

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul)
Câmpus Pelotas - Visconde da Graça (CaVG)
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação (PPGCITED)
Mestrado Profissional em Ciências e Tecnologias na Educação

**O pensamento algébrico na resolução de equações em funções
do primeiro grau e o uso da simulação digital “Explorador da
Igualdade” da plataforma PhET**

MARCOS MÜLLING EWALD

ORIENTADOR: Prof. Dr. Vinicius Carvalho Beck

Pelotas - RS
Dezembro/2025

MARCOS MÜLLING EWALD

O pensamento algébrico na resolução de equações em funções do primeiro grau e o uso da simulação digital “Explorador da Igualdade” da plataforma PhET

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação do Câmpus Pelotas - Visconde da Graça do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências e Tecnologias na Educação.

Pelotas - RS
Dezembro/2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul)
Câmpus Pelotas - Visconde da Graça (CaVG)
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação (PPGCITED)
Mestrado Profissional em Ciências e Tecnologias na Educação

MARCOS MÜLLING EWALD

**O pensamento algébrico na resolução de equações em funções
do primeiro grau e o uso da simulação digital “Explorador da
Igualdade” da plataforma PhET**

Dissertação de Mestrado Profissional defendida em: 15/12/2025.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Vinicius Carvalho Beck
Orientador – IFSul/CaVG

Prof^a. Dr^a. Andréia Sias Rodrigues
IFSul/CaVG

Prof^a. Dr^a. Rita de Cássia de Souza Soares Ramos
Universidade Federal de Pelotas - UFPel

Prof^a. Dr^a. Denise Nascimento Silveira
Universidade Federal de Pelotas - UFPel

Ficha catalográfica

E94p

Ewald, Marcos Mülling

O pensamento algébrico na resolução de equações em funções do primeiro grau e o uso da simulação digital “Explorador da Igualdade” da plataforma PhET/ Marcos Mülling Ewald. – 2025.

99 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Câmpus Pelotas Visconde da Graça, Programa de Pós - graduação em Ciências e Tecnologias da Educação, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Vinicius Carvalho Beck.

1. Tecnologias na educação. 2. Simulação digital. 3. Ensino de matemática. 4. Equações algébricas. I. Beck, Vinicius Carvalho (ori.), II. Título.

CDU: 378.046-021.68:331.45

Catálogo na fonte elaborada pelo Bibliotecário
Vitor Gonçalves Dias CRB 10/1938
Câmpus Pelotas Visconde da Graça

DEDICATÓRIA

À minha madrastra Cléia Becker, ao meu
Pai Silvo Ewald e ao meu namorado
Geraldo Oliveira.

AGRADECIMENTOS

À instituição em que esta pesquisa foi realizada, especialmente aos alunos e ao diretor, expresso minha sincera gratidão.

Ao orientador, Prof. Dr. Vinicius Carvalho Beck, agradeço pela paciência, colaboração e dedicação ao longo de todo o desenvolvimento desta pesquisa.

À banca examinadora desta pesquisa: Prof.^a Dr.^a Andréia Sias Rodrigues, Prof. Dr. João Alberto da Silva e Prof.^a Dr.^a Rita de Cássia de Souza Soares Ramos, manifesto meu reconhecimento pela valiosa cooperação e pelas recomendações apresentadas durante o processo de qualificação do trabalho.

EPÍGRAFE

“O principal objetivo da educação é criar pessoas capazes de fazer coisas novas e não simplesmente repetir o que outras gerações fizeram.”

Jean Piaget

RESUMO

O objetivo geral deste trabalho é analisar o impacto do uso da simulação digital *Explorador de Igualdade*, da plataforma PhET, na resolução de equações de funções do primeiro grau e, com base nessa análise, validar um texto de apoio destinado a professores do Ensino Médio. A pesquisa fundamenta-se no referencial teórico construtivista, embasado em Jean Piaget e estudiosos do pensamento algébrico. A metodologia adotada é de natureza qualitativa e exploratória, tendo como participantes alunos do Ensino Médio de uma escola localizada em um município do interior do Rio Grande do Sul. Os registros da coleta de dados foram obtidos a partir de três fontes: anotações dos alunos (solicitadas pelo professor-pesquisador), diário de campo do professor-pesquisador e fotografias das atividades realizadas. A análise dos dados foi conduzida por meio da análise de conteúdo proposta por Bardin. Foram estabelecidas quatro categorias, que permitiram organizar as análises de acordo com as dificuldades enfrentadas pelos discentes: Melhora nas resoluções digitais com um processo – os alunos demonstraram facilidade na execução; Assimilação para resoluções digitais com um processo – os estudantes recorreram aos conhecimentos prévios; Persistência da dificuldade para resoluções digitais com dois processos – verificaram-se diversos obstáculos nesse estágio; Esquemas de acomodação para resoluções digitais com dois processos – os discentes conseguiram ajustar os esquemas mentais já existentes aos novos esquemas. Concluímos, a partir deste estudo de caso, que a simulação digital *Explorador da Igualdade* da plataforma PhET pode auxiliar na criação de esquemas de acomodação por estudantes que possuem dificuldades em identificar a operação inversa para resolver equações, especialmente em equações que demandam apenas um processo (uso de uma única operação aplicada aos dois lados da equação para sua resolução) assim como também pode auxiliar na consolidação das operações entre frações com denominadores diferentes.

Palavras-chave: PhET; função do primeiro grau; igualdade.

ABSTRACT

The general aim of this study is to analyze the impact of using the digital simulation *Explorador de Igualdade* (Equality Explorer), from the PhET platform, on solving first-degree function equations and, based on this analysis, validate a support text aimed at high school teachers. The research is grounded in the constructivist theoretical framework, based on Jean Piaget and scholars of algebraic thinking. The adopted methodology is qualitative and exploratory in nature, with high school students from a school located in an inland municipality of Rio Grande do Sul as participants. Data collection records were obtained from three sources: students' notes (requested by the teacher-researcher), the teacher-researcher's field diary, and photographs of the activities carried out. Data analysis was conducted using the content analysis proposed by Bardin. Four categories were established, allowing the organization of analyses according to the difficulties faced by the students: Improvement in digital resolutions with one process – students demonstrated ease in execution; Assimilation for digital resolutions with one process – students resorted to prior knowledge; Persistence of difficulty for digital resolutions with two processes – several obstacles were observed at this stage; Accommodation schemes for digital resolutions with two processes – students were able to adjust existing mental schemes to new schemes. We conclude, from this case study, that the Equality Explorer digital simulation of the PhET platform can help in the creation of accommodation schemes by students who have difficulties in identifying the inverse operation to solve equations, especially in equations that require only one process (use of a single operation applied to both sides of the equation for its resolution) as well as it can also help in the consolidation of operations between fractions with different denominators.

Keywords: PhET; function of the first degree; equality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tela de apresentação da plataforma PhET	33
Figura 2 – Tela inicial da simulação explorador de igualdade.....	34
Figura 3 – Tela do modo básico	34
Figura 4 – Tela do modo números	35
Figura 5 – Tela do modo variáveis	36
Figura 6 – Tela do modo operações	36
Figura 7 – Tela do modo resolva	37
Figura 8 – Resoluções do 1º encontro – Itens a, b e c (Grupo 1)	48
Figura 9 – Resoluções do 1º encontro – Itens d e e (Grupo 1)	48
Figura 10 – Resoluções do 1º encontro – Itens a, b e c (Grupo 2)	49
Figura 11 – Resoluções do 1º encontro – Itens d e e (Grupo 2)	49
Figura 12 – Resoluções do 1º encontro – Itens a, b e c (Grupo 3)	50
Figura 13 – Resoluções do 1º encontro – Itens d e e (Grupo 3)	50
Figura 14 – Equações de 1 processo na Simulação Digital (Grupo 1)	51
Figura 15 – Equações de 1 processo na Simulação Digital (Grupo 1)	51
Figura 16 – Equações de 2 processos na Simulação Digital (Grupo 1)	52
Figura 17 – Equações de 1 processo na Simulação Digital (Grupo 2)	52
Figura 18 – Equações de 2 processos na Simulação Digital (Grupo 2)	53
Figura 19 – Equações de 1 processo na Simulação Digital (Grupo 3)	53
Figura 20 – Equações de 2 processos na Simulação Digital (Grupo 3)	54

Figura 21 – Equações de 2 processos na Simulação Digital (Grupo 3)	54
Figura 22 – Resoluções do último encontro – Itens a, b e c (Grupo 1)	55
Figura 23 – Resoluções do último encontro – Itens d e e (Grupo 1)	55
Figura 24 – Resoluções do último encontro – Itens a, b e c (Grupo 2)	56
Figura 25 – Resoluções do último encontro – Itens d e e (Grupo 2)	56
Figura 26 – Resoluções do último encontro- Itens a, b e c (Grupo 3)	57
Figura 27 – Resoluções do último encontro- Itens d e e (Grupo 3)	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação de trabalhos encontrados	22
Quadro 2 – Trabalho selecionados para análises	23
Quadro 3 – Contribuições da Literatura para esta Pesquisa	29
Quadro 4 – Anotações do Diário de Campo	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

CaVG – Câmpus Pelotas Visconde da Graça

CEP – Comitê de ética em Pesquisa

CPE – Currículo de Pernambuco

IFSul – Instituto Federal Sul-rio-grandense de Educação, Ciência e Tecnologia

LACAPE – Laboratório Científico de Aprendizagem, Pesquisa e Ensino

PhET – Physics Education Technology

PIBIC – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica

PPGCITED – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação

TALE – Termo de Assentimento Livre Esclarecido

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UCPEL – Universidade Católica de Pelotas

UFPEL – Universidade Federal de Pelotas

UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	22
4 PERCURSO METODOLÓGICO	30
5 PROPOSTA DIDÁTICA.....	41
6 PRODUTO EDUCACIONAL	43
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
7.1 Registro das Atividades	46
7.2 Melhora nas resoluções com um processo	58
7.3 Esquemas de assimilação para resoluções com um processo	59
7.4 Persistência de dificuldades para resoluções com dois processos.....	62
7.5 Esquemas de acomodação para resolução com dois processos	63
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS.....	69
APÊNDICES.....	72
Apêndice 1 – Termo de Consentimento Livre Esclarecido	73
Apêndice 2 –Termo de Assentimento Livre Esclarecido	77
Apêndice 3 – Produto Educacional	81

1 INTRODUÇÃO

Desde a conclusão do Ensino Médio, sempre manifestei o desejo de prosseguir os estudos, mas, naquele momento, tal possibilidade não se concretizou por diversas razões. Contudo, jamais abdiquei dos meus sonhos.

Anos mais tarde, tive a oportunidade de residir em Pelotas com meu irmão. Nesse período, percebi que meus sonhos poderiam estar cada vez mais próximos de se concretizar, pois vislumbrava a possibilidade de realizar a tão almejada graduação e tornar-me professor. Após participar de alguns processos seletivos para ingresso na universidade, em 2008 alcancei este objetivo e iniciei os estudos na Universidade Federal de Pelotas (UFPe), no curso de Licenciatura em Matemática. Durante essa trajetória, enfrentei longos períodos de greve e dificuldades pessoais relacionadas à saúde de familiares. Em 2012, decidi transferir-me para outra instituição, tanto em razão das greves prolongadas quanto da minha idade, optando por ingressar na Universidade Católica de Pelotas (UCPe), onde prossegui o curso. Assim, em 2017 realizei meu grande sonho, conquistando o diploma de Licenciado em Matemática. No mesmo ano, fui convocado para atuar, em caráter temporário, como professor de Matemática na Rede Estadual do Rio Grande do Sul, função que desempenho até os dias atuais.

Com o passar dos anos, lecionei em quatro escolas e constatei que a principal dificuldade dos alunos era a mesma, tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio: compreender e resolver equações do 1º grau.

Percebi que as dificuldades apresentadas se concentravam, sobretudo, na determinação das raízes das funções do primeiro grau, uma vez que esse processo exige a compreensão dos princípios fundamentais da Álgebra. Resolver uma equação do tipo $ax + b = 0$ implica manipular expressões matemáticas de modo a isolar a incógnita x , o que é essencial para identificar o ponto $y=f(x)$ que intercepta o eixo das abscissas (a raiz da função f). Quando o estudante encontra dificuldades em compreender operações como a transposição de termos e a manipulação de coeficientes, essas lacunas no conhecimento algébrico tornam o processo de resolução mais complexo, resultando em maior dificuldade para determinar corretamente as raízes.

A plataforma Physics Education Technology (PhET) constitui uma iniciativa da Universidade do Colorado Boulder, criada em 2002 pelo físico Carl Wieman. Segundo a própria instituição (Universidade do Colorado, 2025a), a PhET disponibiliza gratuitamente simulações interativas voltadas para o ensino de Ciências, abrangendo as áreas de Física, Química, Biologia, Ciências da Terra e Matemática. Essas simulações permitem que os estudantes explorem conceitos científicos de maneira prática e visual, favorecendo uma aprendizagem mais intuitiva e acessível.

