outros relacionados à investigação do comportamento da amostra (análise da variância, teste de normalidade, etc) foram aplicados às medidas de proficiência dos sujeitos obtidos através da modelagem Rasch. Entendemos que as medidas intervalares são mais robustas para avaliar o ganho no entendimento dos estudantes investigados do que os escores.

5.3.4 Mapas de Episódio

Porto (2014) define os Mapas de Episódio como uma importante ferramenta para descrever contexto de ensino. Nesta dissertação, utilizamos esta ferramenta como instrumento de análise do contexto das intervenções realizadas nas duas escolas participantes (Estadual e Particular). Cada intervenção foi organizada de acordo com a turma investigada e cada encaminhamento foi registrado no diário de bordo. Utilizamos os registros do diário de bordo junto com as gravações em áudio como fonte de dados para construção dos mapas de episódio de cada aula de atividade investigativa. Nestas aulas, temos vários episódios de ensino constituídos de uma série de eventos denominados de unidades de significado (PORTO, 2014).

Para construir os mapas de episódio de cada intervenção (experimento de flutuação do ovo e do submarino), utilizamos quatro critérios de seleção dos trechos transcritos das gravações:

- Foco na discussão do conteúdo geral (flutuação dos corpos);
- Foco na descrição das ações dos grupos formados em cada série;
- Temas de discussão de cada grupo em cada intervenção;
- Demarcações que exemplificam o engajamento dos estudantes em cada intervenção realizada.

Esses critérios foram fundamentais na seleção das demarcações, uma vez que eles foram relevantes na construção dos mapas e análise do contexto. Após examinar todas as gravações, nos preocupamos em registrar trechos que demarcam os quatro critérios descritos acima.

Fizemos demarcações referentes a exemplos dos temas colocados nos mapas de episódio. Seguimos o critério cronológico de transcrição de parte das falas dos estudantes para que pudéssemos construir cada unidade de análise. Além disso, fizemos uso dos registros do caderno de bordo para poder reconstruir o contexto de ensino investigado. Ao final do processo de transcrição, obtivemos os textos descritos relativos às duas intervenções realizadas nas nove turmas investigadas, para todas as

aulas, totalizando 12:36:42 (doze horas trinta e seis minutos e quarenta e dois segundos) de gravação. No **Quadro 1,** apresentamos um exemplo do mapa de episódio. Este é referente à segunda aula da turma do 3º ano da escola Particular, quando os estudantes realizaram a primeira intervenção.

Descrição da aula e Foco do Conteúdo Geral	Descrição das ações dos Grupos		Tema de discussão		Engajamento	
	Descrição	**Exemplo**	**Descrição**	**Exemplo**	**Descrição**	**Exemplo**
Descrição A atividade iniciou no segundo horário de aula. A professora regente explica sobre a atividade e organiza a sala, distribuindo os estudantes em quatro grupos. Há um breve tumulto. A pesquisadora explica sobre o experimento de Flutuação do ovo, sem instruções em termos de conteúdo, composta por quatro etapas: resolver o desafio, discussão; responder questões em forma de exercício e produção de relato de experiência. Os materiais foram entregues aos estudantes, que iniciam a atividade. **Foco** No experimento de flutuação do ovo os estudantes têm que resolver um desafio: fazer o ovo flutuar na água. O objetivo é que os estudantes entendam que a mudança das características físicas da água tem influência na flutuação dos corpos.	**Grupo 1:** Os estudantes realizam diferentes testes para resolver o desafio. Há uma concordância entre eles sobre as ações realizadas, testando a hipóteses para resolver o desafio (como fazer o ovo flutuar na água?).	"Bora botar o açúcar e o sal na água junto com o ovo, viu?! Eu boto o sal, você o açúcar e ele o ovo" (1:00 a 1:33); "aqui virou um soro caseiro, sabia? Água com açúcar e sal" (5:45 a 5:50).	**Grupo 1:** O foco da discussão não foi em explicação causal. Foi somente em ações de tentativa e erro para realizar a atividade.	"Porque a gente não colocou nada na água". "O ovo afunda, porque ele é muito pesado. Mais pesado do que a água" (14:25 a 14:45).	**Grupo 1:** Os estudantes conversam sobre outras coisas, durante a atividade. Parecem bastante motivados, mesmo apresentando dificuldades em explicar as causas e os efeitos das suas ações. O grupo age como se estivesse numa competição.	"Cuidado com o ovo, porque o pintinho vai nascer" (2:00 a 2:25); "...Bota mais sal, mais sal, mais sal". "Ele tá subindo com o sal". "Êêê... ganhamos! " (13:30 a 13:50).
	Grupo 2: Os estudantes realizam o experimento, testando quatro estratégias diferentes e discutem sobre cada ação realizada por eles. Os estudantes conseguem fazer associações com as questões respondidas no pré-teste.	"Primeiro tem que colocar o ovo na água" (2:00 a 2:11); "Acho que primeiro tem que botar o sal pra o ovo flutuar" (2:11 a 2:18); "A gente fez isso na atividade anterior, não lembra? " "Foi mesmo, tem que colocar o ovo na água" (3:00 a 3:39). "Primeiro tem que botar um pouquinho de sal" (5:05 a 5:08).	**Grupo 2:** O foco da discussão foi em explicação causal, com ênfase maior na descrição das suas ações para resolver o desafio.	"Quando mistura flutua, mas só que o ovo tem que flutuar sozinho na água" (12:40 a 12:44); " Entendi, a gente tem que fazer a água ficar mais pesada do que o ovo pra ele flutuar. Então a gente tem que colocar bastante sal" (9:00 a 9:07). "Tem que colocar sal, porque a água é leve" (9:25 a 9:30).	**Grupo 2:** O grupo inicia a atividade bem engajados com atenção nos passos realizados. Há conversas paralelas com outros grupos e um silêncio com a conquista de outro grupo. Eles vibram com suas conquistas.	"Êêêê... Conseguimos! Ganhamos" (17:20).
	Grupo 3: Os estudantes realizam diferentes testes. O primeiro copo havia sal e açúcar na água, sendo mais sal do que açúcar. O segundo com açúcar e sal na água, sendo mais açúcar do que sal.	"Oh, eu acho que a gente tem que pegar a água, depois a gente pegar o sal e colocar dentro da água. Colocar um pouquinho de açúcar na água e depois colocar o ovo pra flutuar" (1:00 a 1:13); "Bora botar o açúcar primeiro" (4:50). "Não mexe". "Não flutuou de novo. Agora tem que colocar bastante açúcar". (6:20 a 6:22).	**Grupo 3:** O foco da discussão foi em explicar as causas para o fenômeno observado e descrição das ações.	"O ovo afunda na água, porque a água ela é muito, muito leve" (6:56 a 7:05); "Até que enfim a gente conseguiu. A gente colocou a água, depois colocou o sal, aí a gente derramou a água toda e aí deu certo" (17:20 a 17:35); "O segredo era muito açúcar" (18:20 a 18:22).	**Grupo 3:** O grupo inicia a atividade bastante motivados, e agem em concordância, de modo que todos os componentes contribuam para resolver o desafio.	"Bora botar o sal e o açúcar aqui? ". "Mas a gente já fez isso em outro copo". "Mas aí pode dar certo". (8:00 a 9:11); "Flutuou, flutuou, flutuou. Êêêê..." (16:15 a 16:30).
	Grupo 4: A primeira hipótese é colocada em forma de pergunta: o ovo flutua na água? Os estudantes respondem que não e esta é uma concepção prévia explicitada por eles.	"eu acho que a gente deve colocar o açúcar aqui na água" – 2:42 a 2:46. "Não...a gente precisa botar o ovo na água pura" (2:50 a 2:56). "Para aí de mexer pra ver se ele tá flutuando". "Mas tem que botar o ovo na água e mexer" (3:27 a 3:20). "Não bota todo não. Deixa um pouquinho". "Tem que botar mais" (16:00 a 16:10); "Tem que botar o açúcar todo em um copo" (16:59).	**Grupo 4:** O foco da discussão é em descrever as ações. Não há explicações causais sobre a atividade.	"Bota primeiro o sal depois o açúcar" (9:51 a 9:54). "Bota mais" (10:05); "Agora o açúcar" (10:19). "Agora se o ovo ficar parado ou flutuando..." (10:35 a 10:38). "Primeiro tem que colocar o açúcar". "Coloca só o açúcar" (11:05 a 11:10).	**Grupo 4:** Há muito ruído na sala. Os estudantes, demonstram estar um pouco apreensivos e envergonhados por causa da gravação. O grupo é um pouco disperso, porém tranquilo e possuem iniciativas próprias para resolver o desafio. No entanto não conseguem fazê-lo. Os estudantes ficam dispersos com as ações de outros grupos. Observo um ar de decepção no grupo, por não ter conseguido resolver o desafio.	"Bota só o açúcar, não bota o sal não" 12:38 a 12:40; "Ainda não tá flutuando" 12:56; "Tá flutuando" 13:35 "tem que botar o açúcar todo, porque eu vi ele fazendo" (15:52 a 15:57).

Quadro 1: Exemplo de Mapa de episódio do 3º ano, da escola Particular, sobre a atividade de Flutuação do Ovo. Fonte de dados da pesquisa.

Na descrição da aula, destacamos os aspectos gerais, em ordem cronológica, sobre os encaminhamentos. Explicitamos o envolvimento da professora regente e as etapas da atividade realizadas pelos estudantes. Na coluna referente ao conteúdo geral, explicitamos elementos que tenham relação com o conteúdo estudado (Flutuação). Com isso, conseguimos identificar as diferenças existentes entre os grupos da mesma série.

5.4 Cronograma de Pesquisa

Apresentamos a seguir uma linha do tempo para expor o cronograma de ações da pesquisa (ver **Figura 6**). Nele, estão presentes as informações sobre o processo de coleta e análise dos dados, desde o estudo piloto aos dados amostrais da pesquisa.

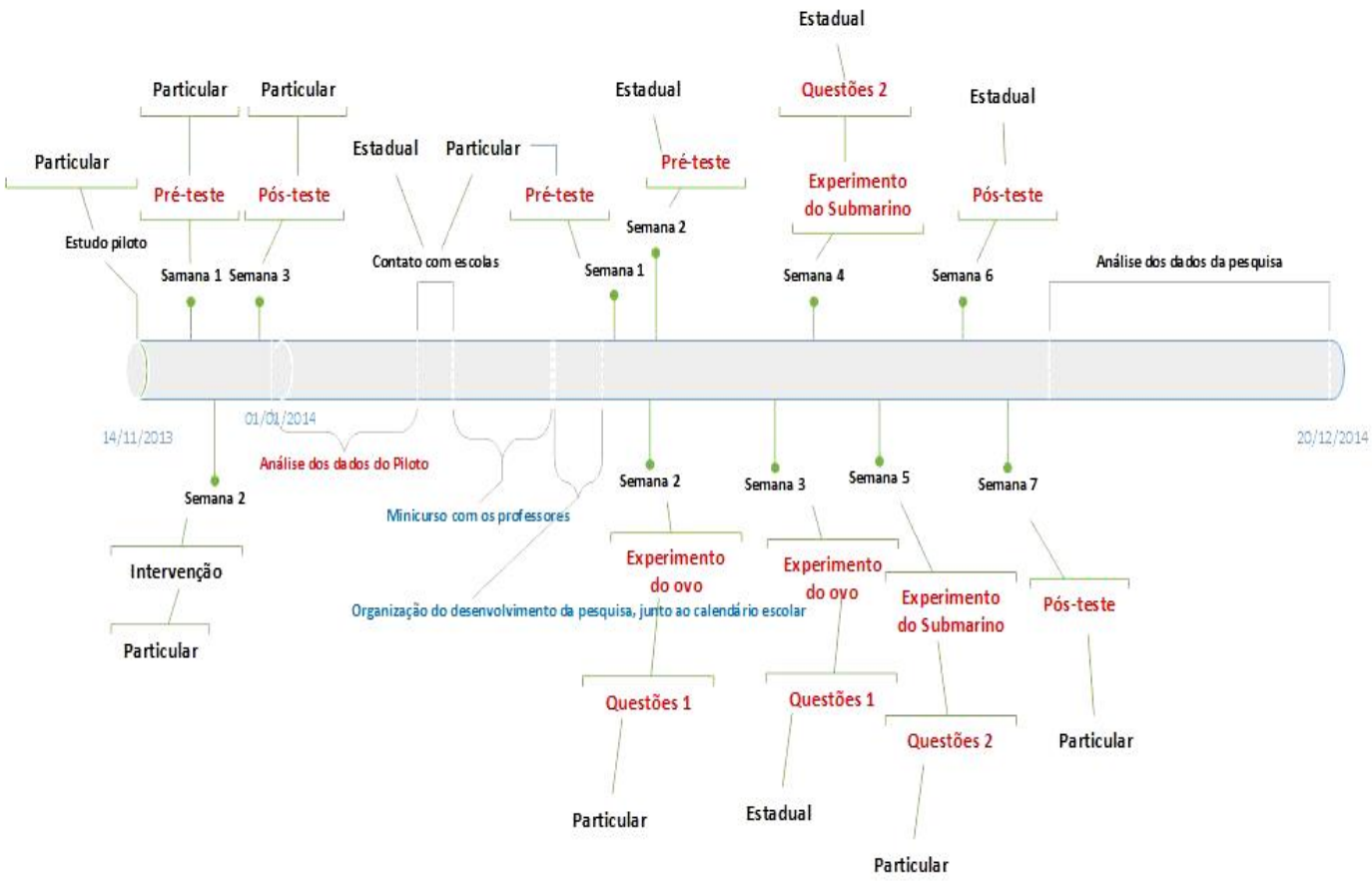


Figura 6: Cronograma de ações da pesquisa. Fonte de dados da pesquisa.

CAPÍTULO VI

ESTUDO PILOTO

Neste capítulo expomos como realizamos o estudo piloto. Discutiremos sobre os dados, apresentando a análise e os resultados referentes à amostra de **14 estudantes**. Este estudo foi realizado com o objetivo de validar os instrumentos de coleta de dados e a atividade investigativa. Trabalhamos apenas com os dados de escores e não aplicamos a modelagem Rasch, porque o número de sujeitos era muito pequeno.

Diante disso, não foi possível estimar os dados de proficiência através do modelo Rasch e optamos por uma análise exploratória realizada através de dados de escores. Esta análise nos forneceu os parâmetros para que pudéssemos reestruturar os instrumentos de coleta e modificar a intervenção.

6.1 Aplicação

O estudo piloto foi aplicado em uma escola da rede Particular, do município de Feira de Santana - Ba. Investigamos o entendimento dos estudantes do 4º e 5º ano do Ensino Fundamental sobre o conteúdo de flutuação. Os estudantes do 3º ano não participaram do estudo por exigência da escola, por causa do período letivo.

Aplicamos os instrumentos a 29 sujeitos. O objetivo foi verificar se os instrumentos de coleta se adequam ao tipo de intervenção e se obtemos algum indicativo de que esse tipo de atividade permite avaliar o entendimento dos estudantes. Além de validar os instrumentos de coleta, verificamos se a atividade promove mudanças no nível de entendimento dos sujeitos sobre os conceitos físicos estudados.

Os dados foram coletados em três momentos por dois testes de conhecimento intercalados por uma atividade investigativa que engloba um conjunto de questões aplicado ao longo da intervenção. Analisamos os dados qualitativamente utilizando a taxonomia SOLO (BIGGS & COLLIS, 1982), através da

qual estabelecemos as categorias de análise paras as questões abertas dos testes de conhecimento e das questões.

Como foi dito anteriormente, o estudo piloto não foi aplicado no horário normal das aulas da escola participante. Por conta disso, tivemos uma redução da amostra. No geral, tivemos a amostragem como reportada na **Figura 7**.

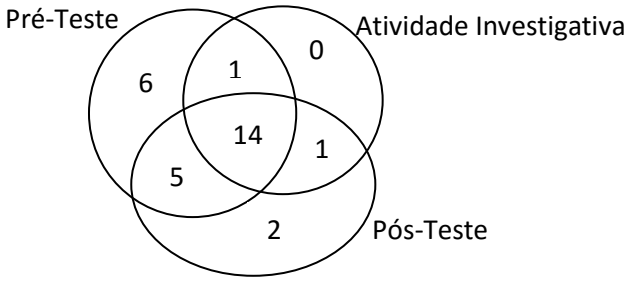


Figura 7: Sujeitos do estudo piloto. Fonte de dados da pesquisa.

Dos 29 estudantes, apenas 14 participaram das três etapas. Então optamos por realizar uma análise exploratória, utilizando uma estatística descritiva. Os dados coletados foram organizados numa tabela eletrônica, especificando cada aluno por um número, série, turma e gênero. Utilizamos o sistema categórico para analisar as respostas dos estudantes, classificando-os de acordo com os quatro níveis de complexidade estabelecidos na taxonomia.

6.2 Análise e Resultados

O **Quadro 2** é um exemplo das respostas dos estudantes à sexta questão do pré-teste. As respostas foram classificadas quanto ao nível de complexidade (pré-estrutural, uni-estrutural, multi-estrutural e relacional) e o mesmo foi feito para as respostas das outras questões dos testes de conhecimento e as questões que constituem a intervenção.

Respostas dos estudantes	Níveis
Os navios flutuam porque não tem buraco nele e os submarinos afundam porque tem buraco nele.	Pré-estrutural (PE)
Porque os submarinos são mais pesados do que os navios.	Uni-estrutural (UE)
Os navios flutuam porque eles têm uma camada leve e o submarino suga a água até ficar no peso certo.	Multi-estrutural (ME)
Os navios flutuam porque a água mantém ele flutuando e os submarinos afundam porque possuem água dentro	Relacional (R)

Quadro 2: Exemplo de respostas dos estudantes do 4º e 5º anos à pergunta: Por que os navios flutuam e os submarinos afundam? Fonte de dados da pesquisa.

As categorias foram transformadas em dados dicotômicos e analisadas, juntamente com as outras questões dicotômicas, em termos de escore bruto. Após a categorização, tabulamos os dados numa planilha do Excel, onde a escala Guttman[13] pode ser adequada à hierarquia dos níveis de complexidade. Por isso os dados foram formatados de maneira dicotômica e trabalhamos com os dados de escore sobre a amostra (**n = 14**) investigada. De posse dos dados de escore, verificamos o desempenho dos estudantes em cada teste de conhecimento e obtivemos o ganho alcançado por eles.

Para compararmos os resultados dos escores do pré-teste e do pós-teste, construímos os **Gráficos 1** e **2** para o 4º e 5º anos, respectivamente. No **Gráfico 1** verificamos que, para os estudantes do 4º ano, a intervenção parece não promover mudanças no entendimento dos sujeitos. Isso nos leva a crer que os estudantes podem não ter se envolvido apropriadamente na atividade e/ou não entenderam as questões que constituem os testes de conhecimento.

[13] É uma escala usada para transformar dados qualitativos em quantitativos. É acumulativa, cuja informação incorpora a ideia da informação anterior.

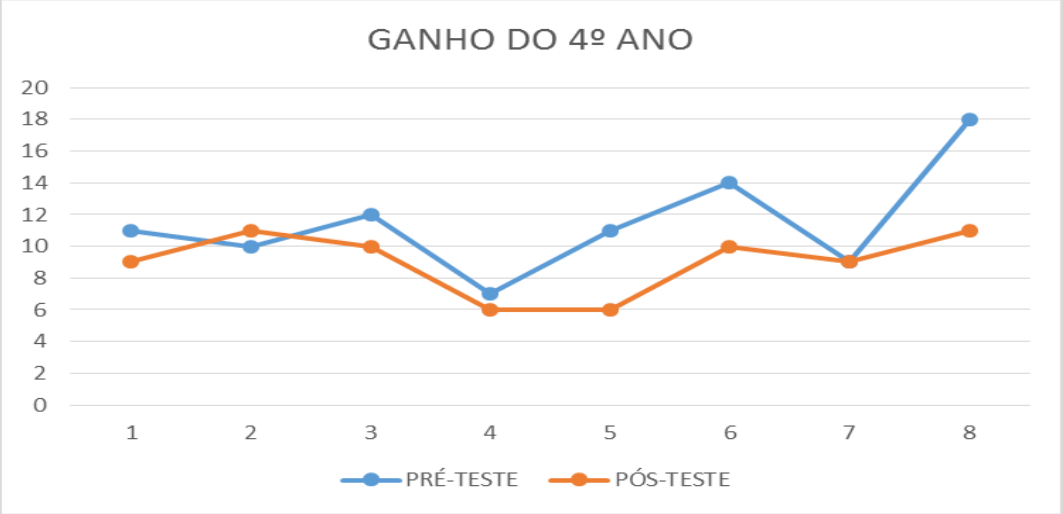


Gráfico 1: Ganho do entendimento dos estudantes do 4º ano. Estudo Piloto. Fonte de dados da pesquisa.

Examinamos que os estudantes do 5º ano apresentaram pequenas alterações do entendimento dos conceitos estudados, como reportado no **Gráfico 2**. Esse resultado pode ser associado ao maior envolvimento dos estudantes do 5º ano com as atividades ou maior entendimento das questões que compõem os testes de conhecimento.

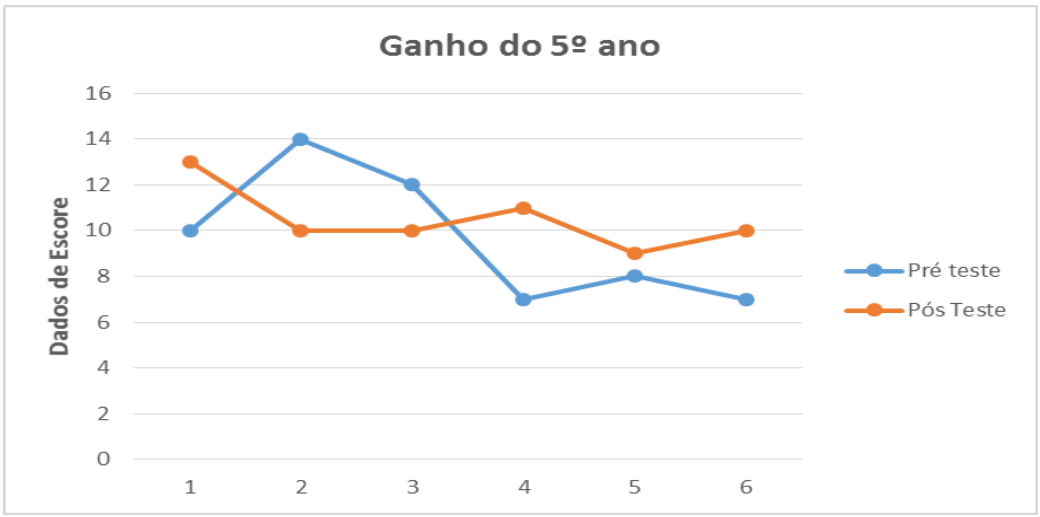
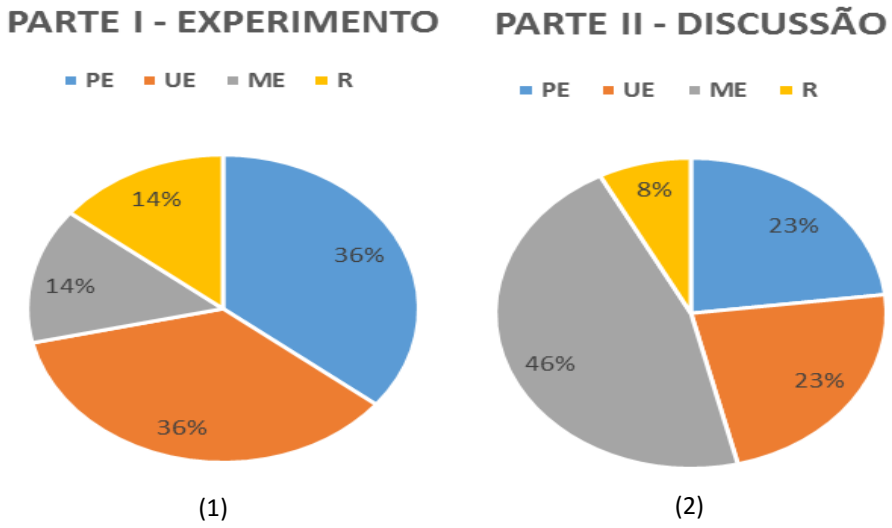


Gráfico 2: Ganho do entendimento dos estudantes do 5º ano. Estudo Piloto. Fonte de dados da pesquisa.

De posse dos dados de escore, fizemos uma análise exploratória utilizando uma estatística descritiva para avaliar os níveis de complexidade do entendimento

alcançados pelos estudantes em cada etapa: a etapa I corresponde ao experimento realizado na intervenção flutuação do ovo; a etapa II é referente a discussão em decorrência do referido experimento; a etapa III corresponde às respostas dos estudantes ao exercício após a discussão relativo ao mesmo experimento. Os **Gráfico 3** e **Gráfico 4** mostram os resultados dessa análise.



(1) (2)

Gráfico 3: (1) Resolvendo o desafio; (2) Narrativas dos estudantes. Estudo piloto. Fonte de dados da pesquisa.

Na **etapa I** (ver **Gráfico 3**), referente ao experimento, observamos que quando os estudantes resolvem o desafio conseguem atingem os níveis Pré-estrutural (PE), Uni-estrutural (UE), Multi-estrutural (ME) e Relacional (R). Este resultado, corrobora com os estudos que mostram que, nas turmas investigadas, os estudantes ainda estão numa fase em que os níveis de ação têm associações com elementos concretos, sem apresentar explicações causais aos fenômenos observados (INHELDER & PIAGET, 1976; KAMII e DEVRIES, 1986).

Na **etapa II** (ver **Gráfico 3**), no momento da discussão, os estudantes produzem suas narrativas. Verificamos que o fechamento da atividade favoreceu o entendimento do conceito de densidade. Isso acontece porque os estudantes apresentam novos elementos ao responderem o exercício, composto por três questões, após a atividade. Observamos que, quando eles discutem sobre o desafio **46%** dos estudantes conseguem atingir o nível multi-estrutural, apresentando múltiplos elementos para explicar a ação da água sobre o ovo, quando adicionam o sal à água. Além disso, **14% e 8%** dos estudantes atingem o nível relacional. Esses

resultados demonstram que a atividade investigativa é uma ferramenta de ensino que pode contribuir com o entendimento de conceitos, que exigem um alto nível de abstração.

Na **etapa III** (ver **Gráfico 4**), correspondente às questões do exercício, os dados mostram que para a questão 1, **36%** dos estudantes estabelecem relações causais e nas questões 2 e 3, **43%** e **57%** dos estudantes, respectivamente, ainda estão no nível **pré-estrutural**, onde o conteúdo das respostas está aquém do que foi solicitado na questão. Esse pode ser um indicativo de falta de entendimento das questões ou falta de entendimento do conteúdo. Não conseguimos verificar essas hipóteses com o tipo de dado obtido no estudo piloto.

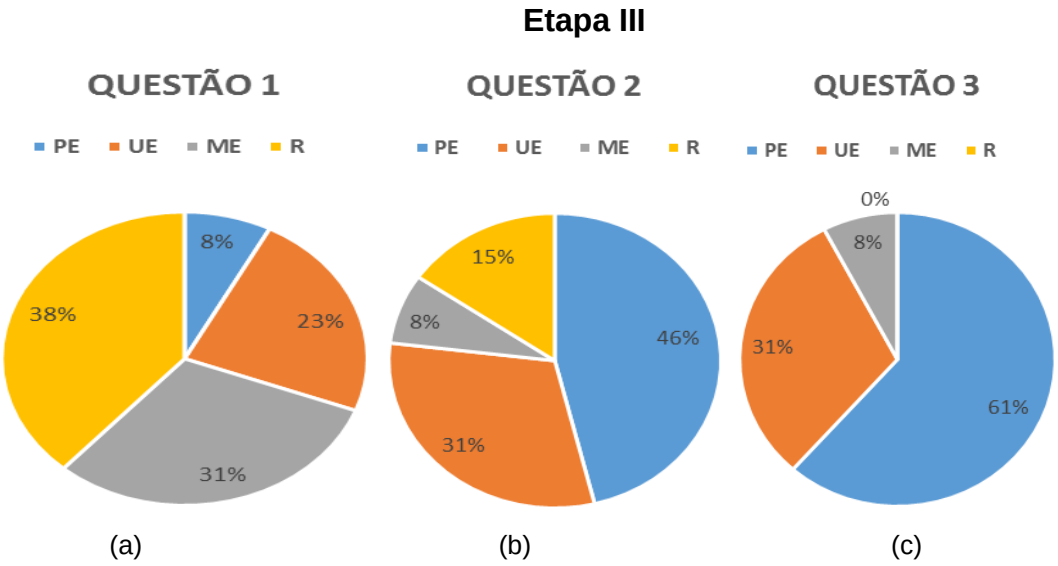


Gráfico 4: Dados descritivos das questões pós-atividade investigativa. (a) O ovo afunda ou flutua na água pura? Por quê? (b) Por que o ovo flutua de um jeito e afunda de outro? (c) Qual a diferença em colocar o ovo para flutuar na água com sal e na água com açúcar. Estudo piloto. Fonte de dados da pesquisa.

Comparando os resultados das três questões, observamos que poucos estudantes atingem os patamares mais elevados dos níveis de complexidade do entendimento sobre o conteúdo de flutuação. Além disso, verificamos que há um ganho maior durante a realização da atividade, evidenciado na etapa de discussão sobre o desafio. Isso significa que, apesar das limitações dos instrumentos de coleta, a atividade investigativa parece ser uma ferramenta viável para promover

discussões e mudanças no entendimento dos estudantes sobre os aspectos fenomenológicos da atividade.

6.3 Mudanças na Intervenção

A elaboração e aplicação do estudo piloto nos permitiu fazer reformulações importantes nos instrumentos de coleta e na intervenção. Após uma análise exploratória, verificamos que os estudantes não estavam entendendo as questões dos testes de conhecimento e atividade aplicada ao longo da intervenção. Retiramos uma questão do pré-teste e do pós-teste e substituímos uma questão da atividade (pós-intervenção) por outra, solicitando um relato de experiência dos estudantes. Percebemos que os estudantes não se sentiam mais engajados em realizar outra tarefa escrita, daí a necessidade de ter uma questão sobre o relato de experiência.

Sobre a realização da intervenção, não foi necessário fazer nada para motivar os estudantes a cumprir com a atividade experimental. Embora esta não seja uma prática das professoras regentes, os estudantes se engajaram na atividade. Eles apresentaram dificuldades em produzir os relatos de experiência, demonstrados muitas vezes em forma de desenhos.

Sobre a atuação do professor, realizamos um minicurso após a apresentação da proposta. O objetivo foi de aproximar o docente das atividades da pesquisa para que se sentissem à vontade em realizá-las com os estudantes. A intervenção foi aplicada aos professores da mesma maneira que foi feito com os estudantes, na tentativa de fazer com que eles se familiarizassem com o tipo de atividade e se sentissem engajados a aceitarem o trabalho colaborativo.

Entretanto, não houve aceitação dos mesmos em relação à participação ativa como professores durante a intervenção, embora tenham cedido suas aulas à aplicação e desenvolvimento da pesquisa. Sentimos a necessidade de o professor regente ter realizado essa etapa da investigação, uma vez que acreditamos no trabalho colaborativo e também na perspectiva de que o envolvimento dos estudantes seja mais acentuado com os seus professores atuando.

Com os resultados desse estudo piloto, realizamos algumas mudanças na intervenção: retirada do material de apoio ao professor, por não haver mais o

trabalho colaborativo; reformulação das questões, modificação do jeito de perguntar e do conteúdo, deixando-as mais claras ao entendimento dos estudantes.

CAPÍTULO VII
ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

Neste capítulo apresentaremos a análise dos dados e os resultados referente à amostra de 95 estudantes do 3º ao 5º ano do Ensino Fundamental. Exibiremos as análises dos resultados em duas perspectivas. Analisamos o ganho no entendimento dos estudantes, em termos do desempenho nas tarefas. Entende-se por tarefas o pré-teste, os exercícios 1 e 2 (que compõem as duas intervenções) e o pós-teste. Verificamos o ganho em termos do nível de complexidade das respostas dos estudantes, identificando os perfis de entendimento dos sujeitos investigados.

Além disso, avaliamos o contexto de pesquisa para subsidiar e corroborar com os resultados da análise do desempenho e dos perfis de entendimento. Os dados foram analisados qualitativa e quantitativamente, para que possamos responder as questões de pesquisa mencionadas anteriormente.

7.1 Descrição do contexto

Nosso estudo foi conduzido em duas instituições de ensino, uma escola da rede pública (de Ensino Fundamental e Médio) e outra da rede particular (de ensino Fundamental). Ambas as escolas oferecem apenas o currículo regular de ensino. Investigamos apenas os estudantes do 3º ao 5º ano do Ensino Fundamental de ambas as escolas. Contamos com a participação de nove turmas, sendo três turmas (uma de cada série) da escola particular e seis turmas (duas de cada série) da escola pública, totalizando noventa e cinco participantes.

Para analisar os mapas de episódios, construídos com base nos registros do diário de bordo e as gravações em áudio dos grupos, nos preocupamos em identificar o que aconteceu em cada aula, destacando o foco do conteúdo geral, o tema de discussão dos estudantes e demarcações que exemplificam o engajamento dos estudantes em cada intervenção: experimento de flutuação do ovo e do

submarino. Os **Quadro 3** e **Quadro** 4 são exemplos de mapas de episódio, construídos um para cada aula em que ocorreu a intervenção. A partir da análise dos mapas, identificamos quais foram os temas emergentes e desenvolvidos pelos sujeitos em interação.

Em função dessa perspectiva, e visando evidenciar a emergência e evolução dos temas discutidos, realizamos análise temática, tomando como base as descrições gerais e individuais de cada turma para cada aula de atividade investigativa. Na seção **7.1.1** descrevemos os dados e resultados referentes ao experimento de flutuação do ovo e do submarino e na seção e **7.1.2** relatamos a análise temática.

Descrição da aula e Foco do Conteúdo Geral	Descrição das ações dos Grupos		Tema de discussão		Engajamento	
Descrição A atividade iniciou no quarto horário de aula. A professora auxilia na divisão dos grupos e organiza a sala, distribuindo os estudantes em quatro grupos. Há um breve tumulto. A pesquisadora explica sobre o experimento de Flutuação do ovo, sem instruções em termos de conteúdo. No geral, não há atenção a explicação da pesquisadora. A atividade é composta por quatro etapas: resolver o desafio, discussão; responder questões em forma de exercício e produção de relato de experiência. Ao entregar os materiais a pesquisadora solicita que os estudantes discutam entre eles, em cada grupo, sobre a melhor forma de fazer o ovo flutuar. Os estudantes iniciam a atividade. **Foco** No experimento de flutuação do ovo os estudantes têm que resolver um desafio: fazer o ovo flutuar na água. O objetivo é que os estudantes entendam que a mudança das características físicas da água tem influência na flutuação dos corpos.	**Descrição**	**Exemplo**	**Descrição**	**Exemplo**	**Descrição**	**Exemplo**
	Grupo 1: Os estudantes realizam diferentes testes para resolver o desafio. Não há concordância entre eles sobre as ações realizadas. Quando outro grupo resolve o desafio, ocorre uma repetição de ações.	"Eu não disse que afunda, eu falei que ele afunda" (1:00 a 1:25). "Já sei o que tem que fazer. Coloca sal e açúcar" (2:00 a 2:20). "A gente bota sal e açúcar nesse copo e aí a gente bota o ovo e afunda" (2:20 a 2:32). "É açúcar com sal, açúcar com sal" (5:50 a 5:57);	**Grupo 1:** O foco da discussão não estava associado às explicações causais, mas giravam em torno das quantidades de sal e açúcar colocadas na água na tentativa de resolver o desafio.	"Pega um pouquinho de nada de sal" (2:34 a 2:36). "Agora coloca o ovo", "coloca o açúcar". "O ovo tá flutuando, bota mais açúcar" (4:44 a 4:50). "Tem que botar mais sal" (4:51 a 4:53). "Bota mais", "tem que colocar muito sal" (6:00 a 6:05); "sabe porque tá flutuando, porque a quantidade de sal na água salgada ele flutua e na água açucarada ele desce" (8:00 a 8:06); "Aí, mais sal, ele sobe mais" (8:20 a 8:29).	**Grupo 1:** Os estudantes brigam pela posse dos materiais. O grupo vibra com suas conquistas, embora não tenham sido alcançadas por estratégias próprias, propondo realizar novamente.	"Flutuou, flutuou...êêê" (6:29). "Nós vamos fazer de novo essa experiência, como o copo menos cheio agora" (9:25 a 9:29).
	Grupo 2: Os estudantes têm ações deliberadas sem nenhum tipo de reflexão ou discussão. Separam os três recipientes de água e determinam que vão fazer quatro testes: água pura, água com sal e açúcar e água com sal.	"Coloca o ovo na água. Ele afunda" (1:15 a 1:22); "O ovo tem que misturar com sal e açúcar" (4:40);	**Grupo 2:** O foco da discussão foi explicar a causalidade de cada ação realizada.	"Flutuou, porque tem sal. O sal deixa o ovo mais leve. A água fica mais pesada e o ovo fica mais leve. Se colocar açúcar ele afunda" (5:20 a 5:55); "O açúcar deixa ele mais pesado" (6:00 a 6:23).	**Grupo 2:** O grupo inicia a atividade com brincadeiras. O grupo age como se estivesse numa competição. Aos 7 minutos de atividade o grupo vibra ao resolver o desafio.	"Oh véi, se botar o bagulho dentro da água ele afunda" (2:00 a 2:02).
	Grupo 3: Os estudantes apresentam suas primeiras hipóteses sobre o "ovo", quando colocado na água. As ações são realizadas sem discussões prévias.	"Eu acho que ele afunda na água" (2:00 a 2:10).	**Grupo 3:** O foco da discussão está associado sobre qual substância e quantidade (sal ou açúcar) usar para resolver o desafio. As características físicas da água também são consideradas.	"Bota um pouquinho de açúcar", "bota o sal. Deixa eu botar o sal" (2:10 a 3:15); "Coloca mais um pouquinho de açúcar" (4:00 a 4:29); "A água tem que ficar amarela com o açúcar" (4:30 a 5:00); "tem que botar bastante açúcar" (5:45 a 6:15).	**Grupo 3:** O grupo inicia a atividade com ânimo. Enquanto um componente está tentando entender a lógica do problema os outros integrantes querem manipular logo os materiais.	"êêê...nós conseguimos" (7:00).
	Grupo 4: Os estudantes apresentam sua primeira hipótese sobre o desafio. As ações ocorrem em processo de observação, colocando a substância (sal ou açúcar) e testando o ovo para ver se flutua.	"É o açúcar e o sal e resolve. (3:00 a 3:02); "Botar pouco, depois eu boto mais. Coloca o ovo. Afundou" (3:10 a 2:20); "Bota açúcar com sal" (3:33).	**Grupo 4:** O foco da discussão está associado ao peso do ovo, na quantidade de sal ou açúcar que deve ser usado. Não há explicações causais para o fenômeno observado.	"O ovo é pesado por dentro. Então, se a agente colocar ele dentro d'água ele afunda. Eu acho que se colocar o sal ele flutua" (00:45 a 1:30); "Tá começando a ir mais pra cima, então precisa de mais açúcar" (3:50 a 3:58); "Coloca sal e açúcar. Flutuou pouco demais". "Tem que botar mais sal" (5:00 a 5:40).	**Grupo 4:** Os estudantes ficam atentos a explicação da pesquisadora, demonstram organização ao separar as ações de cada integrante do grupo. Há uma concordância. O grupo vibra com a conquista.	"Para gente, a gente tá tentando fazer o negócio. Não quer ser um grande cientista?" (4:50 a 5:00); "Flutuou, flutuou" (6:00);

Quadro 3: Exemplo de mapa de episódio (experimento de flutuação do ovo) da turma do 4º ano da escola particular. Fonte de dados da pesquisa.

Descrição da aula e Foco do Conteúdo Geral	Descrição das ações dos Grupos		Tema de discussão		Engajamento
Descrição A atividade é realizada no segundo horário. A professora regente explica aos estudantes sobre o que irão fazer, que era algo parecido com a atividade do ovo. Novamente, não houve explicação do conteúdo. A professora organiza os estudantes em grupos e permanece na sala. A pesquisadora explica qual o desafio a ser resolvido e entrega os materiais a cada grupo, solicitando que eles discutam no grupo, sobre a melhor forma de fazer o submarino ficar no meio da água. A atividade possui quatro etapas: resolver o desafio, discutir sobre a atividade realizada, responder questões em forma de exercício e produzir um relato de experiência. Questionamos os estudantes se "o submarino de verdade flutua ou afunda? ", dando início à atividade. Os estudantes demonstram estar mais engajados na resolução desse desafio. A nossa hipótese é que a própria estrutura da atividade facilitou o manuseio dos materiais, contribuindo com o maior engajamento dos estudantes. Não há um espírito competitivo entre os grupos. **Foco** Nesta atividade os estudantes têm que resolver um desafio: como fazer o submarino ficar no meio do líquido? Ao realizarem a atividade, os estudantes devem entender como um submarino (de verdade) funciona. Para resolver o desafio o estudante deve entender, que é preciso encher o submarino de água para que ele afunde e depois retirar a água aos poucos, equilibrando-o para que fique no meio do líquido ou flutue totalmente.	**Descrição**	**Exemplo**	**Descrição**	**Exemplo**	**Descrição**
	Grupo 1: Os estudantes têm suas primeiras ações sobre o experimento, tentando fazer o submarino afundar mais rapidamente.	"Quando colocamos o submarino na água ele afunda" (2:25 a 2:38); "A gente tem que tampar o fundo dele pra não deixar a água entrar" (3:40 a 3:46); "Se a gente soprar ele sobe, porque o ar é leve" (4:40 a 4:60).	**Grupo 1:** O foco da discussão foi em explicar as causas do fenômeno observado e os efeitos das suas ações sobre o "submarino".	"Afunda, porque ele é muito pesado" (00:50 a 00:52); "afunda, porque o peso dele faz ele descer"; "afunda, por causa da água" (00:55 a 1:05); "A gente tem que tirar a metade do peso para que ele possa flutuar" (3:23 a 3:27); "Tem que deixar ele cheio de ar pra ele subir. Porque o ar é leve" (4:00 a 4:17).	**Grupo 1:** Os estudantes estão um pouco dispersos, no entanto, demonstram interesse.
	Grupo 2: Os estudantes manipulam os materiais para descobrir o que acontece com o submarino, quando é colocado na água.	"Ele afunda na água" (00:20 a 00:30); "Puxar um pouco. Soprando" (1:10 a 1:13); "eu soprei a mangueira e o submarino flutuou e depois afundou" (2:20 a 2:25); "Quando a gente sopra sai bolhas, depois ele afunda" (2:25 a 2:30).	**Grupo 2:** O tema de discussão foi apresentar explicações causais, fazendo comparações e estabelecendo relações entre os elementos da ação.	"Afunda, porque ele é mais pesado com a gude" (00:30 a 00:35); "A água também deixa o submarino pesado" (00:40 a 00:47); "O submarino é mais pesado do que a água e por isso ele afunda" (00:60 a 1:10); "O submarino flutua, porque ele fica mais leve do que a água" (00:15 a 00:29);	**Grupo 2:** Os estudantes demonstram estar mais engajados em realizar a atividade.
	Grupo 3: As primeiras ações dos estudantes têm relação com: descobrir a utilidade da mangueira. Manipulam os materiais em busca de solucionar o desafio.	"Tem que soprar um pouquinho" (4:00 a 4:10); "O ar da boca da gente vai ajudando ele a subir" (4:20 a 4:25); "Se sugar a água ele desce" (7:48).	**Grupo 3:** O tema de discussão foi descrever a causa para que o submarino afunde, sem explicações do fenômeno observado na atividade.	"O submarino afunda, porque é pesado" (2:20 a 2:23); "A água que tá dentro do tubo que deixa ele pesado" (2:25 a 2:30); "Precisa ter ar e água dentro do tubo pra ele ficar no meio" (5:00 a 5:30); "Ele sobe, porque colocou ar e o ar deixa ele mais leve" (6:00 a 6:35).	**Grupo 3:** Os estudantes brigam entre si pela posse dos materiais. Há uma dispersão do grupo devido a conquista de outro grupo. Retomam a atividade e vibram ao descobrir a lógica do desafio.
	Grupo 4: As primeiras hipóteses giram em torno de uma pergunta: O que acontece com o submarino quando colocamos ele na água?	"Sugar. Tirar a água do tubo" (2:25 a 2:28); "Tem que soprar pouco". "Tem que soprar devagar" (3:00 a 3:20)	**Grupo 4:** O foco da discussão é descrever o que faz o submarino flutuar ou afundar, apresentando suas causas e efeitos.	"Eu acho que ele afunda porque tem peso" (6:00); "Tem mais água do que ar, porque a água é mais pesada do que o ar. O ar é leve e a água é pesada". "Quanto mais água mais afunda" (8:21 a 9:15)	**Grupo 4:** Os estudantes realizam a atividade com tranquilidade. Vibram com suas conquistas

Quadro 4: Exemplo de mapa de episódio (experimento de flutuação do submarino) da turma do 4º ano da escola particular. Fonte de dados da pesquisa

7.1.1 Análise dos Mapas de Episódios das Intervenções

O experimento de flutuação do ovo foi resolvido na segunda aula e o experimento de flutuação do submarino na terceira aula. Ambas as atividades foram aplicadas nas nove turmas investigadas, sendo três turmas da rede particular e seis turmas (três turmas identificadas como A e três identificadas como B) por serem duas turmas de cada ano da rede pública. A partir dos dados, construímos e analisamos os dezoito mapas de episódios, sendo dois mapas por turma investigada. Em cada série, avaliamos os elementos expostos nos mapas de episódios, como representados pelos exemplos dos **Quadro 3** e **Quadro 4**

Através da análise dos mapas de episódios, que são dados de segunda ordem, buscamos descrever o contexto de ensino em que as intervenções foram realizadas, apresentando elementos que indicassem o foco do conteúdo geral, a descrição das ações dos grupos, o tema de discussão dos sujeitos em interação (separados por grupos) e o engajamento.