A simulação Explorador da Igualdade (Universidade do Colorado, 2025b), disponível na plataforma PhET, apresenta balanças em diferentes situações, com o objetivo de auxiliar os utilizadores na visualização e compreensão do conceito de equação. Nessa simulação, as balanças representam a igualdade entre os dois lados de uma equação, permitindo ao utilizador adicionar ou remover pesos, representados de diferentes maneiras (números, letras, animais, frutas, etc.) em cada lado. Ao equilibrar as balanças, o utilizador aprende a manipular termos da equação de modo a preservar a igualdade, o que facilita a compreensão intuitiva de processos algébricos, como a adição, a subtração e a resolução de equações. Essa abordagem visual e interativa contribui para o fortalecimento do entendimento do conceito de igualdade em Matemática.

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar o impacto do uso da simulação digital Explorador da Igualdade, da plataforma PhET, na resolução de equações de funções do primeiro grau e, a partir dessa análise, validar um texto de apoio destinado a professores do Ensino Médio.

Os objetivos específicos são: 1) analisar as estratégias empregadas pelos estudantes na resolução de equações do primeiro grau, durante o processo de aprendizagem do conceito de função do primeiro grau; 2) observar as limitações e os benefícios proporcionados pela simulação digital aos participantes desta pesquisa.

A questão de pesquisa que se busca responder é a seguinte: De que modo a simulação digital Explorador da Igualdade, da plataforma PhET, pode contribuir para o ensino da função do primeiro grau?

No próximo capítulo, abordamos o desenvolvimento do referencial teórico que sustenta este trabalho. Apresentamos a Epistemologia Genética de Jean Piaget (2012) e também os estudos pioneiros que exploram o pensamento algébrico, realizados por Blanton e Kaput (2005) e por Blanton *et al.* (2015).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico que sustenta esta pesquisa é a Epistemologia Genética de Jean Piaget (Piaget, 2012), com ênfase nos aspectos cognitivos da teoria, bem como os estudos pioneiros sobre pensamento algébrico desenvolvidos por Blanton e Kaput (2005) e por Blanton *et al.* (2015), os quais fornecem a base conceitual e as principais definições acerca das ideias algébricas que podem ser exploradas nos primeiros anos de escolaridade.

Na Epistemologia Genética, todo o conhecimento adquirido pelo sujeito é assimilado e integrado ao que já se encontra previamente estruturado em sua cognição, tornando-se progressivamente mais elaborado. De acordo com os pressupostos teóricos de Piaget (2012), o desenvolvimento cognitivo ocorre em quatro estágios fundamentais: sensório-motor, pré-operatório, operatório concreto e operatório formal.

No estágio sensório-motor, que se inicia do nascimento até aproximadamente os dois anos de idade, a criança ainda não faz uso da fala, valendo-se apenas de suas ações e percepções. Nesse período, começa a desenvolver a compreensão de si própria e do meio que a circunda, adquirindo, igualmente, maior controle sobre seus reflexos. O avanço do conhecimento ocorre por meio das experiências com o mundo ao redor. Um dos primeiros esquemas mentais elaborados pelos bebês nesse estágio é o denominado “esquema de permanência do objeto”. Inicialmente, para o bebê, um objeto não possui permanência; assim, nos primeiros meses de vida, quando o objeto deixa de estar no campo visual, ele deixa de existir para a criança. O sujeito, nesse estágio do desenvolvimento, explora o ambiente essencialmente através de reflexos, movimentos e interações simples.

O segundo estágio é denominado pré-operatório ou simbólico, tendo início aproximadamente entre os dois e os sete anos de idade. Essa fase caracteriza-se pelo desenvolvimento e pelo domínio da linguagem e dos símbolos, embora a criança ainda apresente dificuldades quanto ao pensamento lógico e à compreensão da perspectiva alheia. À medida que adquire maior capacidade linguística e simbólica, a criança passa a gesticular, simbolizar, fantasiar e agrupar. Nesse período, mantém-se predominantemente egocêntrica, uma vez que se percebe como centro das atenções e interpreta o mundo ao seu redor com base na própria

experiência, sem ainda possuir a capacidade de se colocar no lugar do outro. A visão de mundo característica desse estágio inclui a atribuição de ações independentes à natureza e aos objetos. Além disso, a criança tende a confundir realidade e imaginação, não possuindo, nesse momento, uma compreensão consolidada das noções de “certo” e “errado”.

O terceiro estágio cognitivo é o operatório-concreto, que se estende aproximadamente dos sete aos onze ou doze anos de idade. Nessa fase, o egocentrismo diminui, e a criança demonstra maior capacidade de colocar-se no lugar do outro, além de compreender de forma mais consistente as noções de “certo” e “errado”. Passa, também, a estabelecer conexões e agrupamentos entre símbolos e objetos, com base em relações de igualdade e desigualdade. Trata-se de um período particularmente favorável ao processo de alfabetização em diferentes áreas do conhecimento. Os procedimentos matemáticos tornam-se progressivamente mais elaborados: se no início a criança necessita de objetos concretos para realizar operações como adição e subtração, por exemplo, logo em seguida adquire a habilidade de efetuar mentalmente cálculos com números maiores.

O último estágio descrito por Piaget (2012) é o operatório-formal, que se inicia por volta dos doze anos de idade. Nesse período, o sujeito já é capaz de realizar operações formais, aproximando-se, em termos cognitivos, da capacidade característica dos adultos. O adolescente passa a elaborar soluções mais complexas e a lidar com possibilidades variadas, apoiando-se no raciocínio lógico e abstrato, sem a necessidade de contato direto com o objeto do conhecimento.

Quando o sujeito alcança o estágio das operações formais, torna-se capaz de utilizar o pensamento de forma abstrata. Nesse nível, compreende, por exemplo, diagramas e equações, bem como executa diversas operações lógicas de maneira coordenada, mesmo na ausência do objeto do conhecimento. Esse estágio caracteriza-se, sobretudo, pela aptidão de estabelecer relações de causa e efeito a partir da formulação e da análise de hipóteses.

Segundo Piaget (2012), a assimilação constitui um dos processos fundamentais do desenvolvimento cognitivo, em articulação com a acomodação. A assimilação ocorre quando o indivíduo integra novas informações ou experiências em esquemas previamente estabelecidos, isto é, em estruturas cognitivas já consolidadas. Nesse processo, os novos estímulos são interpretados à luz dos

conhecimentos já existentes, sem que haja alterações significativas nos esquemas cognitivos.

A assimilação é um processo mental pelo qual a gente aplica às novas experiências ou acontecimentos os esquemas que já temos. Isso significa que, ao perceber algo novo, usamos o que já aprendemos antes para entender e organizar essa novidade. Em outras palavras, é como se a nossa mente incorporasse elementos do ambiente — como objetos ou eventos — aos nossos conhecimentos já existentes. Assim, conseguimos ampliar e fortalecer nossos esquemas ao acrescentar essas novas informações, sempre usando as estruturas que já estão em nossa mente.

Para Piaget (2012), a acomodação é o processo pelo qual o indivíduo ajusta os esquemas mentais já existentes ou elabora novos esquemas, a fim de lidar com informações ou experiências que não se enquadram nas estruturas cognitivas previamente estabelecidas. A acomodação ocorre quando o sujeito reconhece que os esquemas de que dispõe não são suficientes para compreender uma nova experiência ou informação, o que o conduz à sua modificação ou à criação de esquemas inteiramente novos.

A acomodação é o processo de modificar uma ideia ou estrutura, considerando características de algo novo que estamos aprendendo, como por exemplo, a aplicação da simulação para resolver funções de primeiro grau. Ela pode acontecer de duas maneiras: ou criamos um esquema totalmente novo, que comporte o novo estímulo, ou então ajustamos um esquema que já existe, para que ele possa incluir essa novidade. Basicamente, a acomodação envolve uma mudança na nossa forma de pensar.

Essa mudança só acontece quando a gente realmente transforma, amplia ou altera nossos esquemas. Quando falamos sobre assimilação e acomodação, fica claro que elas estão interligadas: assim como não há assimilação sem alguma forma de acomodação (mesmo que seja anterior ou atual), também não existem acomodações sem que haja assimilação. Isso significa que o meio não provoca apenas uma simples cópia ou registro do que percebemos, mas impulsiona ajustes ativos na nossa maneira de entender e aprender.

A equilíbrio das estruturas cognitivas constitui um conceito central na teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget. Esse processo refere-se à busca do indivíduo por um equilíbrio entre assimilação e acomodação, de modo a integrar

novas informações ou situações, promovendo, assim, o avanço do desenvolvimento cognitivo.

A equilibração é o mecanismo que possibilita ao indivíduo alcançar um estado de equilíbrio cognitivo, isto é, uma harmonia entre os esquemas mentais já existentes e as novas informações provenientes do meio. Esse processo manifesta-se de forma contínua ao longo do desenvolvimento cognitivo, à medida que o sujeito se depara com desafios ou conflitos (desequilíbrios) que exigem a reorganização de seus conhecimentos.

Segundo Piaget (2012), a principal via de acesso ao conhecimento é a interação, entendida como um mecanismo de regulação entre o indivíduo e o meio, à semelhança dos demais mecanismos biológicos de regulação. Essa perspectiva contrapõe-se a duas outras correntes epistemológicas que não reconhecem a interação como fator determinante no desenvolvimento cognitivo: o inatismo, que sustenta estar o conhecimento no próprio sujeito, carecendo apenas de ser revelado; e o empirismo, corrente filosófica que defende residir no mundo exterior a fonte do conhecimento.

Incluímos também em nosso referencial teórico os trabalhos de Blanton e Kaput (2005), e de Blanton *et al.* (2015), sobre o pensamento algébrico, que é o tema central de nossa pesquisa.

Antes de tratarmos do pensamento algébrico, consideramos indispensável apresentar as principais noções algébricas de modo mais formal, sob a perspectiva matemática. Tal necessidade decorre do fato de que a forma como os conceitos e proposições são abordados no contexto científico influencia tanto a seleção dos conteúdos a serem ensinados na escola quanto a maneira como estes são desenvolvidos.

Por esse motivo, apresenta-se algumas concepções e resultados formais relacionados às principais ideias algébricas discutidas por Blanton *et al.* (2015). Uma equação consiste numa igualdade entre duas expressões, das quais pelo menos uma, ou mesmo ambas, contêm incógnitas. Estas incógnitas representam valores ainda desconhecidos que se pretende determinar, embora nem sempre seja possível encontrá-los de forma exata por meio de cálculos analíticos (Beck, 2012, p. 12).

Cumprе destacar que, na definição de equação, a expressão “valores desconhecidos” refere-se às incógnitas, geralmente representadas por letras do alfabeto latino nos livros de Matemática do Ensino Fundamental. Esse significado

mais formal da Matemática está em consonância com a ideia de que o principal objetivo de uma equação é determinar o valor ainda não conhecido.

De igual modo, é necessário salientar a noção de igualdade, uma vez que esta é de suma importância para a compreensão das equações. O conceito de igualdade revela-se igualmente fundamental em tópicos como equivalência, expressões, equações e operações. O estudo da igualdade como relação de equilíbrio é conhecido na literatura como pensamento relacional (Carpenter *et al.*, 2005; Stephens; Wang, 2008).

De acordo com a definição de Beck (2012) para equação, pode-se também considerar o conceito de inequação. Uma inequação consiste numa desigualdade entre duas expressões, das quais pelo menos uma, ou ambas, contém incógnitas. Tais incógnitas representam valores ainda desconhecidos que se pretende determinar dentro de determinados intervalos numéricos. Contudo, nem sempre é possível resolver esse tipo de problema de forma analítica.

Segundo Blanton e Kaput (2005), o pensamento algébrico constitui um processo que ultrapassa o simples domínio das operações algébricas, abrangendo o reconhecimento, a generalização e a análise de padrões, bem como o uso de representações simbólicas para expressar relações matemáticas. Os autores salientam que o pensamento algébrico deve ser desenvolvido desde cedo, não se restringindo ao ensino da Álgebra formal. No contexto escolar, pode ser adaptado às práticas matemáticas iniciais, por meio do trabalho com números e operações, de modo a preparar as ideias e os esquemas mentais necessários à aprendizagem da Álgebra formal. Essa abordagem amplia a concepção tradicional de Álgebra, articulando-a ao desenvolvimento do raciocínio matemático desde os primeiros anos de escolaridade. Segundo Blanton e Kaput, o pensamento algébrico é o

processo pelo qual os alunos generalizam ideias matemáticas a partir de um conjunto de casos particulares, estabelecem essas generalizações através de discurso argumentativo, e expressam-nas de formas progressivamente mais formais e adequadas à sua idade (Blanton; Kaput, 2005, p. 413, trad. Canavarro, 2007).

Blanton e Kaput (2005) classificam o pensamento algébrico em duas categorias: *Aritmética Generalizada* e *Pensamento Funcional*. Ambos os conceitos ampliam a compreensão tradicional do ensino de Álgebra. A Aritmética Generalizada está associada à generalização das propriedades dos números, como a

comutatividade e a associatividade, bem como à resolução de problemas que envolvem valores desconhecidos, os quais introduzem, informalmente, a noção de equação. O Pensamento Funcional, por sua vez, relaciona-se à ideia de variável e ao reconhecimento de padrões em sequências, aproximando-se do conceito de função matemática, ainda que com um nível de formalização bastante elementar.

As cinco ideias algébricas destacadas por Blanton *et al.* (2015) refletem conceitos fundamentais que sustentam o ensino e a aprendizagem da Álgebra. São elas: *Equivalência*, que se refere à capacidade de compreender que duas expressões podem ser equivalentes, com ênfase no sinal de igualdade como relação de equilíbrio; *Aritmética Generalizada*, que diz respeito à generalização de padrões e propriedades aritméticas, para além de números específicos; *Pensamento Funcional*, que centra-se na compreensão das relações entre grandezas, analisando como a alteração de uma influencia a outra; *Variável*, que envolve a compreensão de variações em sequências; e o *Raciocínio Proporcional*, que refere-se à análise de relações proporcionais.