Avaliando as descrições das aulas e os focos do conteúdo geral de cada turma, para ambas as intervenções, pudemos descrever o contexto em que cada atividade aconteceu, quais os desafios que foram resolvidos pelos estudantes e avaliar, em termos mais gerais, as características que nos forneceram indícios de engajamento.

Pelas descrições das “ações dos grupos”, verificamos os temas desenvolvidos pelos estudantes durante as interações entre aluno-aluno e aluno-atividade. Ao descrever “os focos de discussão”, verificamos qual o foco de atenção dos sujeitos em interação em relação ao tipo de abordagem estudada (experimento de flutuação do ovo e do submarino).

As demarcações que demonstram o “engajamento” dos estudantes nos forneceram indícios de como os sujeitos se comportaram frente às atividades investigativas. A análise dos mapas de episódios de ambas as atividades investigativas para as três turmas do quinto ano (1 da rede particular e 2 da rede pública) demonstrou que houve uma redução no engajamento dos estudantes do quinto ano, da escola pública, no momento em que resolviam o desafio. Entretanto,

quando ocorreu a discussão no fechamento da atividade, houve uma participação menos efetiva dos estudantes das turmas da rede pública.

A partir da análise dos mapas de episódios do experimento do ovo (realizado em cada escola), constatamos que os estudantes da escola particular interagem mais facilmente com a atividade do que os estudantes da rede pública. Estes, por sua vez, não demonstram muito interesse na produção de um relato da experiência sobre a atividade realizada. No experimento do submarino, por outro lado, a motivação e o engajamento dos estudantes de ambas as escolas foram semelhantes.

As interações dos estudantes, bem como suas ações, nos fornecem informações sobre o tema de discussão dos grupos formados em ambas as atividades. Constatamos que os estudantes do 3º ao 5º ano da rede particular conseguem explicar as causas do fenômeno observado, bem como os efeitos de suas ações sobre os materiais. Enquanto que da escola pública, apenas os estudantes do 4º e 5º ano conseguem explicar o fenômeno observado em cada experimento.

Em relação ao interesse pelo material estudado, verificamos que os estudantes do 3º e 4º ano, de ambas as escolas, deram maior importância às atividades realizadas. Isso pode ser constatado em afirmações como: *"Eu amo ciência. A pró poderia continuar dando aula pra gente."* ou *"Vocês não prestam atenção. É assim que vocês querem ser um grande cientista"*. Essas declarações dos estudantes, registradas ao longo de cada atividade, indicam que os estudantes do 3º e 4º ano possuem maior interesse por atividades relacionadas à Ciência, quando realizadas de forma mais prática ou mesmo lúdica.

De modo geral o interesse é mais intenso a depender do tipo de abordagem. Constatamos que o interesse dos estudantes do 3º e 4º ano não diminuiu no decorrer da pesquisa, embora tenham considerado uma atividade mais difícil (submarino) do que a outra (ovo). A dificuldade em realizar a atividade do ovo foi constatada na maioria dos grupos das turmas tipo A (3º e 4º ano) e tipo B (4º e 5º ano) da escola pública e nas turmas do 3º e 4º ano na escola particular.

A dificuldade dos estudantes está, sobretudo, no processo de discussão prévia para estabelecer estratégias sobre como resolver os desafios, na sistematização do conhecimento para responder as perguntas que constituem os

exercícios pós-atividade investigativa ou mesmo em relação às perguntas que não tinham relação direta com a atividade realizada por eles, mas que exigiam interpretação.

Os estudantes do 5º ano de ambas as escolas demonstraram certo conforto ao realizarem a atividade do submarino. Para esses estudantes, o objetivo era tentar entender como o submarino funciona e o que eles poderiam fazer para resolver o desafio: fazer o submarino ficar no meio do líquido. Não havia discussões prévias e suas ações eram executadas por tentativa e erro.

De modo geral, as turmas investigadas possuem características distintas, em termos de ações e comportamentos, ao realizarem cada atividade. As particularidades de cada turma influenciaram na condução da atividade e no tema de discussão entre os grupos. Verificamos que a maturidade não é um fator de influência sobre o entendimento dos estudantes acerca de conceitos físicos estudados em cada atividade. Entretanto, o contexto de ensino sofre alterações devido à forma com os estudantes interagem com os materiais de cada atividade.

A seguir, discutiremos sobre os aspectos dos temas que surgem ao longo das atividades investigativas. Para cada atividade (experimento de flutuação do ovo e do submarino), destacamos os aspectos gerais e os temas que surgem entre os sujeitos em interação.

7.1.2 Análise das Temáticas

Ao analisar os mapas de episódios, conseguimos descrever o contexto de ensino e diferenciamos as características entre os grupos ao descrever as ações dos sujeitos em interação. Conseguimos identificar padrões entre os mapas de episódios de cada atividade investigativa, com aspectos gerais e individuais de cada turma investigada. Através desses padrões identificamos as temáticas, analisando-as com base nesses aspectos.

Neste sentido, fizemos um tratamento das informações contidas nos mapas de episódios. Através da análise temática, que é um tipo de análise de conteúdo[14],

[14] "Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter (por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens), indicadores quantitativos ou não, que permitam a

avaliamos os significados das temáticas identificadas. BARDIN (1977) sugere que este tipo de análise poderia ser usado para avaliar os aspectos linguísticos de produções sistemáticas, como cartas, diários, relatórios oficiais e artigos científicos. Nesse tipo de produção, é possível fazer dois tipos de análise: uma qualitativa, verificando a presença ou a ausência de uma ou mais características do conteúdo; e outra quantitativa, examinando os dados usando uma estatística descritiva para avaliar a frequência em que estas características do conteúdo surgem ao longo do estudo (BARDIN, 1977).

Neste trabalho, porém, analisamos apenas os aspectos qualitativos, de forma limitada pelos padrões gerais. Para isso, identificamos os temas emergentes e os desenvolvidos pelos estudantes, identificados através de suas ações e, em caráter mais geral, destacamos os temas que suscitam as discussões dos estudantes. Após uma análise exploratória dos mapas de episódios, de ambas as atividades investigativas, identificamos as temáticas.

Classificamos as temáticas quanto às suas características gerais e individuais, resultantes das interações dos estudantes (em grupo) em cada turma e do tema de discussão. A seguir, apresentamos os aspectos de análise resultantes dos mapas de episódios das intervenções 1 e 2. Os dados são provenientes dos padrões encontrados em cada um dos mapas de episódios.

No **Quadro 5** temos o resultado da análise dos nove mapas de episódios, relativos à intervenção 1 (experimento de flutuação do ovo) e no **Quadro 6** é relativo aos nove mapas de episódios referentes à intervenção 2 (experimento de flutuação do submarino). Em cada análise, destacamos os aspectos gerais, individuais entre os grupos e o tema de discussão da atividade investigativa realizada em cada turma.

Analisando os aspectos gerais do **Quadro 5**, observamos que a atenção dos estudantes é voltada para a atividade que irão realizar. Isso fica expresso quando ressaltamos que *"não há atenção dos estudantes à explicação da pesquisadora sobre o desafio"*. Este tipo de comportamento não era esperado, considerando que não houve instrução em termos de conteúdo. As professoras regentes permaneceram na sala realizando suas atividades pedagógicas, sem nenhuma

---

inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens" (BARDIN, 1977, p. 42).

intervenção durante a atividade. Outro tema de destaque é que os estudantes, ao iniciarem a atividade, partiam de uma pergunta: *o ovo flutua ou afunda na água?* Nossa hipótese é de que este questionamento gerou um conflito cognitivo para os estudantes.

Aspectos de análise	
Intervenção 1*	
Aspectos Gerais	Não há instrução em termos de conteúdo; Não há atenção à explicação da pesquisadora sobre o desafio; Os grupos iniciam a atividade sem discussões prévias; A professora regente permanece na sala realizando suas atividades pedagógicas; Há um espírito competitivo entre os grupos; O ovo flutua ou afunda na água?
Temas Individuais entre os grupos	O ovo flutua na água?; O ovo afunda na água?; Não há uma discussão prévia sobre o desafio e estratégias usadas; Os estudantes realizam diferentes testes para resolver o desafio; Os estudantes discutem sobre cada ação realizada.
Tema de discussão	Explicar as causas e os efeitos de cada ação realizada; Descrever as ações e estratégias usadas para resolver o desafio; Explicar a ação do "*peso*" para que a flutuação ocorra; Relacionar a ação do "*peso do ovo*" com o fenômeno observado; Não há discussões sobre as causas e efeitos; Descrever o que ocorre em cada ação testada.

*Experimento de flutuação do ovo.

Quadro 5: Análise temática dos mapas de episódio da intervenção 1. Fonte de dados da pesquisa.

Dentre os aspectos individuais, ressaltamos que duas perguntas norteiam a discussão que ocorre entre os sujeitos em interação: *o ovo flutua na água?; o ovo afunda na água?* Os estudantes utilizam diferentes estratégias na tentativa de responder as duas perguntas. O foco está em "explicar as causas e os efeitos de cada ação realizada" e "descrever suas ações e estratégias", porém não há discussão sobre esses aspectos. Nossa hipótese é que alguns fatores contribuíram para que não houvesse discussão entre os sujeitos em interação: a competitividade entre os grupos; a falta de instrução do conteúdo; a interação aluno-objeto.

Entretanto, dois temas chamam atenção: *"explicar a ação o peso para que a flutuação ocorra"* e *"relacionar o peso do ovo com o fenômeno observado"*. Para os estudantes dos anos iniciais, o conceito de "*peso*" ainda não é entendido como um conceito científico. O que existe é uma noção intuitiva sobre o conceito que na visão dos estudantes pode estar relacionado à "*massa*" do objeto. Esta relação fica clara

quando eles dizem *"o ovo afunda, porque é pesado", "o ovo flutua porque a água fica mais pesada do que o ovo"* ou *"o ovo flutua na água com sal, porque ele fica mais leve do que a água"*.

Ao analisar os mapas de episódios da intervenção 2, verificamos a partir do **Quadro 6** que, diferente da primeira intervenção, não há um espírito competitivo entre os grupos e a pergunta geradora é *"como fazer o submarino ficar no meio do líquido?*". Embora não haja discussões prévias sobre as estratégias usadas para resolver o desafio os estudantes apresentam explicações causais sobre a flutuação do submarino *"o submarino real afunda, porque é de metal"*. Essa explicação sugere, novamente, a relação com o "*peso*" do corpo.

Duas perguntas direcionam as ações dos sujeitos em interação: *"o que acontece com o submarino quando o colocamos na água?"* e *"O submarino flutua ou afunda na água?"*. A nossa hipótese é que a própria estrutura da atividade facilitou o manuseio dos materiais e pôr em prática as estratégias para resolver o desafio. O motivo da atividade contribuiu com um maior engajamento dos estudantes.

Aspectos de análise	
Intervenção 2*	
Aspectos Gerais	Não há instrução em termos de conteúdo; O submarino de verdade flutua ou afunda?; Os estudantes estão mais engajados em resolver o desafio; Não há um espírito competitivo entre os grupos; Como fazer o submarino ficar no meio do líquido?
Aspectos Individuais em grupos	O submarino real afunda, porque é de metal; Não há uma discussão prévia sobre o desafio e estratégias usadas; As ações dos estudantes partem de estratégias de tentativa e erro para entender a lógica do problema; O que acontece com o submarino quando o colocamos na água?; O submarino flutua ou afunda na água?
Tema de discussão	Explicar as causas do fenômeno observado; Descrever e explicar as causas e os efeitos da flutuação; Explicar os efeitos das suas ações sobre o submarino; Descrever as ações sobre os materiais; Fazer comparações e estabelecer relações entre os elementos da ação; Explicar e descrever o que faz o submarino flutuar ou afundar ou ficar em equilíbrio; Explicar como o submarino funciona, relacionando com o submarino real.

*Experimento de flutuação do submarino.

Quadro 6: Análise temática dos mapas de episódio da intervenção 2. Fonte de dados da pesquisa.

Analisando o tema de discussão, constatamos que os estudantes das diferentes séries direcionam suas ações na tentativa de explicar o que faz o

submarino flutuar, afundar ou ficar no meio do líquido. Ao descrever suas ações sob os materiais os estudantes conseguem fazer comparações entre o objeto real (submarino) e a atividade que estão realizando.

7.1.3 Síntese dos Resultados

A partir da análise dos mapas de episódios, constatamos que o contexto de ensino pode ser um fator de influência às interações e discussões entre os grupos, bem como no desenvolvimento das atividades investigativas. Entendemos que o professor, ao se afastar do processo de condução das atividades, também pode ter contribuído nesses aspectos.

Neste sentido, nada garante que a regência do professor, enquanto mediador do processo de construção do conhecimento, possa ter influenciado o entendimento dos estudantes acerca dos conceitos estudados em cada atividade investigativa. Entretanto, a atuação do professor de forma mais participativa, poderia contribuir no desenvolvimento de outras interações.

7.2 Ganho do Entendimento

O ganho do entendimento é representado pela diferença entre as médias dos dados de desempenho dos estudantes no pré-teste, atividades intermediárias e pós-teste. Aplicamos métodos qualitativos e quantitativos para obter as médias em cada onda. Trabalhamos com uma matriz de dados dicotômicos, obtida após a categorização dos dados. Aplicamos métodos quantitativos (modelo Rasch) para analisar essa matriz, no intuito de avaliar o ganho no entendimento dos estudantes sobre duas perspectivas: análise do desempenho, usando os dados de proficiência; e dos perfis de entendimento, através dos níveis de complexidade obtidos pela taxonomia SOLO.

Para investigar o ganho do entendimento na perspectiva de aprendizagem utilizada avaliamos o desempenho dos estudantes em cada uma das tarefas

realizadas por eles. Seguimos descrevendo como os dados coletados, para a amostra de 95 estudantes e sua preparação para análise.

7.2.1 Preparação dos Dados e Cálculo do Ganho

Os dados foram coletados por diferentes instrumentos, como mencionado anteriormente. Os testes de conhecimento possuem questões discursivas e dicotômicas (de verdadeiro ou falso), enquanto que as questões das atividades investigativas são do tipo discursivas (ver APÊNDICES 4 e 5). Para avaliar as respostas dos estudantes, obtidas a partir desses instrumentos, fizemos uma análise categórica dos dados, através de um sistema de categorias que construímos a partir da estrutura da taxonomia SOLO (BIGGS & COLLIS, 1982).

No **Quadro 7**, apresentamos um exemplo dessa categorização para a terceira questão do conjunto de questões do experimento de flutuação do submarino.

Níveis	Categorização	Respostas dos Estudantes	Classificação
Pré-estrutural	Escrever que precisa ter ar dentro do recipiente	Sugar	**0**
Uni-estrutural	Dizer que precisa colocar água dentro do recipiente	Ter água dentro dele	**1**
Multi-estrutural	Dizer que ele fica pesado porque está cheio de água	Enche ele de água e fica pesado e afunda	**2**
Relacional	Dizer que precisa ter água e ar dentro do tubo, sendo mais água do que ar e isso deixa ele pesado	Colocar água e ar em quantidade bem diferente	**3**

Quadro 7: Exemplo de categorização das respostas dos estudantes à pergunta: O que acontece dentro do submarino para que ele afunde? Fonte de dados da pesquisa.

Os resultados dessa categorização foram usados para construir uma matriz de dados (de primeira ordem) dicotômicos, na qual aplicamos a modelagem Rasch,

cujos dados são de segunda ordem. Essa matriz foi construída no Excel, sendo que as respostas foram tabuladas de forma condizente com a escala Guttman (1944).

Esta escala qualitativa é utilizada como parâmetro para avaliar o progresso do entendimento dos estudantes investigados e identificar os níveis de entendimento alcançados por eles. Isso é possível porque a escala Guttman (1944) compreende um sistema cumulativo de informações em que uma categoria superior engloba a informação da categoria anterior. Assim, transformamos os dados de natureza categórica em dados dicotômicos. No **Quadro 8**, apresentamos um exemplo de como as respostas dos estudantes (dados categóricos) foram transformadas em dados dicotômicos.

A resposta do sujeito que é classificada num nível de mais alto grau de complexidade (relacional, por exemplo), sobre o conteúdo estudado, compreende todos os níveis anteriores (uni estrutural e multi-estrutural) (AMANTES, 2009; PORTO, 2014; PORTO, 2015). Podemos escalonar uma série de respostas, classificando-os do menor ao mais alto nível de complexidade estabelecido pela taxonomia SOLO. Através desta escala, conseguimos fazer uma comparação entre os diferentes níveis de respostas dos estudantes, desde o pré-estrutural ao relacional.

					Q1				Q2				Q3			
Nº	Gênero	Série	Turma	Escola	Q11	Q12	Q13	Q14	Q21	Q22	Q23	Q24	Q31	Q32	Q33	Q34
1	M	3	U	P	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
2	F	3	U	P	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0
3	M	3	U	P	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
4	M	3	U	P	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0

Quadro 8: Exemplo de tabulação dos dados com escala Guttman. Fontes de dados da Pesquisa.

O valor 1 é atribuído aos níveis de complexidade do entendimento alcançados pelos estudantes, enquanto que o valor 0 é atribuído aos níveis que não foram atingidos. Em cada uma das tarefas o mais alto nível atingido pelos estudantes é 3. Isso significa que para atingir este nível, precisa ser classificado nos dois anteriores. Observamos no Quadro 8, que todos os estudantes conseguem atingir pelo menos o primeiro nível das três questões (**Q1, Q2 e Q3**) explicitadas e apenas os estudantes de números 2 e 4 conseguem atingir o terceiro nível das

questões **Q1** (nível Q13) e **Q2** (nível Q23). Os mais altos níveis (**Q14, Q24 e Q34**) não foram atingidos por nenhum dos estudantes explicitados.

Utilizamos o software WINSTEPS (LINACRE & WRIGHT, 2000) para realizar a modelagem Rasch e obter as medidas de desempenho dos estudantes. Ao modelar os dados, obtemos uma escala intervalar de medida representada em forma de *logits*, que nos fornece o atributo dos sujeitos e os índices de dificuldade dos itens. A primeira medida nos permite analisar o ganho do entendimento alcançado pelos estudantes, quando submetidos às duas atividades investigativas.

As medidas dos índices de dificuldade nos permitem avaliar o ganho em termos da abordagem/conteúdo de cada tarefa realizada. Para responder à questão "***houve ganho no entendimento?*** ", utilizamos os dados de saída (medidas do atributo dos sujeitos) do programa e calculamos, no Excel, a diferença entre a proficiência dos sujeitos em três situações: entre o ***pré-teste e os exercícios (PE)***; entre os ***exercícios e o pós-teste (EP')***; e entre o ***pré-teste e pós-teste (PP')***.