Segundo Blanton e Kaput (2005), o desenvolvimento do pensamento algébrico nas etapas iniciais da aprendizagem matemática está intimamente associado à compreensão da equivalência, entendida como a noção de que duas expressões ou quantidades podem representar o mesmo valor, ainda que apresentadas de formas distintas.

Na continuidade do texto, no próximo capítulo apresentamos a revisão da literatura, para a qual foram selecionados doze trabalhos, alguns dos quais abordam o uso de plataformas digitais em atividades pedagógicas, tema principal desta pesquisa.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Foram realizadas buscas de trabalhos relacionados ao ensino de Álgebra no Google Acadêmico e no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. Nesse levantamento, identificou-se diversos estudos que abordam a temática e discutem o assunto.

As buscas iniciais ocorreram em 1.º de março de 2024, mediante a inserção, no campo de pesquisa, das seguintes palavras-chave: “matemática”, “PhET”, “Ensino Médio” e “álgebra”. No Google Acadêmico, considerou-se o período compreendido entre os anos de 2019 e 2024. No Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, não foi estabelecido recorte temporal. A busca foi realizada com a utilização do conector lógico AND entre as palavras-chave. Para tornar a pesquisa mais objetiva, foram aplicados filtros específicos, conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 – Relação de trabalhos encontrados

Plataforma	Descritores	Filtro	Resultados
Capes	Matemática and PhET and Ensino Médio and álgebra	Brasil/Português	40
Google Acadêmico	Matemática and PhET and Ensino Médio and álgebra	Português/Espanhol	497
TOTAL			537

Fonte: Autoria própria.

Como critério de inclusão, considerou-se os trabalhos que apresentavam relação com o ensino de Álgebra e/ou com a utilização da plataforma PhET. Como critério de exclusão, desconsiderou-se os trabalhos cuja divulgação não estivesse autorizada, que estivessem indisponíveis ou que tratassem de temas alheios à área da Matemática.

Após as buscas, foram selecionados os trabalhos que apresentavam maior proximidade com a temática, a partir da leitura dos títulos disponibilizados nas plataformas. Dessa etapa, resultaram 19 trabalhos. Em seguida, procedeu-se a uma nova seleção, agora com base na leitura dos resumos, a fim de identificar aqueles que mais se aproximavam da proposta da pesquisa. Ao final, foram escolhidos 12 trabalhos, apresentados no Quadro 2. Esses trabalhos foram posteriormente organizados para fichamento e análise, com o objetivo de sintetizar os resultados

obtidos nas investigações e estabelecer conexões com a temática do ensino de Álgebra na Educação Básica, evidenciando, assim, a relevância do presente estudo para a área da Educação.

Quadro 2 – Trabalhos selecionados para análises

Título	Autor(es)	Natureza	Ano	Local
Simulaciones PhET: uma estratégia didáctica para fortalecer el aprendizaje del álgebra	GARCÍA, Julissa Beanet Perea.	Artigo	2023	Google Acadêmico
Simuladores PhET no Ensino de Matemática: uma Classificação Conforme Unidades Temáticas da BNCC	SCHOLZ, Lygia Moriggi de Oliveira, VALLE, Ana Carolina Dalla	Artigo	2021	Google Acadêmico
A Equação Polinomial de 1º Grau e as Relações Conceituais Estabelecidas com Base na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud	FELIPPE, Raiani, BATTISTI, Isabel Koltermann	Artigo	2022	Google Acadêmico
A Utilização do PhET para Aprendizagem da Matemática nas Séries Finais do Ensino Fundamental	BARROS, Jailson Cardoso	Dissertação	2019	Capes
Explorador Básico de Igualdade da Plataforma Digital PhET: Uma Análise Acerca das potencialidades Didáticas à Luz da BNCC e do Currículo de Pernambuco	ALMEIDA, Matheus Souza, OLIVEIRA, Maria Eduarda Nunes, ESPÍNDOLA, Elisângela Bastos de Mélo	Artigo	2021	Google Acadêmico
Sequência didática no ensino de lançamento oblíquo com auxílio de simulador da plataforma PhET	LABOR, Otávio Paulino, OLIVEIRA, Elrismar Auxiliadora Gomes	Artigo	2022	Google Acadêmico
Fortalecimiento de competencias matemáticas en la resolución de problemas con fracciones y ecuaciones aprovechando el potencial del simulador Phet en estudiantes del grado décimo	CECILIA, Vellojin Vásquez Nelsy	Dissertação	2023	Capes
O Uso do Simulador PhET para o Ensino da Matemática	IGREJA, Crisllem Lorrany Viturina de Sousa, CAMARGOS, Heverton Silva	Artigo	2022	Google Acadêmico
La Simulación Gráfica, como Estrategia de Análisis e Interpretation de Funciones en el Área de Matemáticas em estudiantes Del Grado Octavo	DÍAZ, José Félix Rodríguez	Dissertação	2020	Google Acadêmico
A Utilização de Softwares Para o Ensino da Matemática	OLIVEIRA, Rayane Karolin e Camargo	Dissertação	2023	Capes
Aprendizagem baseada em projetos na aplicação de gráficos de funções com apoio de recursos computacionais no Ensino Médio	ROMEIRO, Ricardo Augusto Guimarães	Dissertação	2016	Capes
Simulador PHET, una herramienta de gamificación para el aprendizaje de las matemáticas	BALLADADRE, Galo Estuardo Guanotuña, HEREDIA, Luis Jonás Heredia, RIVERA, Libinton Duberli Lara, CAMACHO, Irma Romelia García	Artigo	2023	Google Acadêmico

Fonte: Autoria própria.

Diversos estudos na literatura evidenciam que as habilidades matemáticas podem ser aprimoradas por meio do uso de tecnologias digitais. A plataforma PhET (Universidade do Colorado, 2025a), por exemplo, possibilita o uso de várias simulações digitais, inclusive abordando o conceito de equivalência matemática.

Igreja e Camargos (2022) propõem, em seu trabalho, que a simulação constitui uma ferramenta de grande potencial para o ensino de Matemática. Os autores analisam as possibilidades oferecidas pela plataforma PhET no desenvolvimento de habilidades matemáticas e sugerem uma abordagem de ensino pautada em metodologias ativas para o manuseio desse recurso. Um dado relevante apresentado por Igreja e Camargos é que a plataforma PhET disponibiliza quatro simulações voltadas especificamente para o conceito de igualdade.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento oficial que define as aprendizagens essenciais a serem desenvolvidas em todas as instituições brasileiras de Educação Básica, funcionando como referência para o planejamento das matrizes curriculares de tais instituições. No que se refere à Matemática, a BNCC (Brasil, 2018) apresenta competências específicas da área, entre as quais se destacam o uso das tecnologias digitais e o desenvolvimento de habilidades associadas a cada ano de escolarização, contemplando as cinco unidades temáticas: Números, Álgebra, Geometria, Grandezas e Medidas, e Probabilidade e Estatística.

Scholz e Valle (2021) tiveram como objetivo identificar nas simulações disponíveis na plataforma PhET, a possibilidade de desenvolvimento de habilidades previstas na BNCC para a área de Matemática. As autoras elaboraram, a partir dessa análise, um material de apoio acessível aos professores da Educação Básica, visando o aproveitamento pedagógico desse recurso em sala de aula. A análise e a classificação consideraram as cinco unidades temáticas definidas pela BNCC para Matemática: Números, Álgebra, Geometria, Grandezas e Medidas, e Probabilidade e Estatística. Como resultado, foram identificadas 30 simulações compatíveis com os parâmetros da pesquisa, havendo maior concentração de simulações nas unidades de Álgebra e Números, e quantidade reduzida nas demais unidades temáticas.

Almeida, Oliveira e Espíndola (2021) realizaram uma pesquisa documental desenvolvida no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), pelo Grupo de Pesquisa Laboratório Científico de Aprendizagem, Pesquisa e Ensino (LCAPE) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). O

estudo teve como objetivo explorar as potencialidades do uso da plataforma PhET, tomando como referência as habilidades matemáticas previstas na BNCC e no Currículo de Pernambuco (CPE), em especial aquelas relacionadas às propriedades de igualdade e ao princípio da equivalência. Os dados da pesquisa foram coletados diretamente na plataforma PhET, em seções que disponibilizavam descrições dos recursos, manuais de instrução, planos de atividades, planos de aula, entre outros materiais. De acordo com os autores, a simulação *Explorador de Igualdade: Básico* pode ser utilizada para o desenvolvimento das seguintes habilidades previstas na BNCC: EF03MA11, EF04MA14, EF05MA10 e EF06MA14.

Oliveira (2023) destaca em sua pesquisa a relevância da utilização de softwares no ensino de Matemática. O objetivo de seu estudo foi analisar o uso de tecnologias digitais em sala de aula como método de ensino para estudantes do Ensino Fundamental. A investigação foi realizada em uma turma de 8º ano do Ensino Fundamental do município de Anápolis, composta por 40 alunos com idades entre 11 e 15 anos, utilizando diferentes simulações matemáticas da plataforma PhET. Como conclusão, a autora afirma que as simulações da plataforma PhET mostraram-se satisfatórias, uma vez que os estudantes demonstraram elevado interesse durante a realização das atividades.

Garcia e Battisti (2023) apresentam, em seu trabalho, uma proposta metodológica para o ensino de Botânica no curso de Agrobiotecnologia da Universidade Tecnológica de Gutiérrez Zamora, na cidade de Veracruz, México, aplicada na disciplina de Álgebra Linear por meio do uso de uma simulação da plataforma PhET. O estudo adotou uma metodologia mista, contemplando abordagens qualitativas e quantitativas, com coleta de dados realizada por meio de formulários e testes. A análise qualitativa baseou-se na aplicação de um formulário pré-teste e outro pós-teste, de modo a avaliar os conhecimentos dos estudantes antes e após a utilização da simulação. Os resultados indicaram maior engajamento dos alunos durante a atividade, levando os autores a concluir que a plataforma PhET apresentou resultados satisfatórios enquanto recurso pedagógico para o ensino de Álgebra no caso estudado.

De acordo com Díaz (2020), Cecília (2023), Felipe (2022), Labor e Oliveira (2022), Romeiro (2016), Balladares *et al.* (2022) e Barros (2023), o uso de tecnologias digitais — em especial as simulações da plataforma PhET — contribuiu,

em suas pesquisas, para a melhoria do desempenho dos alunos no estudo da Álgebra.

Díaz (2020) analisou o desempenho acadêmico de alunos do oitavo ano da Instituição Educacional Callejón que apresentavam baixo rendimento nas habilidades de análise, interpretação e raciocínio, refletido em resultados insatisfatórios em avaliações internas e externas da educação na Colômbia. A pesquisa adotou uma abordagem quantitativa, envolvendo 25 estudantes submetidos a um pré-teste e a um pós-teste. A análise dos dados revelou que a média aritmética de acertos no pós-teste foi consideravelmente superior à do pré-teste. Do mesmo modo, verificou-se melhora no desempenho dos alunos quanto à interpretação de funções. Assim, Díaz (2020) concluiu que a implementação das simulações da plataforma PhET contribuiu para aprimorar o desempenho dos estudantes em Matemática, especialmente no que se refere à compreensão do conceito de variável e à resolução de problemas que envolvem sistemas analíticos e algébricos.

Cecilia (2023) teve como objetivo estimular o desenvolvimento de habilidades matemáticas voltadas à resolução de problemas com frações e equações, utilizando as simulações da plataforma PhET com alunos do décimo ano da Instituição Educacional Rural Cataño Vallejo, na Colômbia. A metodologia adotada consistiu em uma abordagem mista quali-quantitativa, estruturada como estudo exploratório sequencial. Foram utilizadas entrevistas semiestruturadas, pré-teste, pós-teste e registros de pesquisa, contando com a participação de 12 estudantes. Os resultados iniciais indicaram baixo desempenho, com 42% de acertos no pré-teste. Após a utilização pedagógica da plataforma PhET, o índice de acertos elevou-se para 60%. A autora concluiu que o uso das simulações da plataforma constitui uma ferramenta prática de interatividade para a resolução de problemas com frações e equações, favorecendo a aprendizagem dos alunos.

Felippe (2022) relata, em seu trabalho, a experiência de utilização da plataforma PhET durante o Estágio Curricular na área de Matemática, fundamentada na Teoria dos Campos Conceituais. O objeto de ensino abordado foi a equação polinomial do 1º grau. O estudo consistiu na elaboração de um projeto pedagógico que contemplou, inicialmente, diversas propostas de atividades, entre elas a produção de relatórios das aulas pelos discentes. Segundo o autor, a prática de estágio possibilitou uma análise mais aprofundada da aprendizagem dos estudantes,

revelando a necessidade de maior investimento na construção e na consolidação das relações conceituais. Nesse contexto, retomando algumas noções sobre equações do 1º grau, e com o auxílio da plataforma PhET, foi constatada uma melhora qualitativa na aprendizagem dos alunos.