Assim, obtemos as médias individuais de cada uma das tarefas e as médias associadas ao ganho do entendimento nas três situações (**P-E, E-P' e P-P'**) explicitadas na **Tabela 3**.

Parâmetros	Pré-teste (P)	Exercícios (E)	Pós-teste (P')	Ganho P-E	Ganho E-P'	Ganho P-P'
Média	-0,6	0,22	0,25	0,81	0,03	0,85
Desvio Padrão	0,72	1,19	0,82	1,13	1,31	0,95

Tabela 3: Dados relativos às medidas de proficiência das medidas das pessoas. Fonte de dados da pesquisa.

De posse dos dados de médias plotamos o **Gráfico 5**, esboçando o ganho do entendimento dos estudantes. O ganho é representado pela diferença entre as médias do pré-teste e os exercícios (ganho P-E), dos questionários e o pós-teste (ganho E-P') e da diferença entre os testes de conhecimento (ganho P-P').

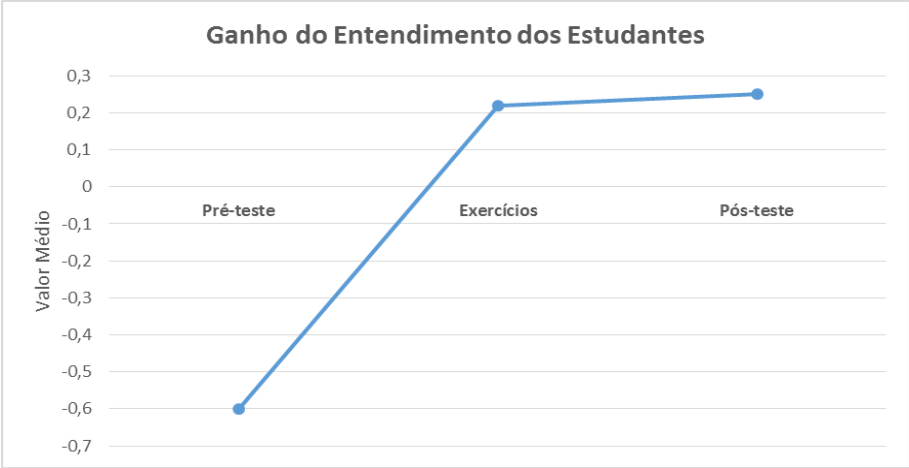


Gráfico 5: Ganho do entendimento dos estudantes do 3º ao 5º ano do Ensino Fundamental, considerando os valores médios dos instrumentos de coleta. Fonte de dados da pesquisa.

Analisando o **Gráfico 5**, verificamos que houve ganho do entendimento. Calculando a diferença entre cada uma das medidas do P-E (**0,88**), E-P' (**0,03**) e P-P' (**0,85**), obtemos os valores do ganho. Observamos que os estudantes têm maior rendimento nos exercícios, e que a diferença entre a média desses e o pós-teste não é muito grande; interpretamos esse resultado como uma contribuição das atividades investigativas para a aprendizagem dos alunos, tendo em vista o aumento da média. Este é um importante resultado, pois é um indicativo de que a intervenção teve influência positiva no ganho do entendimento dos estudantes.

O ganho decorrente da atividade investigativa, representado no gráfico pelos exercícios, tem influência de diversos fatores. Estes podem ser originários do estudante, como o engajamento à realização da atividade ou elementos do próprio contexto. As discussões sobre as ações realizadas e experiências vividas podem favorecer a aprendizagem de conceitos que demandam um alto nível de abstração.

7.2.2 Mudança do entendimento e Fatores de influência

Esta análise se propõe a responder duas questões: ***O conhecimento inicial influencia no ganho do entendimento do sujeito? Quais os possíveis fatores ou preditores, que explicam a mudança no ganho do entendimento?*** Para responder essas questões, aplicamos diferentes Testes de Estatística Clássica (Regressão Linear e Regressão Múltipla) e o teste ANOVA, sobre as medidas de desempenho dos estudantes.

Na primeira análise o ganho é a variável dependente e o conhecimento inicial do sujeito a variável independente. Os resultados são representados em uma escala intervalar de medidas, expressa em *logits*. A partir dessa escala, podemos fazer comparações entre os *logits* e verificar o desempenho dos sujeitos em cada uma das tarefas realizadas. Além disso, obtemos o desempenho geral em relação aos fatores de influência da aprendizagem.

Aplicamos o Teste de Normalidade Kolmogorov-Smirnov (TN K-S) (ver **Tabela 4**), que é um teste não paramétrico, para verificar se a distribuição de um conjunto de dados adere à Distribuição Normal. A simulação foi feita no software SPSS, sobre as medidas de desempenho dos 95 estudantes investigados. Nesse teste, admitimos como hipótese nula (H_0) que os dados da variável estudada se originam de uma distribuição normal. Sendo assim, se o nível de significância (*p*) for menor do que 0,05 rejeitamos a hipótese nula.

Variáveis	Valor do teste K-S	Desvio Padrão	Nível de significância (*p*)
Pré-teste	1,221	0,72626	0,101
Ganho P-Q	0,406	1,12887	0,997
Ganho Q-P'	0,924	1,31279	0,360
Ganho P-P'	1,046	0,95457	0,224

Tabela 4: Resultados do Teste simples Kolmogorov-Smirnov (K-S). Fonte de dados da pesquisa.

Os dados obtidos no teste K-S, demonstram que o nível de significância (*p*), de todas as variáveis analisadas, é superior a 0,05. Então aceitamos a hipótese nula de que existe uma normalidade da amostra analisada. A partir desse teste, aplicamos testes paramétricos sobre as medidas de desempenho dos estudantes, estimadas pela modelagem Rasch, para responder as questões de pesquisa propostas no desenho metodológico.

Aplicamos o teste de **Regressão Linear (RL)** para verificar se o conhecimento inicial tem influências sobre o ganho do entendimento dos estudantes.

O teste foi feito no software SPSS (utilizando o modelo Stepwise[15]) e verificamos a dependência entre as duas variáveis testadas (ganho P-P' e pré-teste).

Aplicamos o teste **ANOVA** para verificar a diferença entre as médias dos grupos e o teste de **LEVENE** para verificar a homogeneidade das variâncias. Para identificar os fatores que influenciam no ganho do entendimento, aplicamos o teste de **Regressão Múltipla (RM)**. A seguir, descrevemos cada um dos testes realizados.

a) Regressão Linear

Verificamos se há dependência entre o ganho no entendimento e o conhecimento inicial, aplicando um teste de Regressão Linear à amostra de 95 estudantes. A Regressão Linear é expressa por uma função linear, que nos fornece os parâmetros de ajuste **(R ajustado, o erro, valor de Durbin Watson)**. Estes parâmetros nos permitem avaliar o quanto o ganho no entendimento depende do conhecimento inicial dos estudantes.

Aplicamos o teste sobre as medidas de desempenho dos estudantes, obtidas a partir da modelagem Rasch. Esse teste nos fornece as estatísticas de ajuste das variáveis dependente (ganho P-P') e independente (conhecimento inicial). Os valores obtidos no teste são explicitados na **Tabela 5** e no **Gráfico 6**.

Resumo do Modelo[b]

Modelo	R	R^2	R^2 ajustado	Estatística da Estimativa de erro	Durbin-Watson
1	0,552[a]	0,305	0,298	0,80003	2,313

a. Preditores: (Constante), Pré-teste.
b. Variável Dependente: Ganho P-P'

Tabela 5: Parâmetros obtidos na Regressão Linear. Fonte de dados da pesquisa.

[15] O método serve para checar a importância das variáveis, incluindo-as ou excluindo-as do modelo com base em uma regra de decisão, e sua importância é definida pelo nível de significância da variável para o modelo.

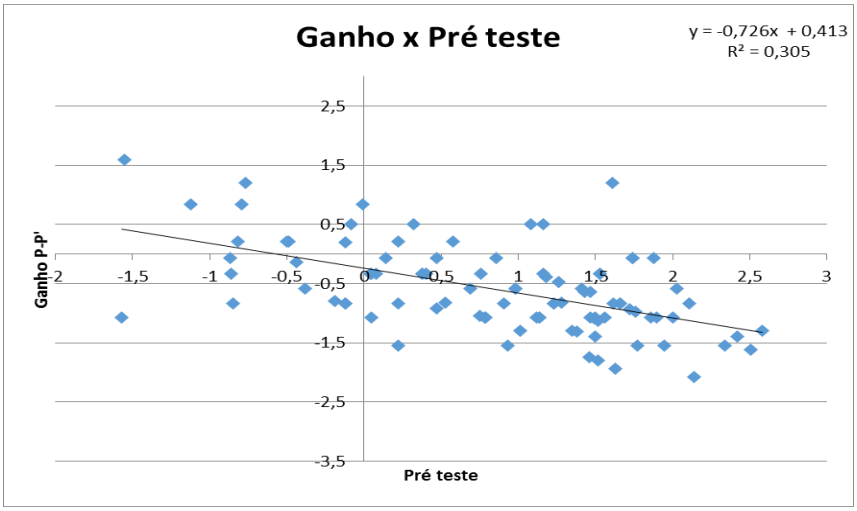


Gráfico 6: Gráfico de Regressão Linear, representando o Ganho x Pré-teste. Fonte de dados da pesquisa.

A Regressão Linear é expressa pela equação:

$$Y = AX + B$$

onde:

- *Y*: é o ganho do entendimento;
- *X*: são as medidas do pré-teste;
- A: coeficiente de relação entre as medidas *X* e *Y*;
- *B*: constante; são os dados residuais que o programa não consegue estimar.

O valor de ***Y*** representa a diferença entre as medidas do pré-teste e do pós-teste. Em nosso estudo a equação é descrita como

$$Y = -0{,}726X + 0{,}413,$$

sendo $R^2 = 30{,}5\%$. O coeficiente de inclinação (A) delimita as posições dos itens em relação à escala de logits, cujo valor é igual a ***-0,726***. Quando esse coeficiente é menor do que 1, demonstra que o conhecimento inicial e o ganho possuem uma correlação negativa. Os resultados demonstram que há dependência inversa entre as variáveis. Assim, quanto mais o sujeito sabe sobre determinado conteúdo, menos ele aprende. Esse resultado corrobora alguns apontamentos da literatura

(AMANTES, 2009), e aponta para o fato de que a evolução de um entendimento se dá em maior escala quando há um menor conhecimento inicial sobre o que está sendo estudado, ainda que esse entendimento não seja o mais formalizado possível.

b) Teste ANOVA

Aplicamos, inicialmente, o teste ANOVA para verificar se há diferença de médias entre os grupos dos estudantes das diferentes séries investigadas. Os grupos testados foram: gênero, escola e série. Com a ANOVA temos como hipótese nula de que as médias são iguais. Isso acontece quando o nível de significância (*p*) do teste está entre 0,000 < *p* < 0,05. Para cada grupo testado os resultados se encontram abaixo (ver **Tabela 6** e **Gráfico 7**)**.**

Grupos analisados	VALOR F	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA (p)
SÉRIE	1,913	0,154
GÊNERO	1,689	0,197
ESCOLA	4,575	0,035

Tabela 6: Diferença entre as médias dos grupos analisados. Fonte de dados da pesquisa.

Observando os dados da **Tabela 6**, verificamos que os grupos “série” (**F=1,913, df=94, *p=0,154***) e “gênero” (**F=1,689, df=94, *p=0,197***) o nível de significância foi maior do que 0,05 e que para “escola” (**F=4,575, df=94, *p=0,035***) este mesmo nível foi menor do que 0,05. Neste sentido, aceitamos a hipótese nula para os dois primeiros grupos, de que médias são iguais e rejeitamos para o grupo “escola”, em que as médias são diferentes. Para sistematizar os dados, fizemos uma análise comparativa das médias (ver **Gráfico 7**) dos sujeitos por série, gênero e escola.

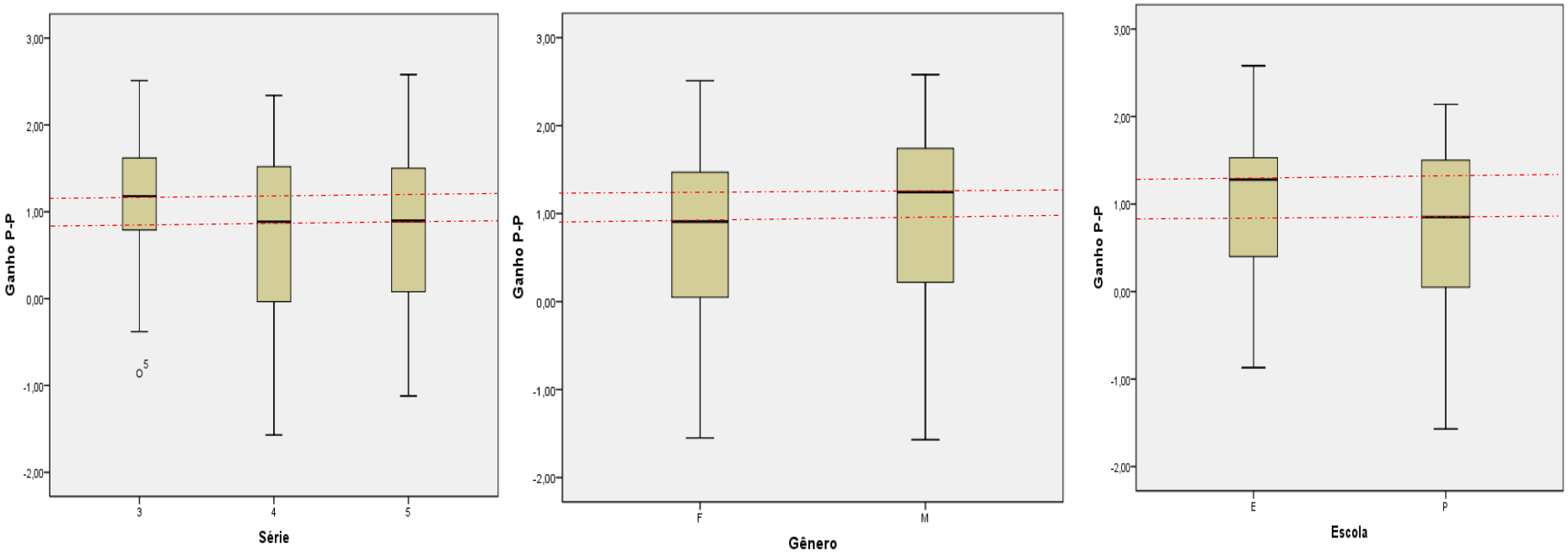


Gráfico 7: Médias de desempenho dos estudantes dos grupos analisados. Fonte de dados da pesquisa.

No grupo série, os estudantes do 3º ano possuem uma média superior à média do 4º e 5º ano. Isso pode indicar que a intervenção tem maior influência sobre os estudantes do 3º ano, independente da escola. Entretanto não verificamos estatisticamente essa diferença. Analisando o gênero, verificamos que os meninos têm média superior às meninas e ao comparar as escolas, verificamos que a rede Estadual possui média superior a rede Particular. Essas diferenças, apesar de aparecerem nos gráficos, não foram estatisticamente relevantes, o que nos leva a considerá-las somente como indicativos, que podem ser investigados em outras pesquisas.

c) Teste de Regressão Múltipla

A Regressão Múltipla é um teste estatístico usado para estimar valores de uma ou mais variáveis de resposta (dependente) através de um conjunto de variáveis explicativas (independentes) sobre amostras consideradas pequenas. Esse teste pode ser utilizado para avaliar os efeitos das variáveis independentes, para prever as variáveis de resposta. Ou seja, avaliar qual das variáveis independentes consegue explicar a variância dos diferentes preditores analisados.

Em nosso estudo, identificamos a série, o gênero e a escola enquanto preditores de aprendizagem. Como o número de preditores elencados foi pequeno, aplicamos o teste de Regressão Múltipla, que é mais sensível porque avalia todos os preditores de uma única vez. Aplicamos o método Stepwise, na regressão múltipla, para verificar a inclusão de todos os preditores no modelo explicativo do ganho do entendimento dos estudantes.

Esse teste foi aplicado porque, pelo teste ANOVA, não foi identificado estatisticamente nenhum fator, mas ao avaliarmos os gráficos tivemos indicativos de que alguns efeitos podem ser isolados. Dessa forma, A Regressão Múltipla, pelo método stepwise, pode isolar melhor os efeitos e verificar, de uma maneira mais apurada, se realmente não há um fator que possa estar associado ao ganho no entendimento.

Utilizamos o software SPSS para aplicar o teste de Regressão Múltipla às medidas de desempenho dos estudantes, obtidas pela modelagem Rasch. Os

resultados do teste nos fornecem os parâmetros de ajuste (**R² ajustado** e seu **erro padrão estimado**, o valor de **F**, o **nível de significância** de cada modelo e a estatística **Durbin-Watson**[16]) para cada um dos preditores testados e aponta qual deles tem maior influência sobre a variável dependente, que em nosso estudo é o ganho.

Desse modo, para cada variável que é incluída no modelo podemos avaliar o nível de significância e o R² dos dados, responsáveis pelas mudanças das variáveis. Além disso, o teste também fornece um resumo dos modelos explicativos da variância, apontando apenas aqueles que fornecem bons parâmetros de comparação. Tais parâmetros determinam qual o modelo que melhor se adequa ao estudo, explicando a maior parte da variância.

A análise a partir do teste de Regressão Múltipla (ver **Tabela 7**), nos forneceu um único modelo explicativo. Dos preditores de aprendizagem testados, apenas a escola teve significância estatística. Para esse teste, aceitamos a hipótese nula, na qual o valor de *p* é menor do que 0,05.

Modelos	R² ajustado	Erro	F Change	Sig. F	Durbin-Watson
Modelo 1	0,037	0,93692	4,575	0,035	2,065

Tabela 7: Modelo fornecido pelo teste de Regressão Múltipla para o ganho do entendimento em relação aos preditores. Fonte de dados da pesquisa.

Pela tabela, verificamos que para **R² = 0,037**, apenas **3,7%** da variância é explicada pelo modelo. A estatística Durbin–Watson (W) corrobora com o valor estabelecido pela literatura, admitindo valores compreendidos entre **1,5 e 2,5**. Em nosso estudo **W = 2,065,** indicando que existe uma dependência (auto correlação) muito grande entre as variáveis do modelo. Assim, aceitamos a hipótese nula de que as variáveis são independentes.

Este resultado é explicado por apenas **3,7%** da variância, sendo um valor muito baixo. Isso significa que não há uma grande dependência do ganho do

[16] A estatística Durbin-Watson é um teste usado para verificar a existência de auto correlação entre as variáveis testadas ou correlação serial, em função dos dados residuais. O valor do teste estatístico Durbin-Watson deve estar entre 1,5 e 2,5, de modo que para uma estimativa entre estes valores devemos rejeitar a hipótese nula de que os valores são auto correlatados, assumindo que os dados são independentes (AMANTES, 2009).

entendimento dos sujeitos em relação ao preditor escola, de modo que não podemos considerá-lo como um preditor forte e que delimite o ganho no entendimento dos estudantes. Os demais preditores analisados não apresentam nenhum tipo de influência sobre o ganho.

Os resultados encontrados nesse estudo indicam que, ser estudante de uma escola da Rede Particular ou da Rede Estadual tem influência na aprendizagem, mas ela é muito pequena. A partir da análise com o teste de Regressão Múltipla, descartamos as hipóteses de que os outros preditores citados sejam fatores de influência no entendimento dos estudantes, pelo menos para esse estudo.

7.2.3 Síntese dos Resultados

Realizamos diferentes testes de estatística clássica para avaliar o entendimento dos estudantes do 3º ao 5º ano do Ensino Fundamental, quando são submetidos à duas intervenções de natureza investigativa. Inicialmente, aplicamos o teste de normalidade (K-S) sobre as medidas de desempenho da variável independente (pré-teste) e das variáveis dependentes relativas ao ganho (P-Q; Q-P'; P-P'). Os resultados deixam claro que os dados obedecem a uma distribuição normal.

Aplicamos o teste de Regressão Linear para verificar a influência do conhecimento inicial sobre as medidas do ganho do entendimento. Os resultados do teste demonstraram que não há influência do conhecimento inicial e que 30,5% da variância pode ser explicada, sendo a estatística Durbin-Watson igual a 2,313. Este é um resultado importante, pois verificamos que há uma dependência negativa entre as variáveis. Ou seja, quanto menos conhecimento o estudante tem sobre o conteúdo estudado antes da instrução, mais ele irá aprender com as atividades desenvolvidas.

Os preditores de aprendizagem foram avaliados através do teste de Regressão Múltipla, aplicado às medidas de desempenho obtidas pela modelagem Rasch. A partir desse teste, que analisa todas as variáveis (série, gênero e escola) de uma única vez, verificamos que apenas o preditor escola pode explicar as

mudanças no ganho do entendimento, mas essa explicação é muito limitada, pois pouca variância foi explicada por esse fator.

7.3 Análise do Entendimento em termos da abordagem/conteúdo

Nessa seção investigamos o entendimento dos estudantes (do 3º ao 5º ano do Ensino Fundamental) sobre o conteúdo de Flutuação em termos de duas abordagens: flutuação do ovo e flutuação do submarino. Para responder “qual a abordagem favorece mais o ganho do entendimento dos estudantes”, avaliamos como a abordagem do ovo e do submarino proporcionam o ganho no entendimento em termos de níveis de complexidade.

Adotamos duas estratégias: analisamos os mapas de itens e avaliamos os perfis de entendimento dos estudantes. Na primeira olhamos para a dispersão dos conteúdos, comparando o grau de dificuldade dos estudantes nos diferentes testes de conhecimento e nos exercícios que compõem as intervenções. Na segunda estratégia, analisamos as respostas dos estudantes em cada teste e exercício com base no sistema categórico.

7.3.1 Mapas de itens

Os Mapa de Itens[17] são os dados de saída do WINSTEPS (LINACRE, 2000; 2009) usados para comparar os sujeitos e os itens (a partir dos índices de dificuldade do item) em cada tarefa realizada. Os parâmetros dos sujeitos e os índices de dificuldades dos itens são distribuídos ao longo de uma mesma escala (*logits*). Através dessa escala podemos verificar: se há mudança de escala entre um mapa e outro; se os testes e exercícios avaliam bem todos os níveis de complexidade; se a natureza das questões tem influências sobre o entendimento

[17] Modelo utilizado pelo INEP (2005) para consolidar e interpretar dados, dando sentido qualitativo às estatísticas quantitativas para as escalas de proficiência do ENEM.

das perguntas dos testes; o nível de articulação e entendimento dos sujeitos em cada tarefa realizada.

Esta análise é feita *"quando lidamos com uma escala intervalar e avaliamos os parâmetros dos sujeitos, itens e categorias a partir de estimativas que são estabelecidas em uma mesma escala de valores (logits) "* (AMANTES & COELHO, 2015). Assim, conseguimos ordenar os dados categóricos de acordo com o grau de dificuldade e conseguimos representar o traço latente, no nosso caso o entendimento, em cada categoria de análise representada pelos itens.

Os mapas de itens são gerados pelo programa WINSTEPS, cujos dados são plotados em escala de *logits* para os dados modelados de 95 sujeitos (amostra) e um conjunto de itens (temos 28 itens em cada teste explicitado em cada mapa de itens). As marcações em "X" representam os parâmetros dos sujeitos (do lado esquerdo). Do lado direito, temos a distribuição dos índices de dificuldade, explicitadas em ordem, de cada categoria para todos os itens dos testes. Os mapas plotados são: **pré-teste x amostra (ver Figura 8) exercícios x amostra (ver Figura 9)** e **pós-teste x amostra (ver Figura 11)**.

a) Mapa de Itens Pré-teste x Amostra

No mapa de itens Pré-teste x Amostra (ver **Figura 8**), representamos os sujeitos e as categorias, em ordem, numa mesma escala de *logits*. Nesta análise as marcações dos itens **Q11, Q12, Q21, Q22, Q23, Q24, Q31, Q32, Q33, Q34, Q61, Q62, Q63 e Q64**, representam os níveis de complexidade hierárquica das categorias de análise dos itens **1, 2, 3 e 6**. Ou seja, a marcação **Q34** representa a **categoria 4** do item **3**, e assim por diante. Enquanto que os itens **A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K e L**, representam cada alternativa das questões dicotômicas (verdadeiro ou falso), também do pré-teste.

Ao longo da escala intervalar, onde estão distribuídos os sujeitos e os itens, identificamos os limites da escala. Ou seja, a localização da média de distribuição dos dados e onde estão localizados os índices de maior e menor dificuldade. A partir disso, podemos extrair informações tais como: se o teste é mais fácil ou mais difícil;

se os sujeitos conseguem atingir níveis mais altos em termos de entendimento; se o sistema categórico obedece a uma hierarquia.

Os dados são distribuídos ao longo da escala, que varia de ***-3 a 5 logits***. O índice **S** representa um desvio padrão, enquanto o índice **T = 2S** e os índices **M** representam a média de distribuição tanto para os sujeitos (**X**), quanto para os itens.

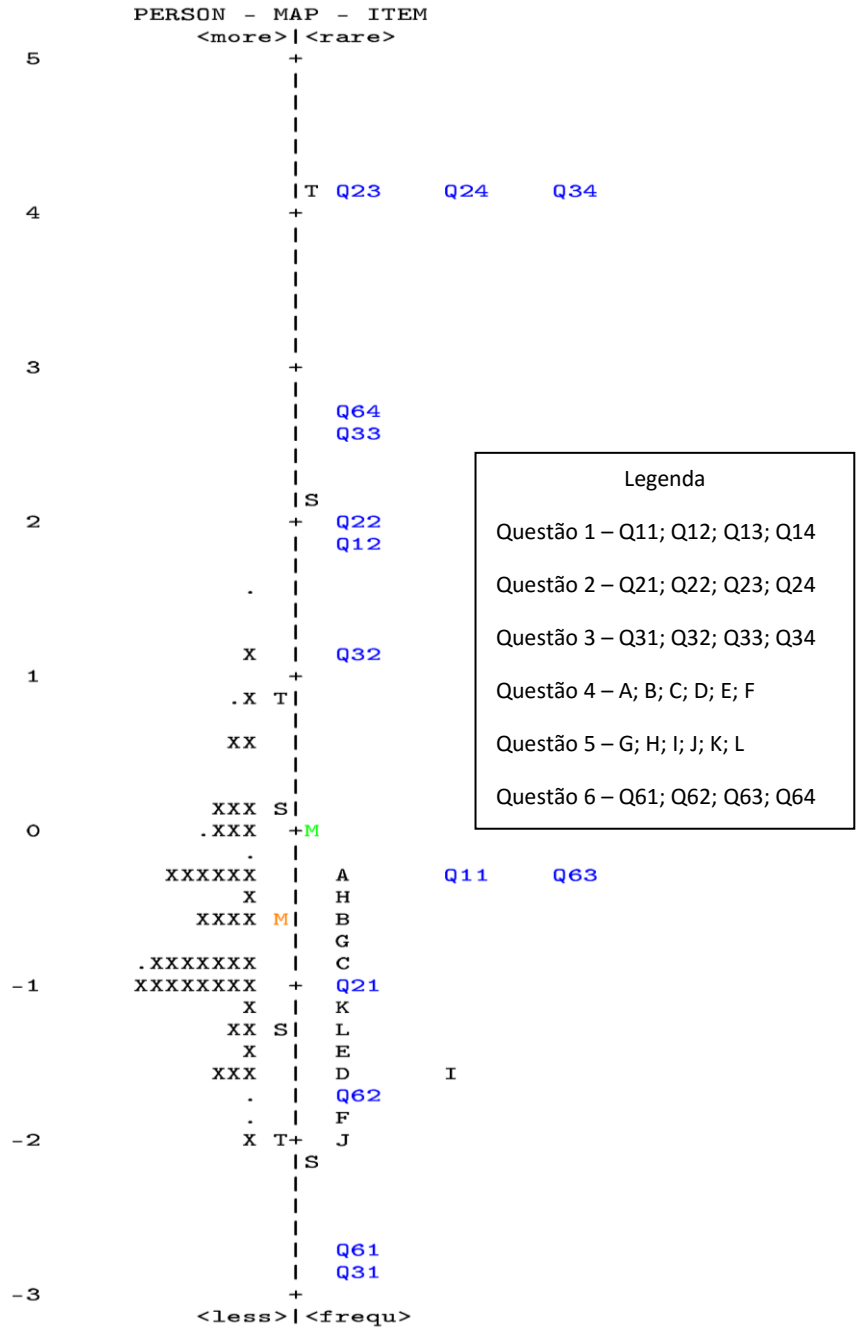


Figura 8: Mapa de itens pré-teste x amostra. Fonte de dados da pesquisa.

As categorias de análise de diferentes itens possuem diferentes parâmetros de dificuldade: as marcações **Q11** e **Q12** têm dificuldades diferentes. Isso significa que eles também representam o traço latente (entendimento), mas em níveis de complexidade diferentes.

Analisando o mapa (**Figura 8**), podemos perceber que os itens 2, 3 e 6 apresentam parâmetros com diferentes índices de dificuldade para cada uma das categorias. Comparando as distâncias entre cada parâmetro verificamos que elas se mantêm: de **Q22** a **Q23**, a distância é de ***2 logits***, sendo a mesma distância entre as categorias **Q33** a **Q34**. Este resultado demonstra que o sistema categórico, construído para analisar as respostas dos estudantes, parece se adequar ao dado empírico, o que se configura como um indicativo de validade. Desse modo, podemos dizer que o teste parece avaliar bem todos os níveis de complexidade hierárquica

Verificamos que a média dos itens, situada em ***0 logits***, é superior à média dos sujeitos, localizada entre ***-1 e 0 logits***. Observamos que a dispersão dos itens em torno da média indica que há uma distribuição normal. Isso significa que a média dos itens é superior à média dos sujeitos, apontando para o grau de dificuldade do teste em relação à dificuldade da amostra analisada. Com isso, classificamos este teste como difícil para que os sujeitos pudessem alcançar os níveis mais complexos de entendimento demandado pelos itens.

As categorias (**Q11, Q21, Q62, Q63, A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K e L**), localizadas mais próximo da média, tem maior representatividade do traço latente (entendimento) investigado. Além dos parâmetros dos itens, o grau de dificuldade também indica o quanto o conteúdo está sendo endossado. Avaliando os itens, classificamos as categorias **Q31 e Q61** como sendo as de menor dificuldade e **Q12, Q22, Q23, Q24, Q33 e Q64** como as de maior dificuldade. As categorias mais fáceis representam o nível uni-estrutural da taxonomia dos itens 3 e 6, respectivamente, enquanto que as categorias mais difíceis representam os níveis multi-estrutural (**Q12** e **Q22**), relacional (**Q23** e **Q33**) e abstrato estendido (**Q24**, **Q34** e **Q64**), cujos dados não foram analisados nesse estudo.

Os dados expostos no mapa (**Figura 8**) demonstram que os estudantes têm maior habilidade em responder questões de verdadeiro ou falso (com uma variação da escala de ***-2 a 0 logits***), pois não é necessário elaborar respostas e explicações para as perguntas. Além disso, a probabilidade de acertar ou de errar o item é de

50%. Os dados apontam que os sujeitos possuem dificuldade em responder questões de natureza **explicativa/ levantamento de hipótese**, como por exemplo o item 3 (**Q31, Q32, Q33 e Q34**) e o item 2 (**Q22, Q23 e Q24**). Isso é um indicativo de que os estudantes não conseguem estabelecer relações entre diferentes conceitos para elaborar respostas mais abstratas, nessa fase de desenvolvimento. É preciso ressaltar que esse é um resultado geral, que representa um padrão da maioria dos alunos. Portanto, tivemos alguns que alcançaram os mais altos níveis, embora tenha sido a minoria.

Ao classificar cada item, quanto a sua natureza, podemos dizer se a dificuldade dos estudantes está associada à natureza do item (descritiva/ causalidade e efeito ou explicativa/ levantamento de hipótese), o que pode representar uma dificuldade genuína ou um não entendimento das perguntas do teste.

b) Mapa de Itens Exercícios x Amostra

Após aplicar o pré-teste, aplicamos as atividades de intervenção: flutuação o ovo (na segunda aula) e flutuação do submarino (na terceira aula). Ambas as atividades, como relatado anteriormente, obedecem uma estrutura para conduzir as ações dos estudantes: explicação do desafio; entrega dos materiais; realização da atividade; discussão e fechamento da intervenção, momento em que os estudantes respondem questões em forma de exercício. São os resultados da análise dessas questões que discutiremos nesta seção.

Para analisar a mudança de abordagem ou conteúdo, categorizamos as respostas dos estudantes nos exercícios e aplicamos a modelagem Rasch no WINSTEPS (LINACRE, 2000; 2009), que nos forneceu o mapa de itens.

No mapa de itens Exercícios x Amostra (ver **Figura 9**), representamos a distribuição dos sujeitos à esquerda e das categorias à direita para a intervenção do ovo (representado pela letra **Q**) e do submarino (representado pela letra **S**), numa mesma escala de valores (*logits*). Nesta análise as marcações **Q11, Q12, Q13 e Q14**, representam os níveis hierárquicos das categorias **1, 2, 3 e 4** do item **1** para o experimento do ovo, enquanto que as marcações **S31, S32 e S33**, expressam os níveis das categorias **1, 2 e 3** do item **3**. Os dados foram analisados num único

mapa com o objetivo de avaliar as mudanças de níveis de complexidade do entendimento dos sujeitos sobre os conceitos que envolvem o conteúdo de Flutuação, comparando os diferentes tipos de intervenção.

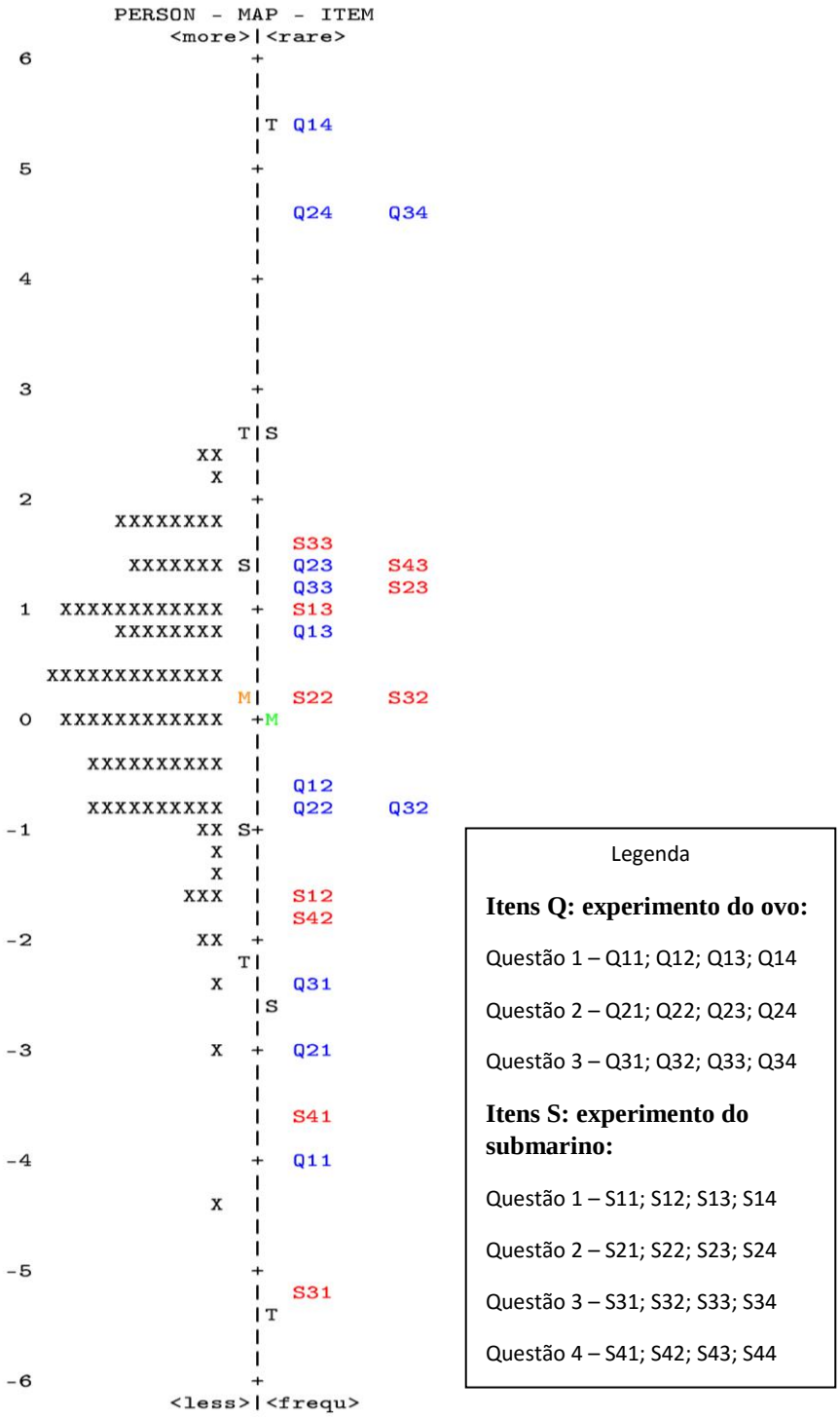


Figura 9: Mapa de itens exercícios x amostra. Fonte de dados da pesquisa.

Quando mudamos a abordagem de ensino, observamos algumas mudanças nos níveis de entendimento reportado pelos sujeitos ao realizarem as atividades investigativas. Comparando os dados representados no mapa de itens do teste (**Figura 8**) com os dados do mapa de itens da atividade (**Figura 9**), observamos mudanças em diferentes aspectos: mudança de escala; dificuldade dos itens em relação à amostra; entendimento em termos da abordagem/conteúdo; articulação do entendimento em relação aos níveis hierárquicos de complexidade.

A partir do mapa (**Figura 9**), verificamos que as categorias e os sujeitos estão distribuídos numa escala intervalar de ***-6 a 6 logits***. A média dos sujeitos (com uma variação entre ***0 e 1 logits***) é superior à média das categorias (com ***0 logits***), demonstrando que os itens vão ficando mais fáceis para os sujeitos à medida que discutem sobre os conceitos físicos estudados. Quanto ao grau de dificuldade dos sujeitos (**X**), observamos que aqueles localizados mais próximos da média tem maior probabilidade de acertar os itens (**Q12, Q21, Q22, Q31, Q32, S12, S22, S31, S32, S41 e S42**) localizados entre ***-6 e 0 logits*** e menor dificuldade de acertar os itens localizados acima da média (**Q13, Q14, Q23, Q24, Q33, Q34, S13, S23, S33 e S43**), localizados entre ***0 e 6 logits***.

Cada um dos itens, representam diferentes índices de dificuldade de acordo com a escala de *logits*. Dentre eles, verificamos que as categorias situadas entre ***-6 e -2 logits*** **(Q11, Q21, S31 e S41**) representam menor grau de dificuldade, enquanto que as categorias situadas entre ***4 e 6 logits*** (**Q14, Q24 e Q34** as de) são as de maior dificuldade. Neste sentido, analisando as categorias referentes à intervenção do ovo, os mais altos níveis de complexidade ainda não são alcançados pelos estudantes.

Entretanto, verificamos que, na atividade do ovo, os estudantes conseguem responder questões cuja natureza é explicativa/ levantamento de hipótese sem dificuldade e conseguem alcançar os níveis mais altos (**Q12** e **Q13**) das questões de natureza descritiva/ causalidade e efeito. Na atividade do submarino os estudantes conseguem responder questões de natureza descritiva/ causalidade e efeito (**S12, S13, S22 e S23**), alcançando também os níveis mais altos dos itens, cuja natureza é explicativa/ levantamento de hipótese (**S32, S33 e S43**).

Observamos que no intervalo de ***0 a 2 logits***, alguns dos itens correspondentes as intervenções do ovo (notação Q) e do submarino (notação S) se

sobrepõem em um mesmo nível hierárquico. As marcações **Q33 com S23 e Q23 com S43** são um exemplo disso. Todas as marcações representam a categoria **3** para os itens **3, 2, 2 e 4**, respectivamente. Este resultado demonstra que os estudantes conseguem responder diferentes itens, apresentando diferentes elementos em sua resposta. Isso nos permite dizer que, em ambas as atividades de intervenção, os estudantes conseguem atingir o nível multi-estrutural da taxonomia SOLO.

Analisando a distribuição dos itens da intervenção do submarino (ver **Figura 9**), observamos que as categorias possuem maior representatividade ao longo da escala de *logits*. Além disso, os estudantes se distribuem melhor nos itens do submarino do que do ovo. Isso é um indicativo de que os estudantes apresentam melhor desempenho na atividade do submarino, indicando que nesta abordagem os estudantes compreendem melhor os conceitos estudados.

Fomos surpreendidos pelos resultados obtidos através da análise do mapa exposto na **Figura 9.** Há indícios de que a mudança de abordagem favorece o ganho no entendimento. Julgamos que o nível de dificuldade para o experimento do submarino é maior do que o experimento de flutuação do ovo e, no entanto, os estudantes compreenderam melhor os conceitos físicos ao realizar esta atividade.

Outro fator relevante são as questões que constituem o exercício 2 (da atividade do submarino), cujo conhecimento demandado pelos itens compreende níveis mais altos de abstração no aspecto mais formal. Para fortalecer este argumento, apresentamos um exemplo (ver **Figura 10**) de resposta para a primeira questão do exercício 2, descrita como “O submarino flutua ou afunda? Por quê? ”.

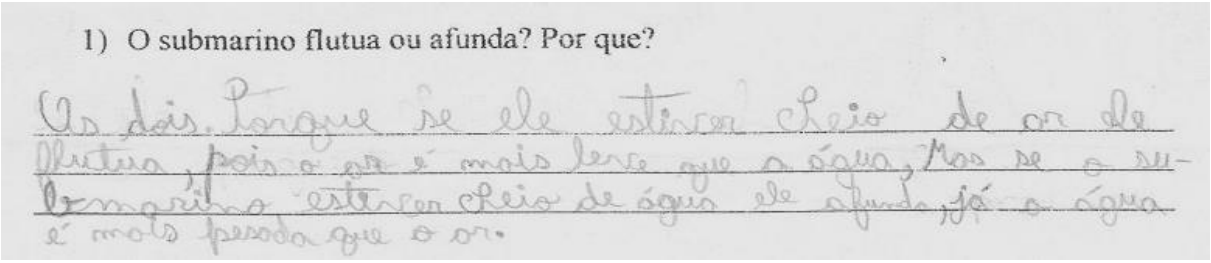


Figura 10: Exemplo de resposta de uma estudante do 5º ano da escola Particular. Fonte de dados da pesquisa.

A pergunta possui uma parte descritiva/ causalidade e efeito (O submarino flutua ou afunda na água?) e outra que é explicativa/ levantamento de hipótese (Por quê?). Analisando a resposta (**Figura 10**), identificamos que diferentes elementos foram utilizados pela estudante para responder a pergunta, tendo como base o fenômeno observado durante a intervenção. A resposta possui elementos de natureza causal e explicativa. Além disso, identificamos dois níveis de complexidade na mesma resposta: multi-estrutural e relacional.