Por sua vez, Labor e Oliveira (2022) apresentam um estudo desenvolvido com a participação de discentes do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), do curso de Licenciatura em Ciências, acerca da importância da utilização da plataforma PhET como recurso de apoio ao ensino do lançamento oblíquo de projéteis. Para tal, foi utilizada a simulação *Movimento de Projétil*, que permite a realização de experimentos variando a velocidade e o ângulo de lançamento de objetos por meio de um canhão. Na atividade, foram realizadas diversas tentativas de lançamento pelos estudantes de Licenciatura. A trajetória dos projéteis foi discutida em termos físicos e matemáticos, possibilitando analisar se o foguete atingiria o objetivo, a partir dos valores atribuídos à velocidade e ao ângulo pelos usuários da simulação. Os autores concluíram que o objetivo pedagógico foi atingido, uma vez que os licenciandos chegaram corretamente aos valores de alcance do foguete. Dessa forma, afirmam que a sequência didática elaborada como metodologia de ensino mostrou-se eficaz para promover uma melhor compreensão das equações básicas do movimento de projéteis, utilizando a plataforma PhET.

Romeiro (2016) defende que a construção de funções matemáticas a partir do uso de recursos computacionais, como as simulações da plataforma PhET e o software WINPLOT, pode favorecer uma aprendizagem significativa. Por meio de uma abordagem qualitativa, realizada com estudantes do 3º ano do Ensino Médio de uma escola privada da cidade de Lorena – SP, foram utilizadas as simulações *Inclinação e Intersecção*, *Gráfico de Quadráticas* e *Movimento de Projétil*, da plataforma PhET, além do software WINPLOT. Os resultados permitiram concluir que o uso de tecnologias digitais contribuiu para um melhor entendimento, por parte dos alunos, acerca dos conceitos relacionados com funções matemáticas, explorados na pesquisa.

A investigação conduzida por Balladares *et al.* (2023) teve como objetivo identificar as contribuições que as simulações da plataforma PhET podem oferecer ao ensino de Matemática. Tratou-se de uma pesquisa qualitativa de caráter exploratório, na qual foram utilizados, como recursos didáticos, as simulações *Frações: Intro* e *Frações: Números Mistos*. O estudo contou com a participação de

214 alunos do Ensino Médio e três professores responsáveis pela disciplina de Matemática. Os resultados foram satisfatórios, levando os autores a concluir que, com o auxílio das simulações da plataforma PhET, os estudantes apresentaram avanços significativos em sua aprendizagem.

Barros (2019) relata, em seu trabalho, a elaboração de um formulário sobre o uso da plataforma PhET como ferramenta de apoio à aprendizagem da Matemática nos anos finais do Ensino Fundamental. Para tanto, foi elaborada uma sequência didática fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, concebida e aplicada no âmbito de uma pesquisa-ação. O estudo foi desenvolvido com 138 alunos dos 8º e 9º anos de uma escola pública da cidade de Maceió, no estado de Alagoas. Os resultados permitiram concluir que o uso das simulações *Associe Frações*, *Balançando*, *Explorador da Igualdade*, *Explorador da Igualdade: Duas Variáveis*, *Gráfico de Quadráticas*, *Construtor de Área*, *Modelo de Área: Álgebra*, *Gerador de Funções* e *Movimento de Projétil* foi satisfatório, uma vez que contribuiu para uma melhor compreensão da Matemática por parte dos estudantes.

A análise das dissertações e artigos selecionados que apresentam temática semelhante à desta pesquisa evidencia que muitos alunos demonstram interesse na utilização de ferramentas digitais propostas pelos pesquisadores. Nesse sentido, ressalta-se a relevância deste estudo para a prática pedagógica, pois os trabalhos examinados apontam que há diversas investigações que destacam a motivação dos alunos em relação ao uso de tecnologias digitais para a aprendizagem da Álgebra.

De forma geral, os estudos mostram que é possível desenvolver habilidades relacionadas aos conhecimentos matemáticos, conforme o que está previsto na BNCC, sobretudo no campo das equações, mediante o uso das simulações da plataforma PhET (Igreja; Camargos, 2022; Scholz; Valle, 2021; Almeida; Oliveira; Espíndola, 2021; Labor e Oliveira, 2022). Outras pesquisas, como as de Oliveira (2023), e Garcia e Battisti (2023), destacam o maior empenho e motivação dos estudantes em atividades que envolvem o uso do computador, especialmente no ensino de Álgebra, função do 1º grau e equações. Há também investigações que evidenciam avanços no desempenho dos alunos e uma melhor compreensão na aprendizagem de conceitos relacionados à ideia de equação, decorrentes da utilização da plataforma PhET (Díaz, 2020; Cecília, 2023; Felipe, 2022; Romeiro, 2016; Balladares *et al.*, 2023; Barros, 2019).

Quadro 3 – Contribuições da Literatura para esta Pesquisa

Pesquisas	Foco
Igreja e Camargos (2022) Scholz e Valle (2021) Almeida; Oliveira; Espíndola (2021) Labor e Oliveira (2022)	BNCC e equações
Oliveira (2023) Garcia e Battisti (2023)	Motivação do estudantes com o uso de tecnologias digitais
Díaz (2020) Cecília (2023) Felippe (2022) Romeiro (2016) Balladares <i>et al.</i> (2023) Barros (2019)	Melhora na aprendizagem com o uso da plataforma PhET

Fonte: Autoria própria.

No próximo capítulo descrevemos o percurso metodológico. Destacamos o estudo de caso, na perspectiva de Yin (1984), complementado pela abordagem de estudo de caso qualitativo feita por André (2013).

4 PERCURSO METODOLÓGICO

Esta pesquisa segue uma abordagem qualitativa, e caracteriza-se como uma pesquisa exploratória. Para Garnica (2004), as principais características da pesquisa qualitativa são:

(a) a transitoriedade dos seus resultados; (b) a impossibilidade de uma hipótese *a priori*, cujo objetivo da pesquisa será comprovar ou refutar; (c) a não neutralidade do pesquisador que, no processo interpretativo, vale-se de suas perspectivas e filtros vivenciais prévios dos quais não consegue se desvencilhar; (d) que a constituição de suas compreensões dá-se não como resultado, mas numa trajetória em que estas mesmas compreensões e também os meios de se obtê-las podem ser (re)configuradas; (e) a impossibilidade de se estabelecer regulamentações, em procedimentos sistemáticos, prévios, estáticos e generalistas (Garnica, 2004, p. 86).

Todas as características apontadas por Garnica (2004) estão presentes nesta pesquisa, uma vez que: os resultados aqui apresentados são provisórios, na medida em que o fenômeno estudado é relativamente recente, sendo necessárias investigações futuras para a construção de um quadro mais amplo e consistente acerca do desenvolvimento do pensamento algébrico mediado por tecnologias digitais; não há formulação de hipótese prévia, dado que a atividade a ser implementada não foi desenvolvida anteriormente, nem em âmbito didático-escolar, nem em estudos prévios identificados pelo autor deste trabalho; o pesquisador principal atua como professor da turma em que a investigação foi realizada, não se configurando, portanto, como observador neutro; os resultados obtidos não terão caráter definitivo; e não se pretende generalizá-los para todo e qualquer contexto ou situação escolar.

Caracterizamos esta investigação como pesquisa exploratória, pois a ideia é construir hipóteses ao longo do processo (uma vez que estas não foram definidas inicialmente), além de aprofundar o contato dos pesquisadores com a temática, considerando que ambos possuem ainda pouca experiência, tanto em pesquisa quanto na prática docente, com simulações aplicadas ao ensino de Álgebra no Ensino Médio. Pretende-se, igualmente, tratar com maior precisão os conceitos relacionados à resolução de equações auxiliada por tecnologias digitais. Essa perspectiva está em consonância com o que afirmam Marconi e Lakatos (2021) a respeito das pesquisas de caráter exploratório:

As pesquisas exploratórias são investigações de pesquisa empírica cujo objetivo é a formulação de questões ou de um problema, com tripla finalidade: (1) desenvolver hipóteses; (2) aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno para a realização de uma pesquisa futura mais precisa; (3) modificar e clarificar conceitos (Marconi; Lakatos, 2021, p. 78).

O método adotado foi o estudo de caso, conforme proposto por Yin (1984). A escolha desse método justifica-se pelo fato de analisarmos uma atividade desenvolvida com uma turma do Ensino Médio, a qual se constitui como um caso representativo de um grupo de estudantes que realiza uma atividade envolvendo o uso de tecnologias digitais na resolução de equações. Trata-se de uma turma que pode ser considerada representativa de muitas outras que poderiam ser analisadas em diferentes circunstâncias e contextos. Segundo Yin (1984), o estudo de caso é:

[...] uma pesquisa empírica que investiga um fenômeno contemporâneo em seu contexto natural, em situações em que as fronteiras entre o contexto e o fenômeno não são claramente evidentes, utilizando múltiplas fontes de evidência (Yin, 1984, p.23, trad. Alves-Mazzotti, 2006).

Yin (2010) afirma que essa perspectiva se mostra especialmente adequada quando associada a questões de pesquisa formuladas a partir de expressões do tipo “como?” ou “por quê?”, em situações nas quais o investigador possui pouco controle sobre os eventos e/ou quando o foco recai sobre um fenômeno contemporâneo inserido no contexto da vida real.

De acordo com André (2013), o estudo de caso qualitativo, no campo da educação, não se caracteriza unicamente pela nomeação do tipo de pesquisa ou pela coleta restrita de dados. O seu rigor metodológico decorre da construção de uma descrição clara e pormenorizada do percurso realizado pelo pesquisador para alcançar os objetivos propostos, bem como da explicitação e justificativa das opções metodológicas adotadas.

Para André (2013), as características e fundamentos do estudo de caso qualitativo em educação são: o foco em um fenômeno particular e em seu contexto; a fundamentação em abordagens qualitativas; a definição de pressupostos essenciais; a escolha do objeto em vez do método; a valorização de fenômenos em contextos naturais; e, por fim, a identificação de traços comuns a outros autores que se dedicam à temática.

O foco em um fenômeno particular e em seu contexto refere-se ao estudo de caso que busca analisar um objeto específico, considerando o ambiente em que se

insere e suas múltiplas dimensões. Nesse sentido, valoriza-se o caráter unitário do caso, ao mesmo tempo em que se enfatiza a necessidade de uma análise situada e aprofundada. A fundamentação nas abordagens qualitativas apoia-se na perspectiva de que o conhecimento constitui um processo socialmente construído pelos sujeitos em suas interações cotidianas, à medida que atuam e transformam a realidade.

Ao citar Peres e Santos (2005), André (2013) ressalta três pressupostos básicos: o conhecimento encontra-se em constante processo de construção, exigindo do pesquisador uma postura aberta e flexível; o estudo de caso envolve múltiplas dimensões, o que demanda a utilização de diversas fontes de dados, métodos de coleta, instrumentos e procedimentos, de modo a evitar interpretações unilaterais ou superficiais, e a possibilitar a compreensão da realidade sob diferentes perspectivas. Tal multiplicidade requer do pesquisador uma postura ética, assegurando que o leitor tenha acesso às evidências utilizadas em suas análises, o que lhe permitirá confirmar ou elaborar suas próprias interpretações.

O estudo de um fenômeno em seu contexto natural constitui um instrumento valioso para a investigação de processos educacionais no ambiente em que efetivamente ocorrem. O contato direto e prolongado do pesquisador com os eventos possibilita a descrição das ações, a apreensão de significados, a análise das interações e a compreensão das linguagens, sem dissociá-los do contexto no qual se manifestam.

Convém destacar, ainda, que o estudo de caso apresenta traços comuns apontados por diferentes autores. Segundo André (2013), esses traços podem ser sintetizados em dois aspectos principais: (i) a particularidade do caso, que merece ser investigado e estudado em sua singularidade, considerando a multiplicidade de fatores que o caracterizam; e (ii) a exigência do uso de múltiplos procedimentos metodológicos, os quais permitem a realização de uma análise aprofundada e consistente.

Para a autora, o estudo de caso qualitativo ultrapassa a simples descrição de uma unidade. Ele exige uma investigação aprofundada de um fenômeno particular, considerando sua complexidade contextual e suas múltiplas dimensões, fundamentando-se em pressupostos próprios da abordagem qualitativa e na utilização de diversas fontes, bem como de diferentes métodos de coleta e análise de dados. Dessa forma, pesquisas que não realizam uma análise aprofundada e não contemplam a multiplicidade de dimensões de uma unidade, ainda que a tomem

como foco, não podem ser consideradas estudos de caso no sentido rigoroso proposto pela autora.

O caso analisado correspondeu a uma turma da 1ª série do Ensino Médio — denominação então adotada no Estado do Rio Grande do Sul —, composta por 35 alunos. Para o desenvolvimento do estudo, utilizou-se a simulação *Explorador de Igualdade* (Universidade do Colorado, 2025b), disponível na plataforma PhET (Universidade do Colorado, 2025a).

A plataforma PhET (Universidade do Colorado, 2025a) foi desenvolvida pela Universidade do Colorado, nos Estados Unidos, e disponibiliza gratuitamente simulações voltadas ao ensino e à aprendizagem das Ciências da Natureza e da Matemática. Essas simulações abrangem as áreas de Física, Química, Biologia, Matemática e Ciências da Terra. Na Figura 1, apresenta-se a tela inicial da plataforma PhET (Universidade do Colorado, 2025a).

Figura 1 – Tela de apresentação da plataforma PhET

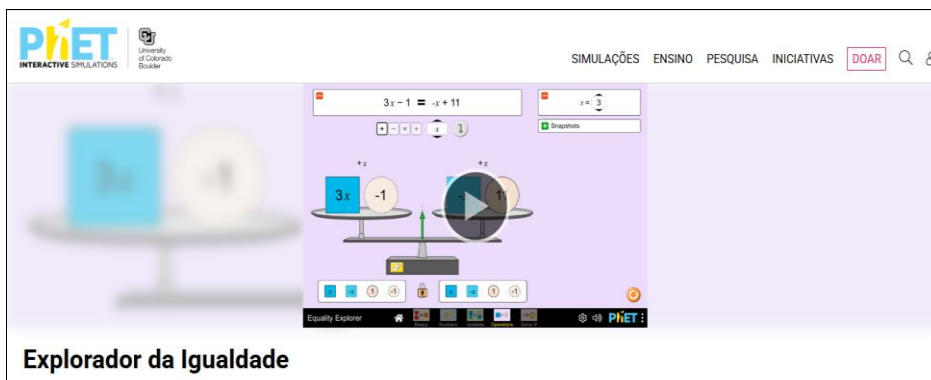


Fonte: Universidade do Colorado (2025a).

A simulação *Explorador de Igualdade* (Universidade do Colorado, 2025b), disponibilizada pela plataforma PhET, é destinada ao ensino de equações e da noção de equilíbrio em sentenças numéricas. Como se observa na Figura 2, sua característica central consiste em associar o sinal de igualdade à ideia de equilíbrio, representada por uma balança. Os elementos que podem ser dispostos na balança variam de acordo com as opções selecionadas pelo usuário, incluindo blocos esféricos, blocos cúbicos, frutas, animais, números, variáveis, entre outros. Essa

simulação disponibiliza cinco modos de utilização: Modo Básico, Modo Números, Modo Variáveis, Modo Operações e Modo Resolva!

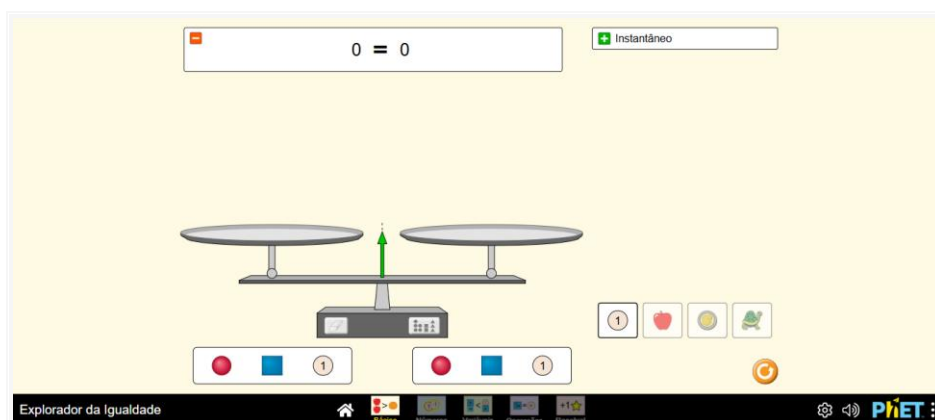
Figura 2 – Tela inicial da simulação *Explorador de Igualdade*



Fonte: Universidade do Colorado (2025b).

No Modo Básico (Figura 3), diferentes objetos — como blocos esféricos, blocos cúbicos, frutas e animais — podem ser colocados na balança, cada um associado a um valor previamente definido pela simulação. O objetivo desse modo é permitir que o usuário compreenda de forma direta a relação entre o sinal de igualdade e o equilíbrio da balança, percebendo que é possível obter o equilíbrio ao manipular virtualmente os objetos e identificar o valor correspondente a cada um. Nesse caso, o valor medido na balança é análogo à massa dos objetos, estabelecendo uma aproximação com essa grandeza física.

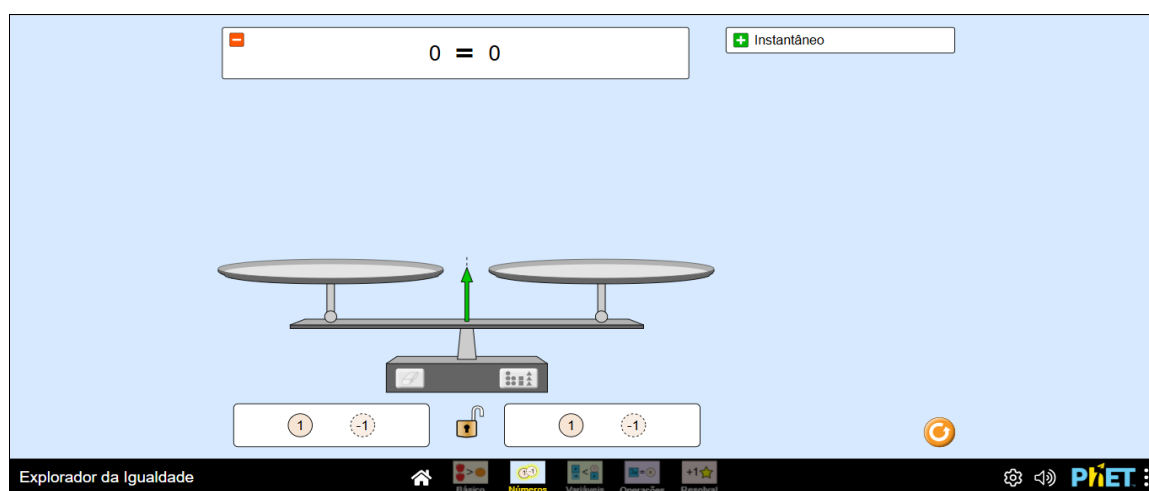
Figura 3 – Tela do modo básico.



Fonte: Universidade do Colorado (2025b).

No Modo Números (Figura 4), o usuário não dispõe de objetos distintos, podendo operar apenas com números positivos e negativos disponibilizados pela simulação. O objetivo desse modo é demonstrar que diferentes expressões numéricas, posicionadas em ambos os lados da balança, podem manter o equilíbrio algébrico. Assim, é possível realizar operações simples em cada lado da sentença numérica e observar a variação entre os sinais de igualdade e de desigualdade que surgem na tela, como no exemplo: $1 + 1 - 1 = 1$.

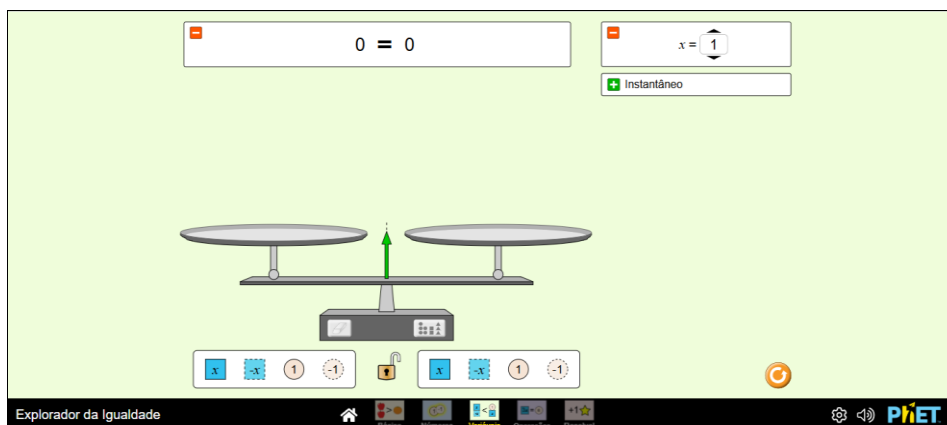
Figura 4 – Tela do modo números.



Fonte: Universidade do Colorado (2025b).

No Modo Variáveis (Figura 5), o usuário tem acesso a números inteiros e a incógnitas, com possibilidade de atribuir valores positivos ou negativos. É possível optar por visualizar ou não o valor da incógnita, que pode inclusive ser definido pelo próprio usuário no início da simulação. A relação entre a balança e o sinal de igualdade mantém-se a mesma dos modos já descritos; entretanto, nesse caso, torna-se viável introduzir um valor desconhecido em uma equação algébrica formal e simular sua resolução mediante a manipulação de números e variáveis na balança. O objetivo desse modo não é a resolução efetiva de equações (até porque o valor da variável é exibido na tela), mas sim evidenciar os efeitos das operações matemáticas no processo de resolução de uma equação.

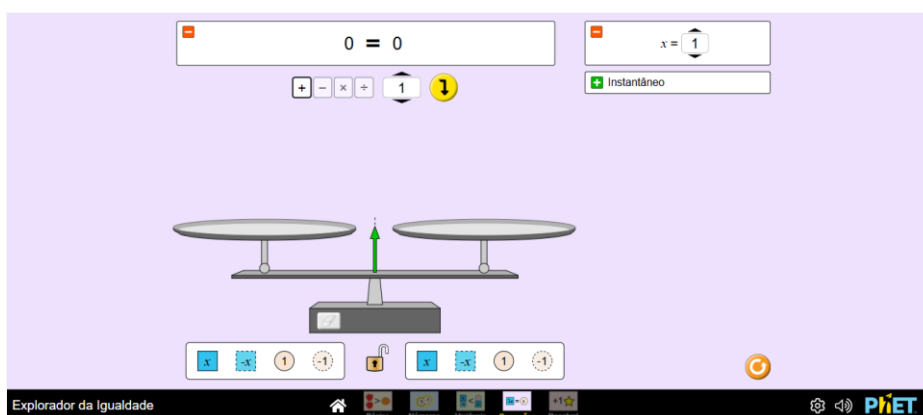
Figura 5 – Tela do modo variáveis.



Fonte: Universidade do Colorado (2025b).

No Modo Operações (Figura 6), são disponibilizados números e variáveis com sinais positivos e negativos, além da possibilidade de aplicar operações matemáticas — adição, subtração, multiplicação e divisão — em ambos os lados da balança. Esse modo tem por objetivo mostrar ao usuário que, ao operar uma quantidade em um dos lados de uma igualdade, é necessário realizar a mesma operação no lado oposto para preservar a relação de equilíbrio. Assim, torna-se possível simular a resolução de equações com incógnitas inteiras, ainda que a proposta não seja resolver a equação propriamente dita, visto que o valor da incógnita permanece visível na tela.

Figura 6 – Tela do modo operações.

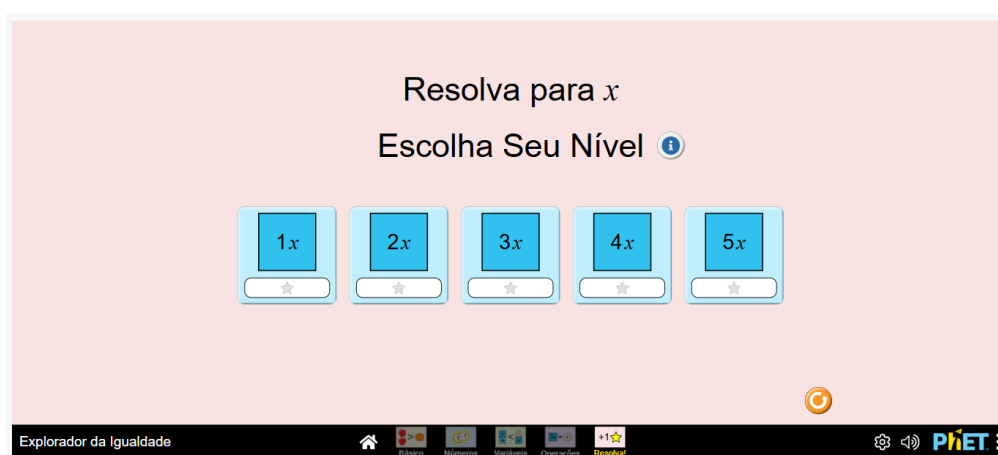


Fonte: Universidade do Colorado (2025b).

No Modo Resolva! (Figura 7), o valor da incógnita em cada equação não é exibido na tela, o que possibilita ao usuário efetivamente resolver as equações

propostas pela simulação, em uma dinâmica semelhante à de um jogo digital. No primeiro nível, as equações são mais simples, envolvendo apenas uma operação a ser realizada em ambos os lados da igualdade para que o valor da incógnita seja identificado. Nos níveis seguintes, a resolução demanda a realização de múltiplas operações; no quarto nível, surgem equações que envolvem frações, e, no quinto nível, apresentam-se situações em que a incógnita está disposta em ambos os lados da igualdade.

Figura 7 – Tela do modo resolve.



Fonte: Universidade do Colorado (2025b).

A coleta de dados foi realizada em uma escola da rede estadual, localizada na zona urbana de um município do interior do Rio Grande do Sul. A instituição oferece exclusivamente o Ensino Médio, nos três turnos, e conta com aproximadamente 1200 estudantes regularmente matriculados. Sua estrutura física dispõe de biblioteca, laboratórios de Física, Química e Matemática, três salas multimídia, auditório, banheiros, bebedouros, pátio e quadra de esportes. Os registros da coleta de dados foram organizados a partir de três fontes: (i) anotações dos alunos, solicitadas pelo pesquisador; (ii) diário de campo do professor-pesquisador (o autor desta pesquisa também é professor da turma participante); e (iii) fotografias das atividades desenvolvidas. Foram previstos cinco encontros para a realização do estudo.