Os diferentes elementos (cheio de ar, flutua, cheio de água, afunda) e as relações (“mais leve do que a água” e “já a água é mais pesada do que o ar”) explicitadas na resposta indicam que atividades que estimulem a reflexão sobre ações, discussão sobre experiências realizadas e explicações sobre fenômenos físicos permitem que os estudantes dos anos iniciais consigam alcançar os mais altos níveis de complexidade do entendimento.

c) Mapa de Itens Pós-teste x Amostra

Continuamos apresentando a distribuição dos itens e dos sujeitos numa escala de medida intervalar. O pós-teste foi aplicado após a intervenção do submarino. Na sexta semana na escola Estadual e na sétima na escola Particular, como descrito no cronograma de pesquisa apresentado no capítulo de metodologia. Admitimos que os dados extraídos do pós-teste podem apontar elementos que indiquem mudanças nos níveis de entendimento do sujeito sobre os conceitos físicos estudados. Os dados da análise a seguir também foram obtidos pela modelagem Rasch, assim como os mapas anteriores.

A partir do mapa representado na **Figura 11**, conseguimos observar a distribuição dos sujeitos (à esquerda do mapa) e das categorias de níveis hierárquicos (à direita do mapa). Além disso, conseguimos identificar os índices de dificuldade dos estudantes ao responderem o pós-teste.

O mapa (**Figura 11**) apresenta os sujeitos e as categorias distribuídas ao longo de uma escala intervalar, que varia entre ***-5 e 5 logits***. As marcações **Q11, Q12, Q22, Q23, Q31, Q32 e Q33**, representam as categorias: **1 e 2** do item **1**; **2 e 3** do item **2**; **1, 2 e 3** do item **3**, respectivamente. As marcações **A, B, C, D, E, F, G, H,**

I, J, K e L distribuídos entre ***-2 e 2*** logits, representam os itens das questões dicotômicas (V ou F).

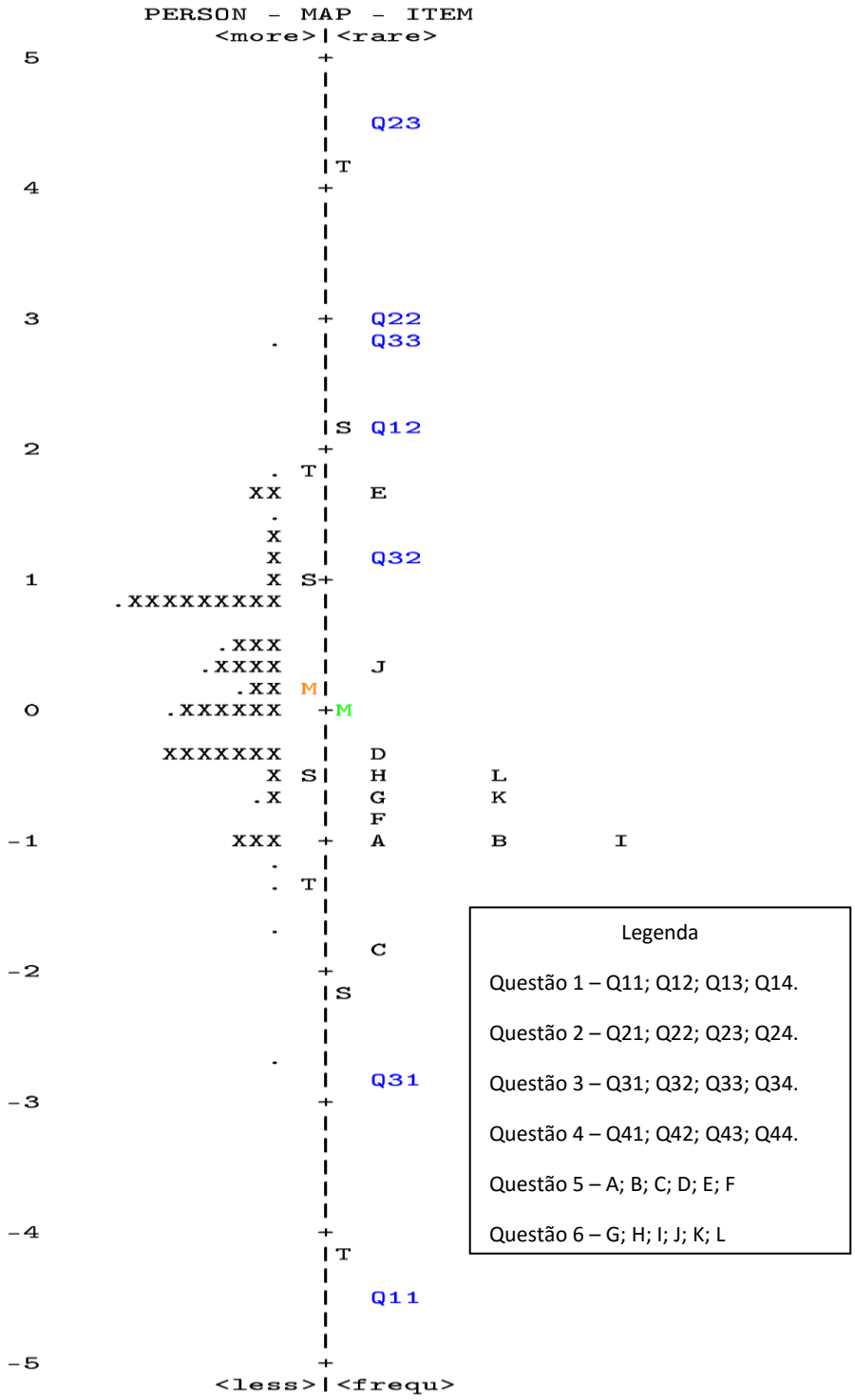


Figura 11: Mapa de itens pós-teste x amostra. Fonte de dados da pesquisa.

A média dos sujeitos, localizada entre ***0 e 1 logits***, é superior à média dos itens (situada em ***0 logits***), indicando que o teste está ficando mais fácil para os estudantes e que a distribuição dos sujeitos está mais próxima de uma distribuição normal em relação à média. Este resultado é um indicativo de que as atividades investigativas favorecem o ganho do entendimento dos conceitos estudados, promovendo mudanças na forma como o sujeito representa o conteúdo aprendido.

Ao analisar o mapa (**Figura 11**) verificamos que as marcações **Q11, Q31 e C**, localizados entre ***-5 e -1 logits***, possuem os menores índices de dificuldade em relação à média dos itens e os itens **Q12, Q23, Q22, Q32, Q33 e E** apresentam parâmetros de maior dificuldade. Comparando os mapas de itens apresentados nas Figuras 2 e 4, verificamos que houve uma mudança de escala, demonstrando que o teste parece estar mais fácil. No entanto, os estudantes não conseguem atingir os níveis com maior grau de abstração.

Analisando os itens (**Figura 11**), de acordo com a natureza das questões, observamos que os estudantes atingem o nível multi-estrutural para questões classificadas como explicativas/ levantamento de hipótese, representado pela marcação **Q32**. Entretanto, os estudantes têm dificuldade em descrever suas ações hipotéticas ou explicar suas causas e efeitos, como expresso nas marcações **Q22 e Q23**.

Ao analisar os itens de natureza dicotômica (**A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K** e **L**) do mapa de itens do pós-teste em relação à amostra, verificamos que eles estão bem distribuídos e próximos da média, situados entre ***-2 e 2 logits***. No entanto, podemos afirmar que a probabilidade dos sujeitos situados entre ***-2 e 0 logits*** acertarem os itens **A, B, C, D, E, F, G, H, I, K** e **L** é de 50%, que é igual à probabilidade deles errarem o item **J,** e que a probabilidade dos estudantes acertarem o item Q11 e Q31 é maior do que os itens localizados acima da média.

Notamos que alguns itens dicotômicos possuem a mesma localização ao longo da escala intervalar (ver **Figura 11**). Como podemos observar nos itens: **A, B e I; G e K; H e L**. Isso indica que os itens localizados na mesma escala de *logits* têm o mesmo parâmetro de dificuldade e que a distância entre as categorias se mantêm, indicando que o sistema categórico está adequado para a análise.

Analisando os itens quanto a natureza das questões, verificamos que os estudantes têm melhor desempenho nos itens dicotômicos (A, B, C, D, E, F, G, H, I,

J, K e L) com uma variação de **-2 a 2 logits**, enquanto que para os itens de natureza explicativa (**Q31, Q32, Q33**), observamos que os estudantes ainda operam em níveis mais básicos. Em relação aos itens que nos remetem a causalidade e efeito (**Q11 e Q12**) e teste de hipótese (**Q22 e Q23**), observamos que os sujeitos ainda estão operando em níveis mais baixos, pois os índices de dificuldade são mais altos.

7.3.2 Análise dos Perfis de Entendimento

Outra forma de avaliar as mudanças de entendimento é analisar os perfis dos níveis pré-estrutural, uni-estrutural, multi-estrutural, relacional e abstrato estendido dos testes de conhecimento e dos exercícios que compõem as intervenções. Para verificar se houve mudança nos níveis de entendimento, analisamos qualitativamente os dados dicotômicos e identificamos os níveis de complexidade alcançados pelos estudantes ao responderem os testes de conhecimento e os exercícios após as atividades investigativas. De posse dos dados, fizemos uma análise estatística descritiva, utilizando os dados de escore para identificar os níveis de complexidade do entendimento alcançado pelos estudantes em cada tarefa: pré-teste; exercício 1; exercício 2; pós-teste.

Para analisar o ganho, avaliamos os perfis de entendimento em relação à taxonomia SOLO, em cada atividade realizada pelos estudantes. Através do sistema categórico, construído para analisar qualitativamente as respostas dos estudantes, analisamos como o nível de dificuldade muda em cada tarefa. Além disso, conseguimos traçar os perfis de entendimento, cujos resultados são apresentados no **Gráfico 8.**

Analisando o **Gráfico 8**, observamos que os níveis de complexidade (pré-estrutural, uni-estrutural, multi-estrutural e relacional), distribuídos em cada tarefa, são um indicativo de que houve mudança de entendimento dos estudantes, em termos de níveis de dificuldade. Em cada tarefa, avaliamos os níveis de respostas dos estudantes e as questões em branco, analisando os dados sob duas perspectivas: a primeira, comparando a distribuição dos níveis no pré-teste e no pós-teste; a segunda, comparando as mudanças de níveis decorrentes das atividades.

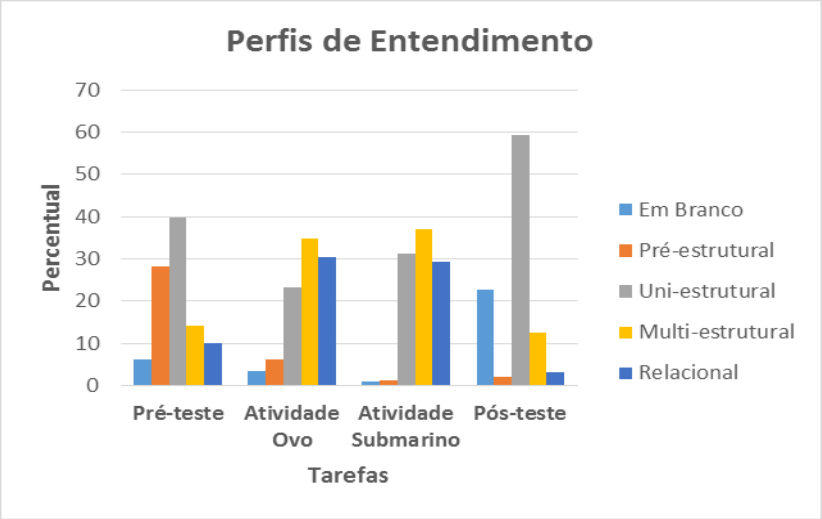


Gráfico 8: Análise dos perfis de entendimento. Fonte de dados da pesquisa.

A partir do **Gráfico 8**, observamos que, no pré-teste, os níveis (pré-estrutural, uni-estrutural, multi-estrutural e relacional) estão bem distribuídos. Verificamos que, **28%** dos estudantes estão no nível mais básicos (pré-estrutural), **40%** dos estudantes operam no nível uni-estrutural, **14%** estão no nível multi-estrutural e **10%** no relacional. Os níveis que demanda maior grau de abstração, o abstrato estendido, não foram avaliados nesse estudo por entendermos que os estudantes investigados não conseguem representar seu entendimento no mais alto nível de complexidade.

Analisando a distribuição dos níveis no pós-teste, em comparação com os níveis do pré-teste, verificamos que, apesar do aumento do número de respostas em branco (de **6,3%** para **23%**), o nível pré-estrutural não apresenta um valor tão expressivo (apenas **2%**). Além disso, houve um aumento do nível uni-estrutural, de 40% para **59%** no pós-teste. Nos níveis mais altos, multi-estrutural e relacional, obtivemos **12%** e **3%,** respectivamente. Esses resultados demonstram que as atividades realizadas na intervenção promoveram mudanças no nível de entendimento dos sujeitos, embora os estudantes continuem operando em níveis mais básicos.

Em relação à distribuição dos níveis, relativo às atividades do ovo e do submarino, observamos uma diminuição nos percentuais de respostas em branco e no nível pré-estrutural. Verificamos, em ambas as atividades, que os níveis multi-estrutural (**35%** no ovo e **37%** no submarino) e relacional (**30,5%** no ovo e **29,2%** no

submarino), apresentam percentuais mais altos em relação aos testes de conhecimento. Este é um resultado importante, pois corrobora com os resultados da análise do ganho do entendimento em que verificamos que os estudantes aprendem mais durante as atividades realizadas na intervenção.

7.3.3 Síntese dos Resultados

Analisamos o entendimento dos estudantes em termos da abordagem/ conteúdo sob duas perspectivas: os mapas de itens (pré-teste x amostra, exercícios x amostra e pós-teste x amostra) e os perfis de entendimento. Através dos mapas de itens, conseguimos observar como os sujeitos e os itens são distribuídos ao longo de uma mesma escala de *logits* e a análise dos perfis de entendimento nos permite avaliar qual o comportamento dos níveis de complexidade hierárquica em cada tarefa (pré-teste, atividade do ovo, atividade do submarino e pós-teste) realizada pelos estudantes.

A partir da análise dos mapas de itens, representados pelas figuras 8, 9 e 11, verificamos que há uma mudança de escala sugerindo que os testes vão ficando mais fáceis. O primeiro mapa (Fig. 8), considerado como o teste difícil, nos dá indícios de que o sistema categórico, construído para analisar as respostas das questões abertas, se adéqua para investigar o entendimento dos estudantes sobre os conceitos físicos.

O segundo mapa (Fig. 9), representando os melhores índices, demonstra que as atividades investigativas têm influência sobre o ganho do entendimento dos sujeitos. As estatísticas (*infit*[18] e *outfit*[19]) de ajustes dos sujeitos[20] e os itens[21] são adequadas à análise. O terceiro mapa (Fig. 11) confirma que o sistema categórico

[18] Os valores de *infit* nos permitem comparar padrões entre as respostas nos dados empíricos e o modelo teórico, ou seja, podemos verificar se itens mais fáceis recebem mais respostas do que itens mais difíceis (LINACRE, 2009; PORTO, 2014).

[19] Corresponde aos valores que estão fora dos padrões de respostas para os dados empíricos, indicando a probabilidade de respostas para os itens que deveriam ter respostas corretas. Segundo (LINACRE, 2009) os dados de *infit* e *outfit* correspondem à média quadrática das medidas dos sujeitos e dos itens, cujo valor aceitável deve estar entre 0.5 e 1.5 (PORTO, 2014).

[20] *Infit* = 1.01 e *outfit* = 0.92.

[21] Infit = 1.00 e outfit = 0.92.

está adequado à análise dos níveis de complexidade, demonstrando que houve evolução do entendimento dos estudantes sobre os conteúdos estudados.

A análise dos perfis de entendimento (ver Gráfico 8), corrobora com a análise dos mapas de itens. Os níveis de complexidade hierárquica (pré-estrutural, uni-estrutural, multi-estrutural e relacional) tem maior representatividade no pré-teste e nas atividades do ovo e do submarino. Nesta análise, verificamos que os níveis mais básicos (pré-estrutural e uni-estrutural) diminuem à medida que os estudantes realizam tarefas que demandam maior grau de dificuldade.

Os perfis de entendimento são melhor representados pelas atividades (ovo e submarino), como representado no Gráfico 8. Verificamos que os percentuais dos níveis multi-estrutural e relacional confirmam a análise do mapa de itens dos exercícios x amostra, demonstrando que a atividade investigativa tem grande influência sobre as mudanças do ganho. Constatamos que a atividade do submarino promoveu o melhor entendimento dos conteúdos e, que no geral, os resultados apontam para uma aprendizagem mediada pela atividade investigativa.

CAPÍTULO VIII
CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo investigamos o entendimento dos estudantes do terceiro ao quinto ano do Ensino Fundamental sobre conceitos físicos relacionados ao conteúdo de flutuação, quando submetidos a duas intervenções de natureza investigativa: experimento de flutuação do ovo e do submarino. Através desta pesquisa, buscamos contribuir com os estudos em Educação e Ciências e na avaliação do entendimento desses estudantes sobre conceitos Físicos, considerando que as atividades desenvolvidas requerem um alto grau de abstração.

Aplicamos diferentes métodos de coleta e análise de dados para avaliar o entendimento dos estudantes em várias tarefas e verificar os diferentes níveis de entendimento alcançados por eles, quando realizam as atividades investigativas. Usamos os mapas de itens para avaliar o parâmetro dos itens, a natureza das questões e o tipo de abordagem de cada atividade. Utilizamos as diferenças de médias para avaliar o ganho de entendimento e os possíveis preditores de aprendizagem. Através dos mapas de episódios, descrevemos o contexto de ensino e identificamos os elementos que indicaram o engajamento nas atividades.

O entendimento, que foi o traço latente investigado, foi avaliado em diferentes tarefas: no pré-teste, nos exercícios que compõem as atividades investigativas e no pós-teste. Através da análise dessas tarefas, obtivemos os dados de médias e avaliamos as mudanças de entendimento dos sujeitos e a evolução deste, em termos da aprendizagem dos conteúdos estudados.

De modo geral, constatamos que houve ganho do entendimento sobre os conceitos estudados e que a aprendizagem ocorreu durante as intervenções de natureza investigativa. Analisamos a diferença de médias em cada atividade e dos parâmetros de dificuldade dos itens, cujos resultados indicaram que houve aprendizagem a partir das intervenções. Este resultado é a primeira evidência de que introduzir atividades investigativas nos anos iniciais promove mudanças na

forma como os sujeitos explicitam seu entendimento, de modo que a aprendizagem ocorre em termos do conteúdo.

Estes resultados corroboram com outros estudos presentes na literatura (CARVALHO, 1998, 2013; GONÇALVES & CARVALHO, 1994; AZEVEDO, 2004; KAMII & DEVRIES, 1986) que investigaram a aprendizagem dos estudantes sobre conceitos abstratos, mesmo num nível mais concreto. Este primeiro resultado contribui para a indicação do uso de atividades investigativas no sentido de favorecer o entendimento dos estudantes dos anos iniciais sobre conteúdos que serão estudados posteriormente na vida escolar, ainda de uma maneira mais tangível, mais concreta e com associações à sua própria realidade.

Para avaliar a evolução do entendimento (indicativo nesse estudo da aprendizagem), aplicamos um teste de regressão linear para testar a influência do conhecimento inicial. Verificamos a partir do teste que esta influência apresenta uma correlação inversa. Isto é, a partir dessa análise, identificamos que, entre o ganho do entendimento (variável dependente) e o conhecimento inicial (variável independente), há uma correlação negativa. Isto significa que quanto menor o conhecimento inicial do sujeito, maior será o ganho sobre o conteúdo estudado.

Este resultado tem sido relatado na literatura (AMANTES, COELHO & MARINHO, 2011; RYAN & DECI, 2000; AMANTES, 2009). Os estudantes que aprendem mais não são necessariamente aqueles que conseguem alcançar os mais altos níveis de entendimento, pois o alcance dos níveis mais elevados não está diretamente vinculado às mudanças de entendimento provenientes da intervenção. Isso porque, o ganho do entendimento corresponde à diferença entre o resultado final e inicial, obtido em cada teste. Dessa forma, o que dimensionamos foi o quanto os estudantes “mudaram” com a instrução, e o que constatamos é que essa mudança foi mais acentuada para aqueles que apresentaram menor conhecimento inicial.

Em termos de ensino, esse resultado aponta para a necessidade de fazermos uma sondagem inicial dos alunos, sobre os seus conhecimentos prévios, acerca do conteúdo estudado. Dessa maneira as novas estratégias de ensino poderão ser melhor direcionadas e adequadas para atender aos objetivos almejados, favorecendo de forma mais efetiva a aprendizagem dos estudantes.

Para identificar os fatores ou preditores de aprendizagem, aplicamos o teste de médias sobre as medidas obtidas pela modelagem Rasch e analisamos os mapas de episódios. Através do teste não constatamos diferenças significativas entre as médias, mas apenas uma tendência em relação a alguns preditores de aprendizagem. Neste sentido, fizemos uma análise de regressão múltipla para avaliar todos os preditores de uma única vez. Estes preditores foram: gênero, série e escola.

Verificamos que apenas o preditor escola, outro resultado deste estudo, consegue explicar a variância da população investigada. Apesar das evidências apontadas pelo gráfico de médias, verificamos que os preditores gênero e série não entraram no modelo explicativo. Este resultado pode estar associado à heterogeneidade da amostra, impossibilitando extrair elementos suficientes para explicar a influência desses fatores ou, que esses preditores não influenciam realmente a aprendizagem dos estudantes quando se trata do tipo de abordagem relatada neste estudo. Este resultado é algo que pode ser investigado em pesquisas futuras.

Dentre os preditores que entraram no modelo explicativo, a escola parece ser um preditor que teve influências sobre a aprendizagem. Entretanto, a variância explicada por este preditor foi muito baixa. Então nós temos um frágil indicativo de que há diferenças entre a aprendizagem dos sujeitos de escola particular e pública, quando aplicamos uma abordagem investigativa. Isso porque os estudantes da escola estadual parecem ter maior ganho com esse tipo de abordagem do que os estudantes da escola particular. Entretanto, como a variância do modelo explicativo apresenta fragilidade estatística, esta também é uma questão que deve ser repensada com mais cuidado em pesquisas futuras.

Ao analisar os mapas de episódios constatamos que, apesar da fragilidade estatística do preditor escola, as diferenças em termos de aprendizagem parecem estar associadas a este fator. Os resultados obtidos a partir desta análise corroboram com o resultado anterior, apontando que apesar das dificuldades (déficit de atenção, linguagem, deficiência motora ou demais fatores) os estudantes da escola pública têm um maior ganho no desempenho do que os estudantes da escola particular, como relatado a partir do gráfico de médias.

Um outro fator a ser considerado, resultante da análise dos mapas de episódios, são as temáticas (BARDIN, 1977) que surgem a partir dos sujeitos interagindo em cada uma das atividades investigativas. Os resultados apontam que os estudantes, apesar das dificuldades, tentam explicitar seu entendimento sobre os conteúdos através de explicações causais, ainda que num nível uni-estrutural, para os fenômenos estudados.

Estes resultados apontam que as diferenças do ganho do entendimento entre a escola pública e particular podem estar associadas a fatores como o contexto escolar, a formação dos professores, a estrutura da escola ou o contexto familiar. Além disso, o engajamento dos estudantes em atividades dessa natureza pode contribuir para a aprendizagem de conteúdos formais.

Para avaliar as mudanças de entendimento em termos da abordagem/ conteúdo, analisamos os mapas de itens de ambas as intervenções para verificar qual das abordagens favoreceu maior ganho de entendimento. Os mapas de itens, obtidos pela modelagem Rasch, nos fornecem as medidas de desempenho dos sujeitos e os índices de dificuldade dos itens, os quais foram comparados numa mesma “régua”. Analisamos três mapas de itens: pré-teste x amostra; exercícios x amostra; pós-teste x amostra. A partir dessas analises obtivemos os resultados sobre o tipo de abordagem/ conteúdo, da natureza das questões e dos níveis de complexidade do entendimento.

Em relação ao tipo de abordagem, a análise dos mapas de itens indicou que os itens correspondentes à atividade do submarino foram mais fáceis do que os itens relativos à atividade do ovo. Ficamos surpresos com este resultado, pois na nossa avaliação as atividades do ovo eram mais fáceis do que a atividade do submarino. A nossa interpretação é a de que a realização da atividade do submarino após a atividade do ovo fez com que os estudantes se familiarizassem com o tipo de atividade que nunca havia sido realizada em sala de aula. A princípio, na atividade do ovo (visto como novidade) os estudantes estavam aprendendo ao mesmo tempo as estratégias de como resolver o desafio e o conteúdo. Enquanto que, na atividade do submarino, o foco de atenção foi mais no conteúdo, uma vez que os estudantes já estavam um pouco mais familiarizados com esse tipo de atividade.

Outro fator que pode ter influenciado um ganho maior, em decorrência da atividade do submarino, é o engajamento dos estudantes durante esta atividade. Em

nossas análises, a influência do engajamento sobre o processo de aprendizagem não foi analisada. Entretanto, conseguimos identificar alguns elementos através dos mapas de episódios, que nos deram indícios de que este fator possa ter contribuído com o ganho, pois houve mais discussão, maior profundidade, mais atenção e empenho na atividade do submarino do que na atividade do ovo. Este também é um resultado que pode ser avaliado em pesquisas futuras, por entendermos a necessidade de avaliar os aspectos comportamentais e cognitivos do engajamento dos estudantes investigados em atividades dessa natureza.

Esses resultados apontados também são um forte indicativo, nas diferentes abordagens, de que a frequência das atividades investigativas pode ser um fator de influência da aprendizagem dos alunos. A recorrência de atividades investigativas (CARVALHO *et al.*, 1998, 2004, 2013; AZEVEDO, 2008; BAYERL, 2011) pode promover mudanças na forma como os estudantes aprendem e explicitam o entendimento sobre conceitos científicos (AMANTES, 2009). O processo de aprendizagem apresenta um caráter recursivo e, se este tipo de abordagem é feito em diferentes momentos do ensino, isso pode tornar o processo mais efetivo.

Outro resultado obtido a partir da análise dos mapas de itens foi em relação à natureza das questões respondidas pelos alunos. Nós verificamos que as questões de maior dificuldade são de natureza explicativa e levantamento de hipótese, em todos os testes aplicados. Isso pode estar relacionado ao fato de que os estudantes do terceiro ao quinto ano dos anos iniciais apresentam ainda, nessa fase de escolarização, dificuldades em expor explicações científicas e levantar hipóteses científicas sobre os fenômenos observados (GONÇALVES & CARVALHO, 1994; KAMII & DEVRIES, 1986; DEVRIES & SALES, 2013).

Entretanto, mesmo para esses itens, nós verificamos que os índices de dificuldade vão diminuindo, o que indica aprendizagem para esse tipo de habilidade. Ou seja, para todos os itens relacionados a essas questões, os índices de dificuldades diminuem à medida que os estudantes vão aprendendo os conteúdos e se familiarizando com as questões dos testes. Esse resultado indica que atividades de natureza investigativa podem promover um aumento das habilidades dos alunos em levantar hipóteses científicas e apontar explicações científicas sobre os fenômenos estudados.

Para identificar as mudanças de níveis de complexidade, analisamos os perfis de entendimento, cujos dados foram obtidos pela categorização das respostas dos estudantes em cada tarefa. Fizemos uma estatística descritiva para avaliar o comportamento desses níveis e verificamos, inicialmente, que os estudantes expressavam seu entendimento ainda no nível pré-estrutural e uni-estrutural. No entanto, após realizarem as atividades investigativas, a maioria dos estudantes conseguiu alcançar o nível multi-estrutural na atividade do pós-teste. Os níveis, relacional e abstrato estendido, foram pouco alcançados, embora houvesse um progresso nas atividades. Isso corrobora com a análise anterior no sentido de que o aspecto relacional das respostas dos estudantes não foi explicitado, embora tenha ocorrido um aumento dos níveis de entendimento.

Este resultado aponta para o fato de que a utilização de atividades investigativas como estratégia de ensino pode promover um aumento dos níveis de complexidade e se, direcionada de forma a atender os objetivos de ensino, pode promover o entendimento dos conceitos em níveis mais complexos, embora ainda no patamar concreto. Isso também se trata de uma pesquisa futura, por não haver prazo para repetição do estudo antes da conclusão do trabalho.

Acreditamos que uma das contribuições do nosso trabalho foi apresentar uma metodologia que compreende a classificação do entendimento em níveis de complexidade (pré-estrutural, uni-estrutural, multi-estrutural e relacional). Neste sentido, construímos um sistema categórico, baseado na Taxonomia SOLO (BIGGS & COLLIS, 1982), para classificar as respostas dos estudantes às questões abertas de cada uma das tarefas e identificar os níveis de maior complexidade alcançados por eles. Os dados categóricos foram transformados em dados dicotômicos e, assim, pudemos aplicar a modelagem dos dados. Através da modelagem Rasch, conseguimos avaliar o traço latente numa escala intervalar de medida, comparando o desempenho do sujeito e a dificuldade do item de cada tarefa.

As características metodológicas estão presentes na maneira como utilizamos os métodos qualitativos e quantitativos para obter medidas confiáveis, que nos permitam acessar e avaliar o entendimento. Entretanto, esta metodologia apresenta algumas limitações para descrever detalhes sobre o processo de aprendizagem. Na tentativa de obter o maior número possível de informações que nos permitissem analisar este processo, procuramos trabalhar com preditores de

aprendizagem, descrever o contexto de ensino, além de trabalhar somente com as medidas de desempenho dos sujeitos. Reconhecemos que nem mesmo estes elementos sejam suficientes para podermos descrever um processo tão complexo como é a aprendizagem. Entretanto, consideramos que os procedimentos metodológicos apresentados contribuíram para triangular dados de diferentes fontes e, com isso, favorecer um quadro mais amplo de análise do processo de aprendizagem.

Estes resultados têm implicações importantes para o ensino de Ciências, quando consideramos as estratégias de ensino que são desenvolvidas por professores das séries investigadas. Quando um conteúdo é introduzido, é importante levar em conta os aspectos teóricos e práticos para que tenhamos condições de avaliar qual o tipo de abordagem promove um aumento dos níveis de entendimento dos estudantes ou em qual delas os estudantes conseguem explicitar seu entendimento com maior facilidade. Além disso, é preciso considerar o discurso produzido nas atividades desenvolvidas.

Os resultados das diferentes análises – ganho do entendimento, mudanças do entendimento e fatores que influenciam o ganho, análise do entendimento em termos da abordagem/ conteúdo (análise dos itens), descrição do contexto e análise temática –, demonstraram que a aprendizagem de conceitos científicos resulta de um processo no qual a construção do conhecimento não é linear. O caráter recursivo, característico da aprendizagem, tem maior influência no ganho do entendimento desses conceitos. Isso indica a importância de introduzir atividades investigativas em diferentes momentos nos anos iniciais para ensinar conceitos Físicos e promover mudanças do traço latente, aumentando o nível de complexidade com que os estudantes aprendem a expressar seu entendimento sobre esses conceitos. Esse pode ser um caminho promissor no sentido de facilitar o entendimento de conceitos que demandam um nível de abstração maior no decorrer da vida escolar.

Esta pesquisa possui limitações do ponto de vista metodológico no que se refere à análise do contexto e do caráter amostral. Entretanto, ela tem uma contribuição no sentido de apontar elementos relevantes para se pensar a abordagem de ensino de caráter investigativo nos anos iniciais, indicando que este tipo de abordagem pode influenciar no desenvolvimento de habilidades relacionadas

ao entendimento de conceitos abstratos. Ela aponta para alguns procedimentos a serem realizados em pesquisas futuras, levantando questões tais como: Qual a influência da maturidade?; Qual a influência do contexto escolar?; Qual a influência da formação dos professores na utilização da abordagem investigativa para a aprendizagem de conteúdos (abstratos)?

Entendemos que, também do ponto de vista metodológico, essa pesquisa traz contribuições no sentido de fornecer parâmetros para a triangulação de dados. Salientamos que o trabalho desenvolvido não se encerra com seu fim, pois vislumbramos apontamentos diversos que se configuram como questões em potencial para pesquisa futura.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Maria. A. V. de, et al.. Entre o sonho e a realidade: comparando concepções de professores de 1ª A 4ª séries sobre ensino de ciências com as propostas dos PCNs. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. São Paulo, v.1, n.2, mai/ago. (2001).

AMANTES, A. Dissertação (Mestrado em Educação). O Entendimento de estudantes do ensino médio sobre sistemas de referência e movimento relativo. Belo Horizonte, MG, Brasil. (2005).

AMANTES, A., & BORGES, Oto. Uso da taxonomia SOLO como ferramenta metodológica na pesquisa educacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6, Florianópolis. Anais...Belo Horizonte: FAE\UFMG, 2008. v. Único. p. 1-12. (2008).

AMANTES, A. Tese (Doutorado em Educação). Contextualização no Ensino de Física: Efeitos sobre a evolução do entendimento dos estudantes. Belo Horizonte, MG, Brasil. (2009).

AMANTES, A.; COELHO, G., & MARINHO, R. A aprendizagem de conteúdos científicos e tecnológicos em uma intervenção educacional. Atas do VIII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. I CIEC – Congresso Iberoamericano de Investigación em Enseñanza de las Ciéncias. 2011. Disponível em: www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0475-1.pdf. Acessado em: 18 de fevereiro de 2016.

AMANTES, A., & OLIVEIRA, E.. A construção e o uso de sistemas de categorias para avaliar o entendimento dos estudantes. Revista Ensaio, Belo Horizonte, v.14, n. 02, p. 61-79, maio-ago. (2012).

AMANTES, A., & COELHO, G. Modelos Politômicos. *In* GOLINO, H. F. (Org.) *Psicometria Contemporânea. Compreendendo os Modelos Rasch.* São Paulo: Casa do Psicólogo, 2015.

ANDRADE, G. T. B. de. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas. Revista Ensaio, Belo Horizonte, v. 13, nº 1, p. 121-138, jan-abr. (2011).

ANDRADE, M. L. F., & MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. Ciência & Educação, Bauru, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132011000400005>. Acesso em: 20 jan. 2016.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: Problematizando as Atividades em Sala de Aula. *In* CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*. São Paulo: Ed. Thomson. (2004).

AZEVEDO, M. C. P. S. Situações de Ensino – Aprendizagem: Análise de uma seqüência didática de física a partir da Teoria das Situações de Brousseau. Dissertação (Mestrado em Educação) Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. (2008)

BAYERL, G. da Silva. O ensino de Ciências Física nos anos iniciais: o experimento como fator estimulante na aprendizagem. Monografia ao Programa de Especialização em Ensino na Educação Básica da Universidade Federal do Espírito Santo. (2011).

BIGGS, J., & COLLIS, K. Evaluating the quality of learning: the SOLO taxonomy. New York: Academic Press. (1982).

BIGGS, J., & COLLIS, K. Multimodal Learning and the quality of intelligent behavior. In: ROWE, Helga A. H. (Ed.). Intelligence: reconceptualization and measurement. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, Cap. 5, p.57-76. (1991).

BIGGS, J., & TANG, C. The Society for Research into Higher Education & Open University Press. Teaching for Quality Learning at University. Terceira Edição. (2007).
BOND, T. G., & FOX, C. M. Applying the Rasch Model: Fundamental Measurement in the Human Sciences. Second Edition. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2007.
BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental: Documento introdutório. Brasília, 1995.
BRASIL. Ministério da Cultura e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais 5ª a 8ª séries. Brasília, 1998.
BARDIN, L. Análise de Conteúdo. Presses Universitaires de france, Edições 70 Lda., 228p., 1977
CAVANAGH, R.F., & ROMANOSKI, J.T. Rating scale instruments and measurement. Learning Environments Research, 9(3), 273-289, 2006.
CARVALHO, A. M. P. (Org.). Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática. S.P., Ed. Thomson. (2004).
CARVALHO, A. M. P. *et al.*. Ensino de Ciências no Ensino Fundamental: O Conhecimento Físico. São Paulo: Editora Scipione. (2009).
CARVALHO, A. M. P. (2011). Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativo (SEI). In: Longhini, M. D. (org). *O uno e o diverso na educação*. Uberlândia, MG: EDUFU, 2011.
CARVALHO, A. M. P. (Org.). Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning. (2013).
COELHO, G. Tese. A evolução do entendimento dos estudantes em eletricidade: um estudo longitudinal. Belo Horizonte, MG. (2011).
COMMONS, M. L., et al.. Hierarchical complexity of tasks shows the existence of developmental stages. Developmental Review, 18, 237-278, 1998.
DEVRIES, R., & SALES, C. O ensino de física para crianças de 3 a 8 anos: uma abordagem construtivista. Tradução Técnica: Marta Rabioglio. Porto Alegre: Penso, 120p., 2013.
DAWSON, T. L.; WILSON, M. The LAAS: A computerizes developmental scoring system for small - and large-scale assessments. Educational Assessment, v. 9, p. 153-191, 2004.
DAWSON, Theo L., & STEIN, Z. Cycles of research and application in education: Learning pathways for energy concepts. Mind, Brain, e Education, v. 2, n. 2, p. 90-103. (2008).
DAWSON, T. L. Stage-like patterns in the development of conceptions of energy. In X. Liu & W. Boone (Eds.), Applications of Rasch measurement in science education. Maple Grove, MN: JAM Press. , 111-136, 2006.
FISCHER, K.. A theory of cognitive development: The control and construction of hierarchies of skills. Psychological Review, 87, 477-531. (1980).
FORÇA, A. C.; LABURÚ, C. E., & SILVA, O. H. M. Atividades Experimentais no ensino de Física: Teoria e Práticas. ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v.6, n.3, p.87-105, novembro (2013)
GADÉA, S. J. S., & AMANTES, A. Uma ferramenta metodológica para avaliar o entendimento de estudantes dos anos iniciais em uma atividade investigativa. In: XV Encontro de Pesquisa e Ensino de Física (XV EPEF), Maresias São Sebastião SP. Anais do XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. (2014).
GADÉA, S. J. S., & AMANTES, A. Mapa de Itens: uma estratégia de análise do entendimento de estudantes dos anos iniciais sobre flutuação. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (X ENPEC), Água de Lindóia, SP. Anais do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. (2015).
GONÇALVES, M.E.R., & CARVALHO, A.M.P. (1994c). Conhecimento físico nas primeiras séries do 1º grau: O problema do submarino. Caderno de Pesquisa, 90, p. 72-80.

GRALA, R. M.. Dissertação. Favorecendo a aquisição de conceitos científicos em crianças de 06 anos com a introdução precoce de situações problemáticas de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – RS. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Porto Alegre. (2006).
GUTTMAN, L. A basis for scaling qualitative data. American Sociological Review, n. 9, p. 139-150. (1944).
HAMBURGER, E. W. A popularização da ciência no Brasil. In: CRESTANA, S. (Coord.); HAMBURGER, E. W.; SILVA, D. M.; MASCARENHAS, S. (Orgs.). Educação para a Ciência: curso para treinamento em Centros e Museus de Ciência. São Paulo: Livraria da Física, p. 31-40. (2001).
INHELDER, B. & PIAGET, J. Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente. Tradução de Dante Moreira Leite. São Paulo, Pioneira. (1976).
KAMII, C., & DEVRIES, R. O conhecimento físico na educação pré-escolar: implicações da teoria de Piaget. Porto Alegre, Artes Médicas. (1986)
LINACRE, J., & WRIGHT, B. D. WINSTEPS (Programa de computador). Chicago: MESA Press. (2000).
LINACRE, J. M. A user's guide to Winsteps Ministep: Rasch-Model Computer Programs. Winsteps.com, Chicago, 2009.
LINACRE, J. M. Rasch-Model Computer Programs. (2012). Acesso em 04 de jul de 2014, disponível em W I N S T E P S: winsteps.com.
MAGUIRE, T. O. The use of the SOLO taxonomy for evaluating a program for gifted students. Armidale, NSW, dez, 1988.
MEAD, R. A Rasch primer: the measurement theory of Georg Rasch. *Psychometrics services research memorandum*. Maple Grove: Data Recognition Corporation, 2008.
MENESTRIN, T. C.; KOLACEKE, A. P., & SOETHE, V. L. Elaboração de material didático de física para as anos iniciais do ensino fundamental. 6º Encontro de Extensão da UDESC, 19-20 de Maio, Joinville. (2011).
MILLAR, R. A means to an end: the role of process in science education. In: WOOLNOUGH, B. (ed.) Practical Science. Milton Keynes: Open University Press, 1991. p. 43-52.
NASCIMENTO, C., & BARBOSA-LIMA, Maria da Conceição. O ensino de física nos anos iniciais no ensino fundamental: lendo e escrevendo histórias. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. Vol. 6, n. 3. (2006).
OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A., & SILVEIRA, F. L. A Física na Formação de Professores para as Anos iniciais. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 14, nº 2. (1992). Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol14a18.pdf.
PASQUALI, Luiz (Org.). Teoria e Métodos de Medida em Ciências do Comportamento. Brasília: Laboratório de Pesquisa em Avaliação e Medida / Instituto de Psicologia / UnB: INEP, 432p., 1966.
PASQUALI, Luiz. Psicometria: teoria dos testes na psicologia e na educação. Petrópolis: Vozes, 2003. 395p.
PASQUALI, Luiz. Psicometria. Rev. esc. enferm. USP vol.43, no.spe São Paulo Dec. 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0080-62342009000500002. Acesso em: 14 de out. de 2015.
PARZIALE, J. (2002). Observing the dynamics of construction: Children building bridges and new ideas. In N. Granott & J. Parziale (Eds.), Microdevelopment: Transition processes in development and learning (pp. 157–180). New York: Cambridge University Press.
PIAGET, J., & GARCIA, R. Las explicaciones causales. Barcelona, Barral Editores, 1973.
PIAGET, J. Aprendizagem e conhecimento. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, [1959], 1974.