No primeiro encontro, realizado em sala de aula, foi proposto aos estudantes o problema de determinar as raízes de cinco funções do primeiro grau:

$$f(x) = x + 2, g(x) = 2x, h(x) = 2x - 8, s(x) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4} \text{ e } t(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}.$$

O objetivo foi identificar as possíveis dificuldades apresentadas pelos alunos e verificar se compreendiam que, para encontrar as raízes, era necessário dominar o método de resolução de equações do primeiro grau. Solicitou-se que os estudantes entregassem o desenvolvimento das questões propostas, realizadas por eles. Com base nesse material, foram selecionadas três duplas de estudantes para compor o grupo de pesquisa: uma dupla que não realizou corretamente o desenvolvimento de todas as questões (Grupo 3); uma dupla que conseguiu resolver todas as questões de forma adequada (Grupo 1); e uma dupla que desenvolveu apenas parte das questões, considerando-se as dificuldades apresentadas nas que continham frações (Grupo 2).

No segundo encontro, realizado no laboratório de informática e restrito às duplas selecionadas, o pesquisador apresentou aos estudantes a simulação *Explorador de Igualdade*, da plataforma PhET (Universidade do Colorado, 2025b), nos modos Básico, Números, Variáveis e Operações. O modo Resolva! foi explorado nos dois encontros subsequentes.

No terceiro encontro, também realizado no laboratório de informática e destinado exclusivamente às duplas selecionadas, foi solicitado que os participantes acessassem o modo Resolva! da simulação *Explorador de Igualdade*, da plataforma PhET (Universidade do Colorado, 2025b). Nesse momento, os estudantes deveriam resolver problemas correspondentes aos três primeiros níveis do modo Resolva!, os quais envolviam equações sem frações.

No quarto encontro, realizado no laboratório de informática e restrito às duplas selecionadas, os participantes resolveram problemas do quarto nível do modo Resolva!, o qual demandava a resolução de equações que envolviam frações. Optou-se por não explorar o quinto nível, uma vez que, no problema de determinar a raiz de uma função do primeiro grau — foco desta pesquisa —, não consideramos relevantes as equações em que a incógnita aparecia em ambos os lados da igualdade.

No quinto encontro, realizado em sala de aula e novamente restrito às duplas selecionadas, os participantes retomaram o problema de encontrar as raízes das cinco funções do primeiro grau inicialmente propostas:

$$f(x) = x + 2, g(x) = 2x, h(x) = 2x - 8, s(x) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4} \text{ e } t(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}.$$

Solicitou-se aos estudantes que, assim como no primeiro encontro, que resolvessem as mesmas questões apresentadas na folha e, ao término das atividades, registrassem suas impressões acerca da experiência de realizar as tarefas tanto no computador, por meio do simulador digital PhET, quanto de forma manual.

Não houve qualquer forma de discriminação na seleção dos participantes, tampouco estes, ou a comunidade escolar, foram expostos a riscos desnecessários. Todos os procedimentos referentes à etapa de coleta de dados foram devidamente comunicados aos responsáveis legais dos participantes, por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), apresentado no Apêndice 1 desta dissertação, bem como aos próprios participantes, por intermédio do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), constante no Apêndice 2.

Esta pesquisa foi submetida à apreciação de uma comissão de ética e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), conforme parecer nº 7.795.231, emitido pelo CEP do IFSul.

Para a análise dos dados, foi empregado o método de análise de conteúdo, conforme Bardin (2011), organizado em três etapas: pré-análise, exploração do material e interpretação. A pré-análise consistiu em uma primeira leitura do material coletado, também denominada leitura flutuante, cujo intuito foi possibilitar ao pesquisador um contato inicial com o teor das informações reunidas. A exploração do material correspondeu à etapa de definição das unidades de registro (recortes do material potencialmente relevantes para a análise) e das unidades de contexto (elementos que conferiam sentido e situavam as unidades de registro), contribuindo para a categorização dos dados. Por fim, a interpretação dos dados constituiu a fase em que o pesquisador, a partir das categorias estabelecidas e do tratamento realizado nas etapas anteriores, e fundamentado teoricamente, elaborou análises, considerações e conclusões acerca do fenômeno investigado.

Na pré-análise, foi realizada uma organização inicial do material coletado, de modo a definir os documentos que seriam efetivamente analisados. Com base nas anotações dos alunos, no diário de campo do professor-pesquisador e nas fotografias das atividades, essa etapa teve início por meio de uma leitura flutuante,

isto é, uma leitura preliminar de todo o material, com o objetivo de obter uma visão geral do conteúdo e identificar impressões iniciais.

Após essa leitura, foi conduzida uma sistematização do material, mediante a separação e categorização dos diferentes tipos de dados (anotações, diário de campo e fotografias), a fim de facilitar o acesso e a análise subsequente. Em seguida, procedeu-se à seleção dos documentos a serem analisados, considerando sua relevância e a qualidade das informações neles contidas. Ainda nessa fase, foram formuladas hipóteses preliminares, fundamentadas nas observações do material, que puderam ser confirmadas ou refutadas ao longo da análise aprofundada. Também foram definidos indicadores analíticos para orientar o processo, tais como a identificação de temas recorrentes, padrões de comportamento e reações dos estudantes durante as atividades.

Por fim, a interpretação foi realizada por meio de uma análise fundamentada no referencial teórico e nos resultados apresentados pela literatura, em articulação com os dados coletados. Nessa etapa, foram observadas concordâncias, divergências e informações complementares, de modo a sustentar a compreensão do fenômeno investigado.

A seguir compartilhamos a proposta didática elaborada especialmente para a pesquisa, ou seja, as quais realizamos com os grupos durante nossos encontros, e que sugerimos para serem realizadas por outros professores de Matemática que ensinam funções e equações do primeiro grau. Tendo em vista que se trata de um Mestrado Profissional, esta proposta didática está atrelada ao produto educacional proposto pelo autor desta dissertação, juntamente com seu orientador.

5 PROPOSTA DIDÁTICA

Nossa proposta didática consiste em uma atividade cujo objetivo é oferecer aos educadores uma alternativa para o ensino da função do 1º grau. Essa atividade foi elaborada de forma cuidadosa, de modo a envolver os estudantes por meio da utilização das ferramentas digitais interativas disponibilizadas pela plataforma PhET.

Primeiro Encontro – Resolução de Equações para Encontrar Raízes

Sugerimos que, em um primeiro momento, as atividades sejam realizadas em sala de aula, onde será proposto o problema de determinar as raízes de cinco funções do 1º grau:

$$f(x) = x + 2, g(x) = 2x, h(x) = 2x - 8, s(x) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4} \text{ e } t(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}$$

O objetivo é identificar as possíveis dificuldades dos estudantes e verificar se compreendem que, para encontrar as raízes, é necessário dominar o método de resolução de equações do 1º grau.

Segundo Encontro – Simulações na Plataforma PhET (modos Básico, Números, Variáveis e Operações)

No segundo momento, após a realização das atividades iniciais e a identificação das dificuldades apresentadas pelos alunos, os professores poderão encaminhar os discentes ao laboratório de informática. Nesse espaço, o docente apresentará aos estudantes a simulação *Explorador de Igualdade*, da Plataforma PhET (Universidade do Colorado, 2025b), nos modos Básico, Números, Variáveis e Operações. O modo Resolva! será trabalhado nos dois encontros seguintes.

Terceiro Encontro - Simulações na Plataforma PhET (modo resolva!)

No terceiro momento, no laboratório de informática, os alunos serão orientados a acessar o modo Resolva! da simulação *Explorador de Igualdade*, da Plataforma PhET (Universidade do Colorado, 2025b). Nessa etapa, será solicitado

que os participantes resolvam problemas correspondentes aos três primeiros níveis desse modo, os quais abordam equações sem frações.

Quarto Encontro - Simulações na Plataforma PhET (modo resolva!)

No quarto momento, no laboratório de informática, poderá ser solicitado aos participantes que resolvam os problemas do quarto nível do modo Resolva!, o qual exige a resolução de equações que envolvem frações. Não há necessidade de explorar o quinto nível, uma vez que este tem como foco a resolução de equações com incógnitas em ambos os lados da igualdade.

Quinto Encontro - Simulações na Plataforma PhET (modo resolva!)

No quinto momento, os alunos deverão retomar o problema de determinar as raízes das cinco funções do 1º grau propostas inicialmente:

$$f(x) = x + 2, g(x) = 2x, h(x) = 2x - 8, s(x) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4} \text{ e } t(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}$$

Com base nessa nova resolução, poderá ser realizada uma avaliação complementar, de modo a verificar a evolução da aprendizagem dos estudantes.

Apresentamos no próximo capítulo o texto de apoio para professores, o qual pode auxiliar no ensino das equações do primeiro grau, utilizando a simulação digital *Explorador da Igualdade* da plataforma PhET.

6 PRODUTO EDUCACIONAL

Nesta pesquisa, pretende-se validar um recurso educacional intitulado “Texto de Apoio para o Ensino das Equações do 1º Grau por meio da Plataforma PhET”. Nesta seção, serão definidos e esclarecidos os conceitos relacionados ao que se entende por produto educacional e, dentre as diversas categorias existentes, será dado enfoque ao conceito de texto de apoio.

Uma das exigências dos programas de mestrado profissional na área de ensino consiste no desenvolvimento e validação de um produto educacional, entendido como uma proposta de material a ser utilizada no processo de ensino-aprendizagem. Esse material deve ser elaborado individualmente pelo mestrando, contando com o suporte das orientações, sugestões e diretrizes fornecidas por seu orientador (Buss, 2022).

O produto educacional deve ter como finalidade o aprimoramento dos métodos de ensino. Em geral, o aluno de mestrado, em consonância com seu orientador, opta por desenvolver um projeto relacionado à sua área de formação inicial.

Os materiais educativos podem assumir diferentes categorias. No presente contexto, trata-se de um texto de apoio destinado aos docentes, redigido de forma clara e acessível, possibilitando que os professores que o utilizarem consigam implementar a proposta apresentada. Além disso, é fundamental que o material educativo seja passível de reprodução. Buss (2022) afirma, em relação ao papel de um texto de apoio:

O “Texto de Apoio aos Professores” tem, portanto, a função de orientar os(as) docentes em relação a um determinado conteúdo ou a um conjunto de conteúdos, que compõem o conhecimento inerente a alguma disciplina, num determinado período escolar (Buss, 2022, p. 1012).

E acrescenta:

Precisaria trazer possibilidades de capacitar e de subsidiar os(as) professores(as) no quesito conhecimento, sugerindo ações que permitam que tais conteúdos sejam colocados em prática pedagógica, seja essa curricular ou extracurricular (Buss, 2022, p. 1012).

Considerando as dificuldades que os alunos apresentam ao se depararem com as funções do 1º grau em Matemática, e observando a crescente complexidade na compreensão desse conteúdo, propusemos a elaboração de um texto de apoio

voltado para professores. Esse material foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação (PPGCITED) do IFSul/CAVG.

A proposta central do texto consiste em oferecer orientações didáticas destinadas a docentes do Ensino Médio, com o apoio da ferramenta digital PhET. Ao longo da minha trajetória como professor, tenho constatado, de forma cada vez mais evidente, as dificuldades enfrentadas pelos estudantes na aprendizagem das funções do 1º grau, o que motivou a escolha desse tema.

De acordo com Piaget (2012), a criança que já se encontra na fase operatório-formal é capaz de utilizar o pensamento de forma abstrata, compreender diagramas e equações, bem como realizar diversas operações lógicas de maneira coordenada, mesmo na ausência do objeto do conhecimento.

Na atualidade, os jogos e as simulações digitais têm assumido papel de destaque na educação, configurando-se como ferramentas eficazes no apoio ao processo de aprendizagem. Tais recursos oferecem um ambiente interativo e envolvente, que contribui para que os alunos aprendam de maneira mais dinâmica.

Por meio de simulações digitais, é possível desenvolver diversas habilidades cognitivas, como o raciocínio lógico, a memória e a capacidade de resolução de problemas, além de estimular a criatividade e o trabalho em equipe.

Ademais, tais simulações possibilitam a personalização do conteúdo, oferecendo desafios adaptados ao nível de cada estudante e fornecendo feedback imediato. Esse recurso auxilia os professores na identificação de dificuldades e na adequação das suas abordagens pedagógicas, conforme as necessidades apresentadas.

Na maioria das vezes, os professores enfrentam grandes dificuldades para trabalhar com simulações digitais, sobretudo no que se refere ao acompanhamento avaliativo da aprendizagem. Tendo em vista esses desafios, propomos a elaboração de um texto de apoio que contempla a utilização da plataforma PhET por docentes do ensino secundário, especificamente no ensino da função do primeiro grau.

Depois de aplicar o produto educacional, foi possível verificar como essa atividade impactou o uso da simulação digital Explorador de Igualdade, da plataforma PhET, na resolução de equações de funções do primeiro grau. Com essa análise, pudemos validar um texto de apoio para os professores do Ensino Médio, concluindo que o objetivo foi atingido. Isso porque os estudantes demonstraram

compreensão sobre as funções do primeiro grau durante os encontros, reforçando os conhecimentos que haviam sido trabalhados ao longo do estudo. Segundo os registros no diário de campo do professor-pesquisador, os alunos mostraram interesse em todas as etapas da atividade e compartilharam seus conhecimentos prévios sobre o tema.

O texto de apoio tem potencial para ser utilizado em outras escolas, tanto nas cidades quanto no campo, desde que, nas escolas rurais, haja uma conexão de internet de boa qualidade. Ele pode ser usado em salas com computadores ou dispositivos móveis, e, quando disponível, em laboratórios de informática. O(a) professor(a) pode — e deve — ajustar o texto de acordo com a realidade de cada turma. Se for adotado, esse material pode ajudar no processo de aprendizagem dos alunos, especialmente ao estudar as funções do primeiro grau. Percebeu-se que os estudantes conseguiram entender e participar ativamente das aulas, fazendo perguntas relevantes e colocando em prática o que foi discutido em sala. Essa participação ajudou, em pouco tempo, a criar esquemas mentais que já estavam alinhados ao nível de aprendizagem de cada estudante.

No próximo capítulo, apresentamos os dados que foram coletados com o celular (fotos) e também do diário de campo do professor-pesquisador, bem como a discussão gerada por tais dados.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo tem como propósito apresentar os resultados e a discussão decorrentes da produção realizada ao longo da pesquisa. Na seção 7.1, são apresentados os dados coletados — anotações do diário de campo, registros dos alunos e fotografias obtidas pelo aparelho celular do professor-pesquisador —, constituindo o material de pré-análise. A análise desse material possibilitou a elaboração de uma categorização. Nas seções seguintes, são apresentadas as categorias definidas empiricamente, a partir da análise dos dados.

Na seção 7.2, são apresentados os resultados referentes à compreensão dos estudantes a partir das resoluções digitais, em conformidade com o referencial teórico adotado. Na seção 7.3, foi analisado o processo do esquema de assimilação, conforme a perspectiva de Piaget (2012), considerando as resoluções digitais que envolvem um único processo. Na seção 7.4, destacam-se as dificuldades observadas nas resoluções digitais que envolvem dois processos. Por fim, na seção 7.5, foi analisado o esquema de acomodação, segundo Piaget (2012), aplicado às resoluções digitais com dois processos.

7.1 Registros das Atividades

A seguir, apresentamos as anotações registradas no diário de campo, referentes aos quatro dias de execução da proposta didática (22/09/2025, 01/10/2025, 08/10/2025 e 28/10/2025), bem como as anotações dos alunos e as fotografias obtidas pelo celular do professor-pesquisador.

Quadro 4 – Anotações do Diário de Campo

<u>Anotações do dia 22/09/2025</u>
<p>Em sala de aula, os alunos receberam uma folha impressa contendo cinco funções do primeiro grau, acompanhada da orientação para que encontrassem a raiz de cada uma delas. Inicialmente, deixei-os à vontade para ler e compreender o que estava sendo solicitado. No entanto, percebi que não haviam compreendido a proposta da atividade. Com o auxílio do Professor/Aplicador, insisti em questionar a turma: “Achar a raiz significa o quê?”. Após algum tempo, um aluno respondeu: “É encontrar o valor de x”. A partir desse momento, os demais começaram a realizar as atividades. Mesmo após algumas orientações adicionais, os alunos continuaram apresentando dificuldades, pois não se recordavam de que era necessário igualar a função a zero para determinar a raiz. Nesse momento, o Professor/Aplicador fez uma nova pergunta: “A partir da resposta do colega de vocês, o que devemos fazer agora?”. Então, outro aluno respondeu: “Devemos igualar as equações a zero”. Durante a realização da atividade, observei que alguns</p>

estudantes utilizavam os dedos para efetuar cálculos. Ressalto, ainda, que nessa turma há uma aluna surda e muda, que conta com o apoio de uma intérprete para acompanhar as aulas.

Anotações 01/10/2025

No segundo encontro, realizado na sala de tecnologias, apresentei inicialmente a Simulação Explorador da Igualdade aos grupos de alunos previamente selecionados pelo professor/aplicador e pelo orientador. Em seguida, solicitei que os grupos explorassem os modos “básico”, “números”, “variáveis” e “operações”. O **Grupo 1** conseguiu manipular o simulador com eficiência, demonstrando boa compreensão do funcionamento da plataforma. No início, apresentou certa dificuldade para encontrar o valor de “x”, na Simulação Explorador da Igualdade, mas superou esse obstáculo ao longo da atividade. O Professor/Aplicador perguntou às alunas: “Qual é o inverso da subtração?”. Imediatamente, responderam: “Soma”. O **Grupo 2** é composto por uma aluna surda, que comentou ter “conseguido identificar visualmente a igualdade por meio de uma seta verde localizada no centro da balança”. Esse grupo não apresentou nenhuma dificuldade durante o encontro. Da mesma forma que fiz com o grupo anterior, perguntei-lhes: “Qual é o inverso da soma?”. No mesmo instante, responderam: “Subtração”. O **Grupo 3**, por sua vez, apresentou grande dificuldade em identificar os sinais de maior e menor ($<$, $>$), além de demonstrar limitações na compreensão dos números negativos e na interpretação do sinal de igualdade durante a resolução das funções na Simulação Explorador da Igualdade. À medida que a atividade progredia, realizei algumas perguntas ao grupo: “Qual é o inverso da soma?”. Um dos alunos respondeu: “Subtração”. Em seguida, perguntei: “E agora, qual é o inverso da subtração?”. Eles responderam: “Soma”.

Anotações do dia 08/10/2025

No terceiro encontro, os alunos realizaram as atividades no modo “Resolva!”, abrangendo os níveis de 1 a 4. Observei que o **Grupo 1** apresentou uma pequena dificuldade inicial, mas logo compreendeu como executar as atividades no simulador. O professor/aplicador, então, fez-lhes uma pergunta: “Qual é o inverso da divisão?”. As alunas prontamente responderam: “A multiplicação.” De modo semelhante, o **Grupo 2** também participou ativamente. O professor/aplicador perguntou: “Qual é o inverso da multiplicação?”. As alunas responderam de imediato: “A divisão.” O **Grupo 3**, por sua vez, demonstrou maior dificuldade na execução das tarefas que envolviam dois processos no simulador. Diante dessa dificuldade, o professor/aplicador questionou: “Qual é o inverso da multiplicação?”. Os alunos responderam: “A soma.” Em seguida, perguntou: “E o inverso da divisão?”. Responderam: “A subtração.” Mesmo após a explicação do Professor/Aplicador, os alunos não conseguiram assimilar adequadamente esse conceito.

Anotações do dia 28/10/2025

No quarto encontro, os alunos retornaram à sala de aula para resolver as mesmas atividades propostas no primeiro encontro, que continham as cinco funções de primeiro grau impressas em uma folha. Nesse momento, deixei os grupos à vontade para desenvolver as atividades propostas.

Fonte: autoria própria.

Em seguida, são apresentadas as fotografias tiradas nos dias em que a proposta didática foi realizada. Ao longo dos quatro dias, foram registradas 22 fotografias dos alunos durante a execução das atividades no simulador PhET, além de 6 fotografias das resoluções manuais realizadas pelos três grupos. De todas as imagens captadas, foram selecionadas 10 fotografias dos alunos utilizando a simulação e 12 fotografias correspondentes às resoluções manuais, com o intuito de ilustrar as atividades desenvolvidas em sala de aula, as quais são apresentadas a seguir.

Figura 8 – Resoluções do 1º encontro – Itens a, b e c (Grupo 1)

a) $f(x) = x + 2$
 $x + 2 = 0$
 $x = 0 - 2$
 $\frac{-2}{1} \quad x = -2 //$

b) $g(x) = 2x$
 $2x = 0$
 $x = \frac{0}{2} \quad x = 0 //$

c) $h(x) = 2x - 8$
 $2x - 8 = 0$
 $2x = 0 + 8$
 $x = \frac{8}{2}$
 $x = 4 //$

Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 9 – Resoluções do 1º encontro – Itens d e e (Grupo 1)

d) $s(x) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4}$
 ~~$\frac{x}{4} + \frac{9}{4}$~~
 $4x + 36 = 0$
 $4x = 0 - 36$
 $x = \frac{-36}{4} \quad x = -9 //$

e) $t(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}$
 ~~$\frac{x}{6} - \frac{5}{3}$~~
 $3x - 30 = 0$
 $3x = 0 + 30$
 $x = \frac{30}{3} \quad x = 10 //$

Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 10 – Resoluções do 1º encontro – Itens a, b e c (Grupo 2)

a) $f(x) = x + 2$
 $x + 2 = 0$
 $x = -2$

b) $g(x) = 2x$
 $2x = 0$
 $x = \frac{0}{2}$
 $x = 0$

c) $h(x) = 2x - 8$
 $2x - 8 = 0$
 $2x = 8$
 $x = \frac{8}{2} = x = 4$

Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 11 – Resoluções do 1º encontro – Itens d e e (Grupo 2)

d) $s(x) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4}$
 $\frac{x}{4} + \frac{9}{4} = 0$
 $4x + 36 = 0$
 $4x = -36$
 $x = \frac{-36}{4} = x = -9$

e) $t(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}$
 $\frac{x}{6} - \frac{5}{3} = 0$
 $\frac{1x - 10}{6} = 0$
 $1x - 10 = 0$
 $x = 10$
 $x = \frac{10}{2} = x = 5$

6,3 | 3
3,1 | 3
1,1

Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 12 – Resoluções do 1º encontro – Itens a, b e c (Grupo 3)

a) $f(x) = x + 2$
 $(x) + 2 = 0$
 $(0) + 2$
 $x = 0$

b) $g(x) = 2x$
 $(x) = 2x$
 $(1) = 2 \cdot 1$
 $2 \cdot 1$
 $x = 2 //$

c) $h(x) = 2x - 8$
 $(1) = 2x - 8$
 $3 - 8$
 $x = 5 //$

Fonte: Resolução de estudantes.

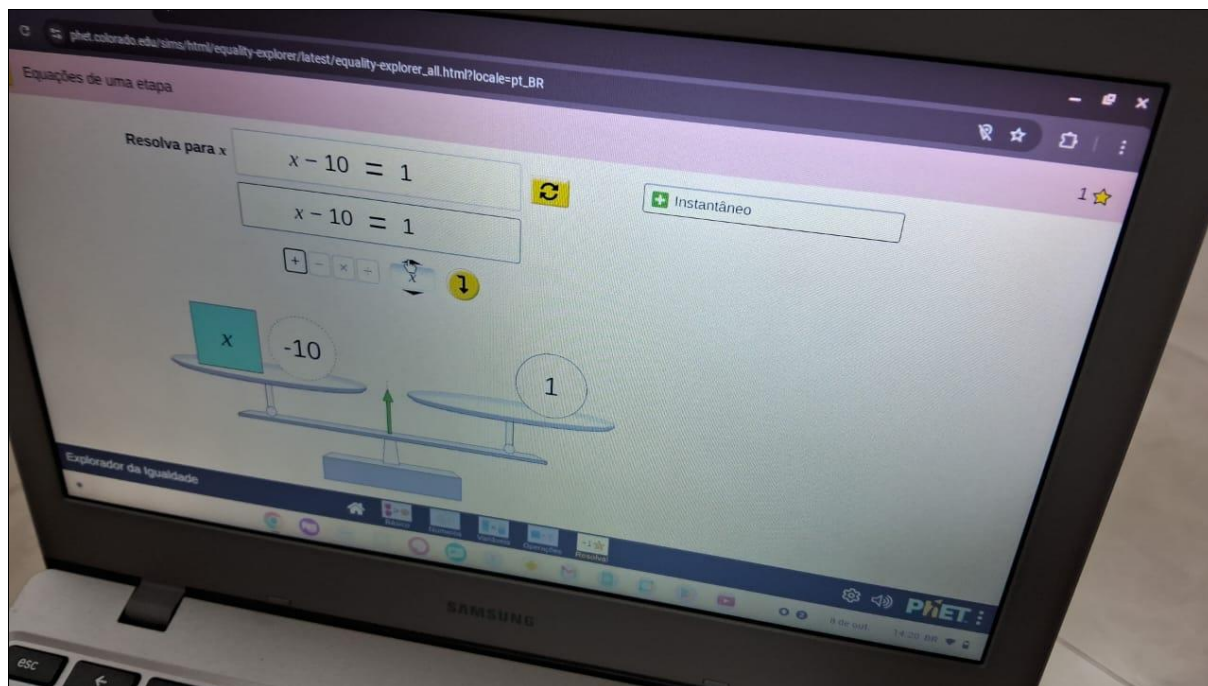
Figura 13 – Resoluções do 1º encontro – Itens d e e (Grupo 3)

d) $s(x) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4}$
 $(1) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4}$
 $x \cdot 4 + 9$
 $8x + 9$
 $x = 17$

e) $t(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}$
 $(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}$
 $(x) \cdot \frac{6}{6} - \frac{5}{3}$
 $3x \cdot 6 - 5$
 $18 - 5$
 $x = 13 //$