PIAGET, J. A tomada de consciência. São Paulo, Melhoramentos. [1974a] 1977.
PIAGET, J. Psicologia e epistemologia – por uma teoria do conhecimento. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1978.
PIAGET, J. A linguagem e o pensamento da criança. São Paulo: Martins Fontes, 1983.
PORTELA, C. D. P., & Higa, I. O ensino de física nos anos iniciais do Ensino Fundamental: uma experiência na formação de professores. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO - EDUCERE, VII, 2007, Curitiba. Anais. v. 1, p. 2652-2662. (2007).
PORTO, K.. Dissertação. Avaliando o entendimento de estudantes surdos e ouvintes de ensino médio sobre cinemática em um contexto de educação inclusiva. Salvador, BA. (2014).
PORTO, S. C. C.. Dissertação Laboratório Virtual X Laboratório Material: Investigando a Natureza do Entendimento Construído em Dois Ambientes de Aprendizagem. Salvador, BA. (2015).
RASCH, G.. Probabilistic Models for some Intelligence and Attainment Tests. Chicago, IL USA: University of Chicago Press. (1960).
RODRIGUES, B.A.; BORGES, A.T. O ensino de ciências por investigação: uma reconstrução histórica. Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Curitiba, 2008.
ROSA, C. W.; ROSA, A. B., & PECATTI, C. Atividades experimentais nos anos iniciais: relato de uma investigação. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. Vol. 6, Nº 2, 263-274, 2007.
SANTANA, S. M.; ROAZZI, A., & DIAS, Maria das Graças B. B. Paradigmas do desenvolvimento cognitivo: uma breve retrospectiva. Estud. psicol. (Natal) vol.11 no.1 Natal Jan./Apr. 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-294X2006000100009
SCHROEDER, C.. Uma proposta para a inclusão da Física nos anos iniciais do Ensino Fundamental. Experiências em Ensino de Ciências V1(1), pp. 23-32. (2006). Disponível em: http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID16/pdf/2006_1_1_16.pdf.
SCHROEDER, C.. A importância da física nas quatro primeiras séries do ensino fundamental. Escola Panamericana, Porto Alegre, RS, Brasil. (2007). Disponível em: http://uenf.br/Uenf/Downloads/LCFIS_7859_1276288537.pdf.
SOUZA JÚNIOR, D. R., & COELHO, G. Ensino por investigação: problematizando as aprendizagens em uma atividade sobre condutividade elétrica. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013. Disponível em: http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0600-1.pdf. Acesso em: 02 de nov. de 2015.
WRIGHT, B.D., & MASTERS, G.N. (1982). Rating scale analysis. Chicago: Mesa Press.
WRIGHT, B.D. Measurement for social science and education: A history of social science measurement. Chicago, IL: MESA Psychometric Laboratory, 1997.
ZANON, D. A. V., & FREITAS, D. A aula de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. Ciências & Cognição, Vol 10: 93-103. (2007). Disponível em: http://www.cienciasecognicao.org.
ZANON, L. B., & UHMANN, R. I. M. O desafio de inserir a experimentação no ensino de Ciências e entender a sua função pedagógica. In: XVI Encontro Nacional de Ensino de Química - ENEQ, 2012, Salvador - Bahia. Anais do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química - ENEQ
ZOMPERO, A. F., & LABURU, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. Ensaio: pesquisa em educação em ciências, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011. Disponível em: Acesso em: 21 set. 2013.

APÊNDICES

Apêndice 1: Banco de questões do Pré-teste.

Avaliação de conhecimento prévio.

1. Faça um desenho mostrando o que você acha que acontece se você fizer uma bolinha com a massinha de modelar e colocar ela dentro da água.

2. O que você acha que acontece se colocarmos o ovo num copo contendo óleo de cozinha?

3. Faça um desenho e escreva, mostrando o que você acha que acontece com um submarino se colocarmos uma pedra (grande) dentro dele. Explique.

4. Analise a seguinte situação: um ovo é colocado dentro de um recipiente contendo água e, em determinado momento colocamos sal na água e vamos aumentando a quantidade de sal. Diante desta situação observe a figura e assinale V (para verdadeiro) e F (para falso) nas alternativas a seguir:

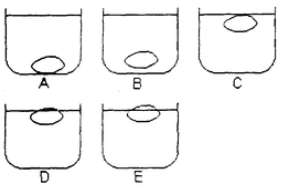


Figura 12: Flutua ou afunda.

a) ( ) No desenho A, a água é pura.
b) ( ) O ovo é mais pesado do que a água sem sal e por isso afunda.
c) ( ) No desenho B a água não é totalmente pura.

d) ( ) Quanto maior for a quantidade de sal na água o ovo vai ficando mais leve e por isso flutua.
e) ( ) No desenho D a água tem mais sal do que no desenho E.
f) ( ) Na situação C a água tem mais sal do que em E.
g) ( ) O peso do ovo em B é maior do que o peso do ovo em A.

5. Observe o desenho abaixo e analise as questões que se seguem, assinalando V (para verdadeiro) ou F (para falso) nas alternativas a seguir.

(a) Barco.

(b) Submarino.

Figura 13: Representação do barco e do submarino na água.

a) ( ) O barco e submarino flutuam, porque são mais leves do que a água.
b) ( ) Para afundar o submarino tem que ficar mais pesado do que a água.
c) ( ) Para ficar mais pesado do que a água o submarino deve jogar fora a água que está dentro dele.
d) ( ) Para poder ficar parado dentro da água o peso do submarino tem que ser igual ao peso da água.
e) ( ) Quando o submarino tem muito ar dentro dele, fica mais leve do que a água.

6. Por que os navios flutuam e os submarinos afundam?

Apêndice 2: Banco de questões do Pós-teste.

Avaliação de conhecimento após atividade investigativa.

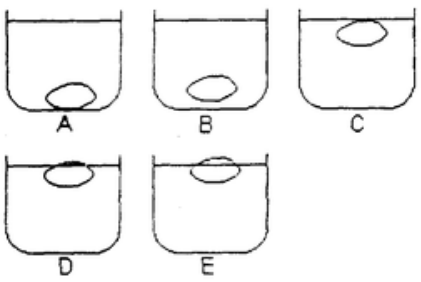
1. O que você acha que acontece se colocarmos o ovo num copo contendo óleo de cozinha?

2. Faça um desenho mostrando o que você acha que acontece com um ovo, se colocarmos ele num copo contendo água pura.

3. Onde é mais fácil uma pessoa flutuar, na água do mar ou na piscina? Por quê?

4. O que acontece se colocarmos uma pequena pedra dentro do submarino? Explique.

5. Analise a seguinte situação: um ovo é colocado dentro de um recipiente contendo água e, em determinado momento colocamos sal na água e vamos aumentando a quantidade de sal. Diante desta situação observe a figura e assinale V (para verdadeiro) e F (para falso) nas alternativas a seguir:



a) ( ) Em A e B o ovo está mais leve do que em E.
b) ( ) O sal deixa a água mais densa (pesada) do que o ovo e por isso ele flutua.
c) ( ) Na situação C a água tem mais sal do que em E.
d) ( ) O peso do ovo em B é maior do que o peso do ovo em A.
e) ( ) O peso do ovo em E é igual ao peso do ovo em D.
f) ( ) No desenho A, a água é pura.
g) ( ) O ovo é mais pesado do que a água sem sal e por isso afunda.

6. Observe o desenho abaixo e analise as questões que se seguem, assinalando V (para verdadeiro) ou F (para falso) nas alternativas a seguir.

(a) Barco.

(b) Submarino.

a) ( ) Quando entra água no barco ele fica mais leve do que a água e por isso ele afunda.
b) ( ) Para subir o submarino tem que se encher de ar.
c) ( ) O barco e submarino flutuam, porque são mais leves do que a água.
d) ( ) Para afundar o submarino tem que ficar mais pesado do que a água.
e) ( ) Para ficar mais pesado do que a água o submarino deve jogar fora a água que está dentro dele.

Apêndice 3: Banco de questões das intervenções.

Intervenção 1 – Experimento de Flutuação do Ovo

1. O ovo afunda ou flutua na água pura? Por quê?

_____
_____

2. Por que o ovo flutua de um jeito e afunda do outro?

_____
_____

3. Qual a diferença em colocar o ovo para flutuar na água com sal e na água com açúcar?

_____
_____

Intervenção 2 – Experimento de Flutuação do Submarino

1) O submarino flutua ou afunda? Por quê?

_____
_____

2) O que foi feito para que o submarino flutue?

_____
_____

3) O que acontece dentro do submarino para que ele afunde?

_____
_____

4) Por que ele afunda numa situação e flutua na outra?

_____
_____

Apêndice 4: Classificação da natureza das questões do banco de questões do pré-teste.

		Natureza das questões	
		Descritiva/Causalidade e Efeito	**Explicativa/Levantamento de Hipótese**
Descrição da natureza das questões		Os estudantes descrevem o que ocorreu e também suas ações para resolver o desafio.	Os estudantes devem explicar o que observam, pontuando uma explicação hipotética para o fenômeno.
Questões do pré-teste	**Faça um desenho mostrando o que você acha que acontece se você fizer uma bolinha com a massinha de modelar e colocar ela dentro da água.**	Faça um desenho mostrando o que você acha que acontece se você fizer uma bolinha com a massinha de modelar e colocar ela dentro da água.	
	O que você acha que acontece se colocarmos o ovo num copo contendo óleo de cozinha?		O que você acha que acontece se colocarmos o ovo num copo contendo óleo de cozinha?
	Faça um desenho e escreva, mostrando o que você acha que acontece com um submarino se colocarmos uma pedra (grande) dentro dele. Explique.	Faça um desenho e escreva, mostrando o que você acha que acontece com um submarino se colocarmos uma pedra (grande) dentro dele.	Explique.
	Por que os navios flutuam e os submarinos afundam?		Por que os navios flutuam e os submarinos afundam?

Apêndice 5: Classificação da natureza das questões do banco de questões do pós-teste.

		Natureza das questões	
		Descritiva/Causalidade e Efeito	**Explicativa/Levantamento de Hipótese**
Descrição da natureza das questões		Os estudantes descrevem o que ocorreu e também suas ações para resolver o desafio.	Os estudantes devem explicar o que observam, pontuando uma explicação hipotética para o fenômeno.
Questões do pós-teste	**O que você acha que acontece se colocarmos o ovo num copo contendo óleo de cozinha?**		O que você acha que acontece se colocarmos o num copo contendo óleo de cozinha?
	Faça um desenho mostrando o que você acha que acontece com um ovo, se colocarmos ele num copo contendo água pura.	Faça um desenho mostrando o que você acha que acontece com um ovo, se colocarmos ele num copo contendo água pura.	
	Onde é mais fácil uma pessoa flutuar, na água do mar ou na piscina? Por quê?		Onde é mais fácil uma pessoa flutuar, na água do mar ou na piscina? Por quê?
	O que acontece se colocarmos uma pequena pedra dentro do submarino? Explique.		O que acontece se colocarmos uma pequena pedra dentro do submarino? Explique.

Apêndice 6: Teste de Análise da Variância (ANOVA) e estatísticas residuais das proficiências em relação ao conhecimento inicial

RESUMO DO MODELO

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,552[a]	,305	,298	,80003	2,313
a. Predictors: (Constant), Preteste					
b. Dependent Variable: Ganho P-P					

ANOVA

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	26,128	1	26,128	40,822	,000[a]
	Residual	59,525	93	,640		
	Total	85,653	94			
a. Predictors: (Constant), Preteste						
b. Dependent Variable: Ganho P-P						

COEFICIENTES

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,413	,107		3,874	,000
	Preteste	-,726	,114	-,552	-6,389	,000
a. Dependent Variable: Ganho P-P						

ESTATÍSTICAS RESIDUAIS

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-,7486	1,9156	,8471	,52722	95
Residual	-2,75962	2,06826	,00000	,79577	95
Std. Predicted Value	-3,027	2,027	,000	1,000	95
Std. Residual	-3,449	2,585	,000	,995	95
a. Dependent Variable: Ganho P-P					

Apêndice 7: Teste de Análise da Variância (ANOVA) e comparações múltiplas das proficiências em relação às séries

TESTE DE HOMOGENEIDADE DE VARIÂNCIAS

Ganho P-P

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,424	2	92	,246

ANOVA

Ganho P-P

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3,419	2	1,710	1,913	,154
Within Groups	82,234	92	,894		
Total	85,653	94			

COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS

Dependent Variable:Ganho P-P

	(I) Série		(J) Série		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
Bonferroni	dimension2	3	dimension3	4	,48129	,25236	,179
				5	,35607	,24347	,441
		4	dimension3	3	-,48129	,25236	,179
				5	-,12521	,22684	1,000
		5	dimension3	3	-,35607	,24347	,441
				4	,12521	,22684	1,000
Tamhane	dimension2	3	dimension3	4	,48129	,25247	,174
				5	,35607	,22549	,319
		4	dimension3	3	-,48129	,25247	,174
				5	-,12521	,23708	,936

		5	dimension3	3	-,35607	,22549	,319
				4	,12521	,23708	,936

Apêndice 8: Teste de Análise da Variância (ANOVA) em relação às escolas, gênero e séries

RESUMO DO MODELO

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,217[a]	,047	,037	,93692	2,065
a. Predictors: (Constant), EscolaX					
b. Dependent Variable: Ganho P-P					

ANOVA

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4,016	1	4,016	4,575	,035[a]
	Residual	81,637	93	,878		
	Total	85,653	94			
a. Predictors: (Constant), EscolaX						
b. Dependent Variable: Ganho P-P						

COEFICIENTES

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,240	,300		,802	,425
	EscolaX	,412	,193	,217	2,139	,035
a. Dependent Variable: Ganho P-P						

VARIÁVEIS EXCLUÍDAS

Model		Beta In	T	Sig.	Partial Correlation
1	GêneroX	,133[a]	1,315	,192	,136
	Série	-,143[a]	-1,418	,159	-,146
	TurmaX	-,044[a]	-,162	,872	-,017
a. Predictors in the Model: (Constant), EscolaX					
b. Dependent Variable: Ganho P-P					

VARIÁVEIS EXCLUÍDAS

Model		Collinearity Statistics		
		Tolerance	VIF	Minimum Tolerance
1	GêneroX	1,000	1,000	1,000
	Série	,998	1,002	,998
	TurmaX	,139	7,211	,139

b. Dependent Variable: Ganho P-P

ESTATÍSTICAS RESIDUAIS

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	,6520	1,0638	,8471	,20669	95
Residual	-2,22200	1,51622	,00000	,93192	95
Std. Predicted Value	-,944	1,049	,000	1,000	95
Std. Residual	-2,372	1,618	,000	,995	95
a. Dependent Variable: Ganho P-P					

ANEXOS

ANEXO 1: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do projeto: **Aprendizagem sobre flutuação nos anos iniciais através da inserção de atividades investigativas**

Pesquisadores responsáveis: Profª. Drª. Amanda Amantes Neiva Ribeiro (orientadora)

Prof. Rodrigo Drumond Vieira (Coorientador)
Sirlley Jackelline Silva Gadéa (Mestranda)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (Pais ou Responsáveis)

Senhores Pais:

Seu (sua) filho (a) está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a) , em uma pesquisa educacional.

Durante as aulas de Ciências seu (sua) filho (a) estudará uma unidade especialmente desenvolvida para lhe ensinar os conceitos físicos envolvidos no conteúdo de flutuação. Nesta unidade serão propostas algumas atividades que envolvem leitura, manipulação de experimentos e questões fechadas e abertas, as quais devem ser respondidas como tarefas escolares usuais. O professor poderá, ou não, avaliar tais atividades e corrigi-las como parte do processo de avaliação do seu desempenho em Ciências.

Nesta pesquisa pretendemos investigar como os materiais, recursos, procedimentos e processos utilizados em suas aulas de Ciências contribuem para a sua aprendizagem de conceitos físicos. Para isso (i) pretendemos analisar as anotações e respostas registradas por escrito nas folhas de atividades, cadernos e testes de seus filhos; (ii) gravar em áudio, as falas e conversas dos estudantes durante as aulas de Ciências e (iii) filmar alguns grupos de alunos enquanto realizam suas atividades. Este estudo produzirá conhecimento educacional relevante para nós, para nossos futuros(as) alunos(as) e para outros professores e seus alunos. É conhecimento socialmente relevante.

Pedimos a sua autorização para: (i) analisar os registros escritos de seus filhos; (ii) para gravar em áudio as falas e conversas de seu (sua) filho (a) com colegas durante as aulas de Ciências e (iii) gravar em vídeo as atividades de seu (sua) filho (a) na sala de aula de ciências enquanto realiza as tarefas propostas.

Caso você não autorize a análise dos registros escritos pelos seus filhos, ainda assim eles serão coletados, porém nós não os utilizaremos em nosso estudo e nem os manteremos em bancos de dados. Eles poderão, entretanto, serem usados pelo professor e para fins didáticos: como exercício escolar ou como parte da avaliação escolar.

Caso você não autorize a gravação em áudio das falas e conversas de seu (sua) filho (a) com colegas durante as aulas de Ciências e/ou a gravação em vídeo de suas atividades na sala de aula enquanto realiza as tarefas propostas, respeitaremos sua decisão e não faremos gravação em áudio ou vídeo do grupo de seu (sua) filho (a). Em quaisquer dos casos a recusa não acarretará nenhuma sanção ao seu (sua) filho (a). A recusa também não eximirá seu (sua) filho (a) de participar normalmente das atividades escolares e do estudo da unidade de ensino.

Se o senhor concordar com o uso dos registros de seu (sua) filho (a) nesta pesquisa, podemos lhe garantir que: (i) nos nossos procedimentos de análise adotaremos procedimentos para preservar a identidade e resguardar a privacidade de seu (sua) filho (a); (ii) o professor de Ciências não utilizará os resultados de nossa análise para avaliar ou para analisar o desempenho de seu (sua) filho (a); (iii) ao divulgarmos os resultados do estudo adotaremos procedimentos que impeçam que seu (sua) filho (a) seja identificado.

Se o senhor concordar com a participação do seu (sua) filho (a) na pesquisa, nós também lhe pedimos autorização para manter os dados em um banco de dados para outras pesquisas educacionais a serem eventualmente realizadas no futuro. Os compromissos assumidos acima permanecerão válidos para esse banco de dados, em arquivos digitais. O Comitê de ética na pesquisa será comunicado de qualquer nova pesquisa a ser realizada analisando os dados de seu (sua) filho (a).

Caso o senhor não concorde com a manutenção dos dados de seu (sua) filho (a) no banco de dados, nós os destruiremos tão logo a pesquisa termine.

Seu (sua) filho (a) não terá benefício direto – não receberá vantagem de qualquer espécie - pela sua participação nesta pesquisa. Os benefícios que ele possa vir a ter serão difusos e indiretos, na medida em que o que aprendermos servirá para desenvolvermos o ensino de Ciências, e que poderá beneficiar nossos(as) alunos(as) presentes e futuros. Por outro lado, não identificamos qualquer risco potencial da participação de seu (sua) filho (a) no estudo.

Caso o senhor dê seu consentimento e, posteriormente mude de ideia, poderá retirar o consentimento a qualquer momento que assim o desejar, sem que isso traga qualquer sanção a seu (sua) filho (a). Em caso de dúvida sobre a adequação dos procedimentos que estamos usando, o senhor pode procurar os pesquisadores responsáveis para esclarecer suas dúvidas. Caso persistam dúvidas, o senhor poderá procurar o Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais pelo telefone (31) 3499 4592 ou pelo endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627- Unidade Administrativa II- 2º andar- Campus Pampulha Belo Horizonte- MG-Cep: 31 270 901.

Os conhecimentos resultantes deste estudo serão divulgados em revistas especializadas, em congressos e simpósios sobre pesquisas educacionais e em uma Tese de Doutorado. Abaixo estão os dados relativos a este projeto.

Título do projeto: **Aprendizagem sobre flutuação nos anos iniciais através da inserção de atividades investigativas**

Pesquisador responsável: Profª. Drª Amanda Amantes Neiva Ribeiro (orientadora)
Instituição: Instituto de Física –UFBA

Telefone para contato: (71) 3283-6608 / FAX (71) 3283-6606

Pesquisador co-responsável: Sirlley Jackelline Silva Gadéa (Mestranda)

Telefone para contato: (75) 9131-6407/ 3623-7278

Instituto de Física da UFBA, Campus universitário de Ondina.

CEP 40170-115, Salvador - Bahia - Brasil.

Objetivo do estudo: Investigar o entendimento dos estudantes do terceiro (3º) ao quinto (5º) ano do Ensino Fundamental sobre conceitos físicos relacionados ao conteúdo de flutuação, quando realizam uma atividade experimental de natureza investigativa.

Assinatura da Orientadora de Pesquisa Profª. Drª. Amanda Amantes Neiva Ribeiro e-mail: profamandaamantes@gmail.com Telefone: (71) 3283-6608 Universidade Federal da Bahia - Instituto de Física da UFBA, Campus universitário de Ondina CEP 40170-115, Salvador - Bahia - Brasil.	Assinatura da Pesquisadora Responsável Sirlley Jackelline Silva Gadéa e-mail: sirlley_gadea@yahoo.com.br Telefone: (75) 9131-6407 Universidade Federal da Bahia - Instituto de Física da UFBA, Campus universitário de Ondina CEP 40170-115, Salvador - Bahia - Brasil.

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DO(A) FILHO(A) COMO SUJEITO

Eu li e entendi as informações e os detalhes descritos nesse documento.

Entendi que receberei uma cópia assinada e datada deste documento de consentimento informado.

Entendo que eu sou livre para autorizar ou não a participação de meu(minha) filho(a) na pesquisa e que posso interromper a participação dele(a) a qualquer momento.

Os registros escritos feitos por meu(minha) filho(a) – pré-teste, pós-testes, respostas às questões e demais anotações que fará durante as aulas de Ciências, coletados para o estudo, podem ser usados para a pesquisa acima descrita. ( ) Eu concordo. ( ) Eu não concordo.

As falas de meu(minha) filho(a) e suas conversas com colegas gravadas em áudio durante as aulas de Ciências, podem ser usados para a pesquisa acima descrita. ( ) Eu concordo. ( ) Eu não concordo.

As imagens de meu(minha) filho(a), suas falas e suas conversas com colegas gravadas em vídeo durantes as aulas de Ciências, podem ser usados para a pesquisa acima descrita. ( ) Eu concordo. ( ) Eu não concordo.

Os dados escritos produzidos por meu(minha) filho(a) podem ser coletados para o estudo, podem ser guardados em banco de dados e utilizados em outras pesquisas de natureza educacional. ( ) Eu concordo. ( ) Eu não concordo.

Os dados gravados em áudio relativos ao(a) meu(minha) filho(a) coletados para o estudo podem ser guardados em banco e dados e utilizados em outras pesquisas de natureza educacional. ( ) Eu concordo. ( ) Eu não concordo.

Os dados gravados em vídeo relativos ao(a) meu(minha) filho(a) coletados para o estudo podem ser guardados em banco e dados e utilizados em outras pesquisas de natureza educacional. ( ) Eu concordo. ( ) Eu não concordo.

Feira de Santana, _____ de _____ de 2014

Nome do(a) Responsável:_____

Nome do(a) Filho(a):_____