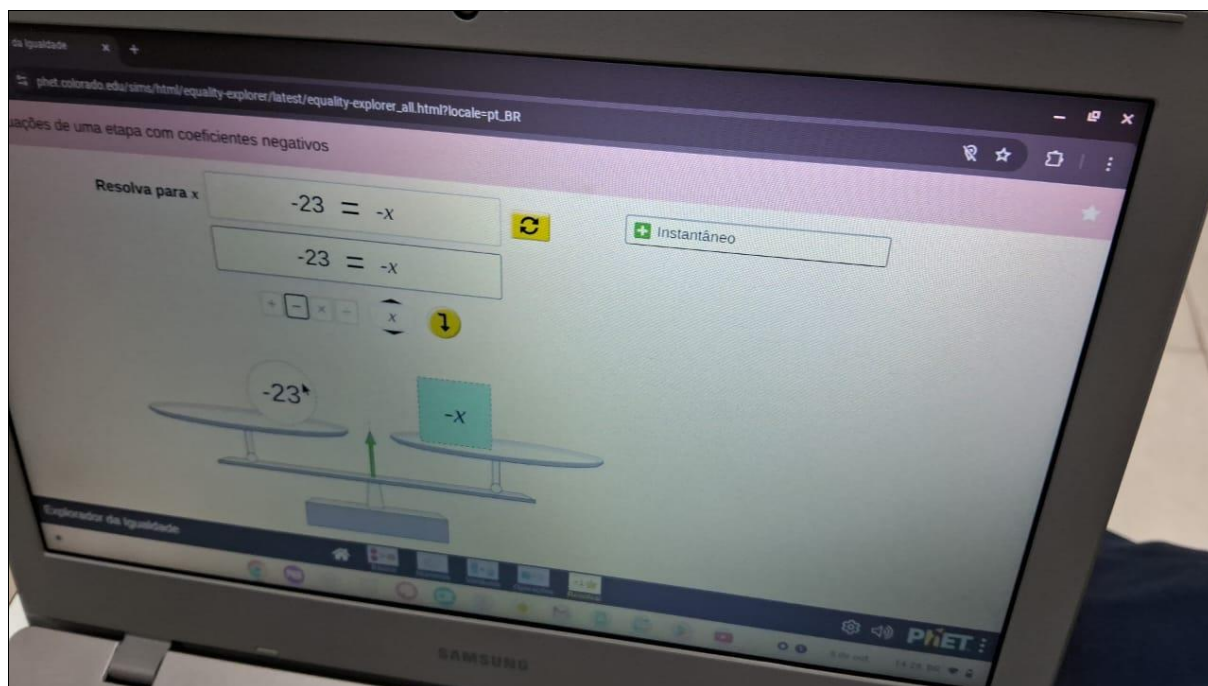
Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 14 – Equações de 1 processo na Simulação Digital (Grupo 1)



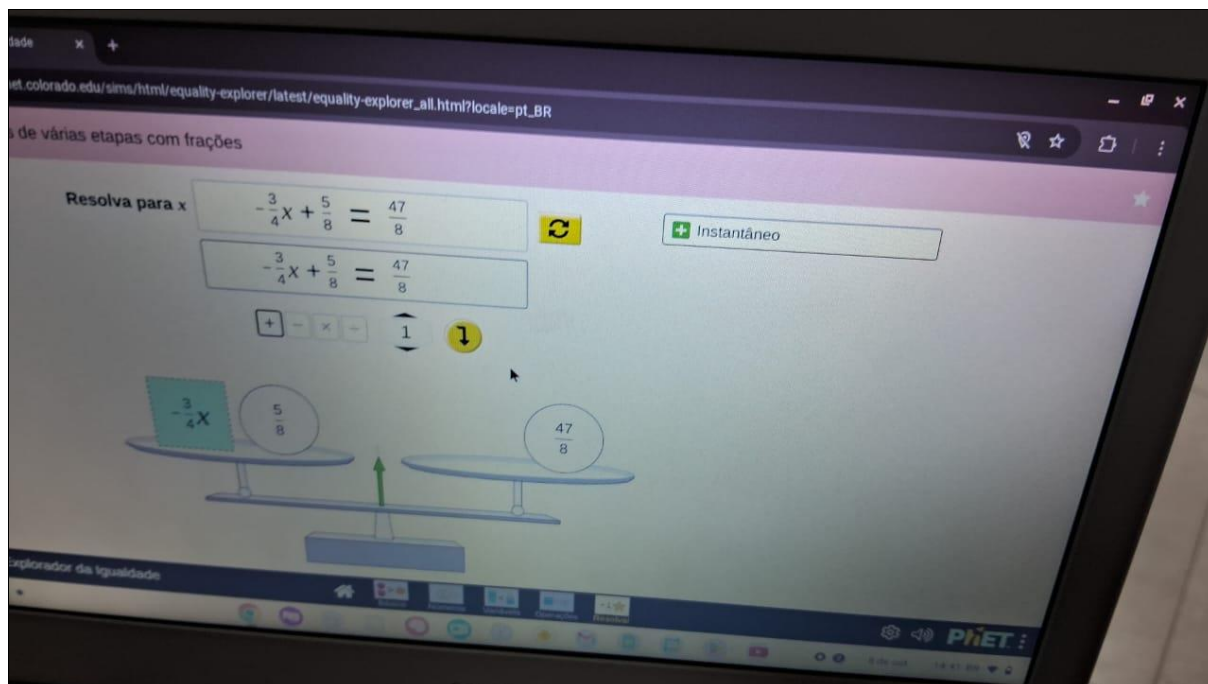
Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 15 – Equações de 1 processo na Simulação Digital (Grupo 1)



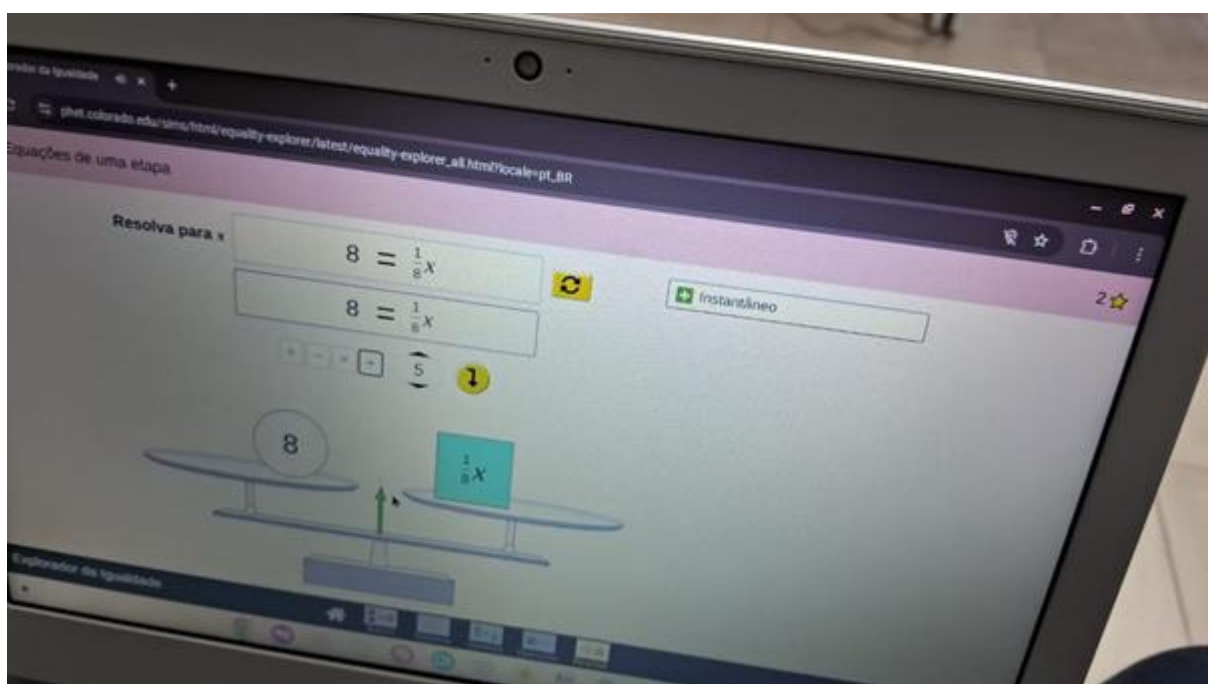
Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 16 – Equações de 2 processos na Simulação Digital (Grupo 1)



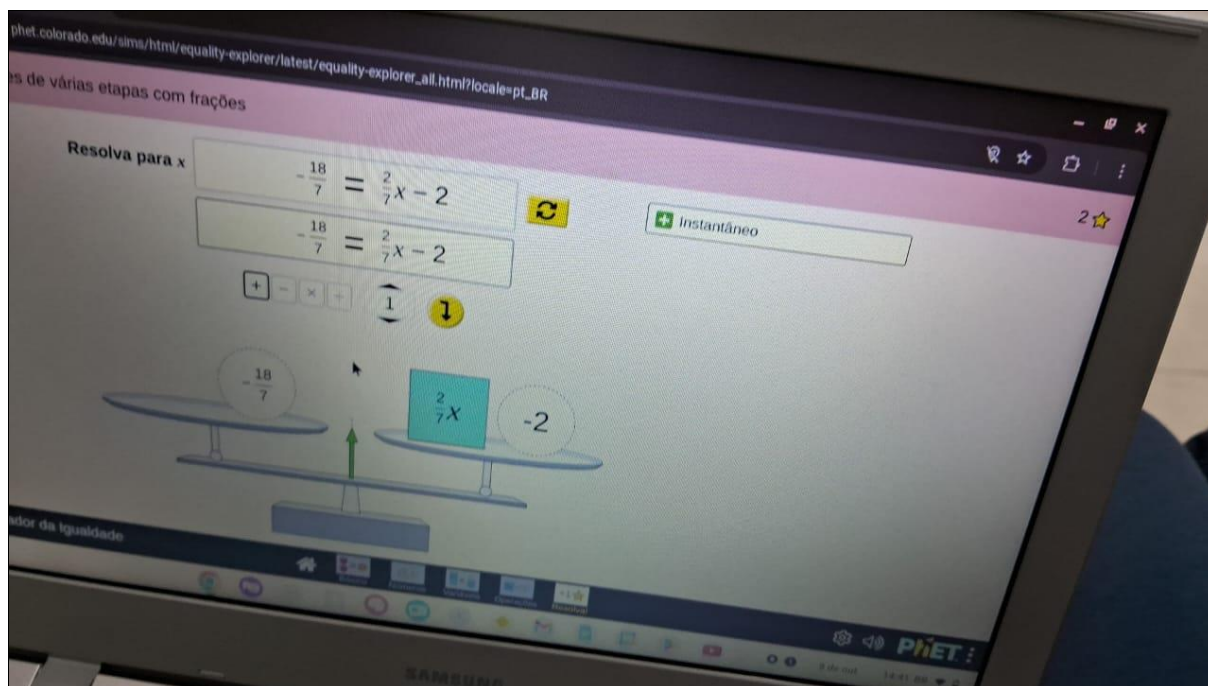
Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 17 – Equações de 1 processo na Simulação Digital (Grupo 2)



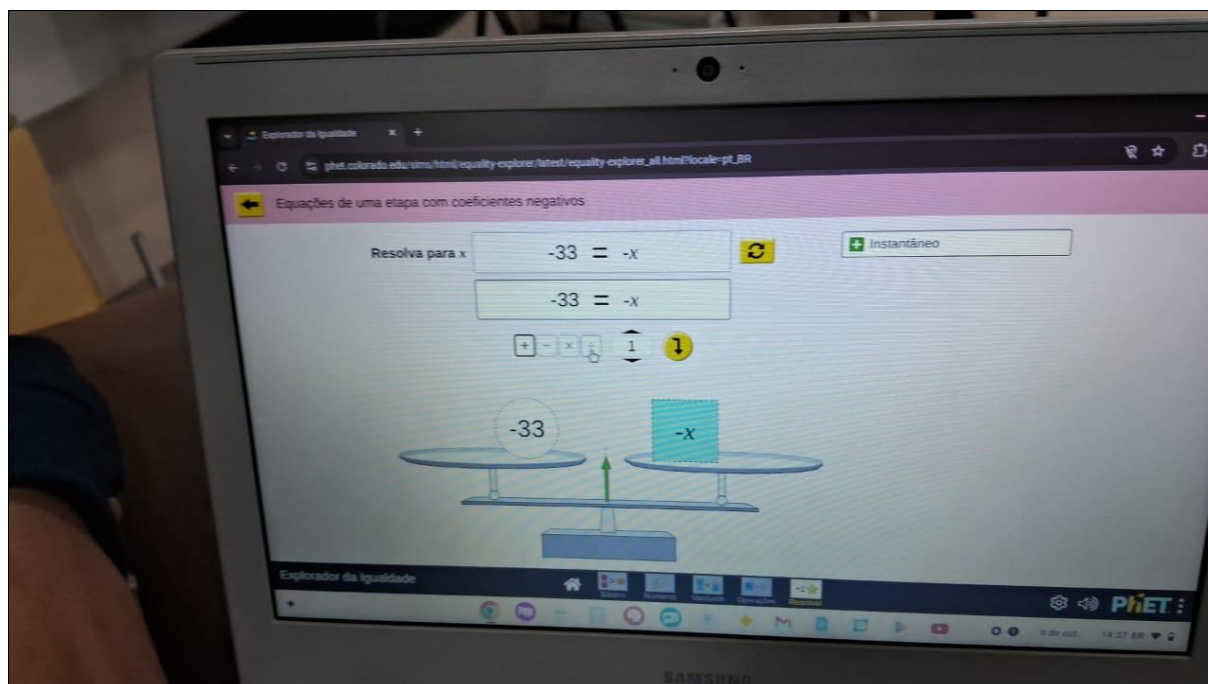
Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 18 – Equações de 2 processos na Simulação Digital (Grupo 2)



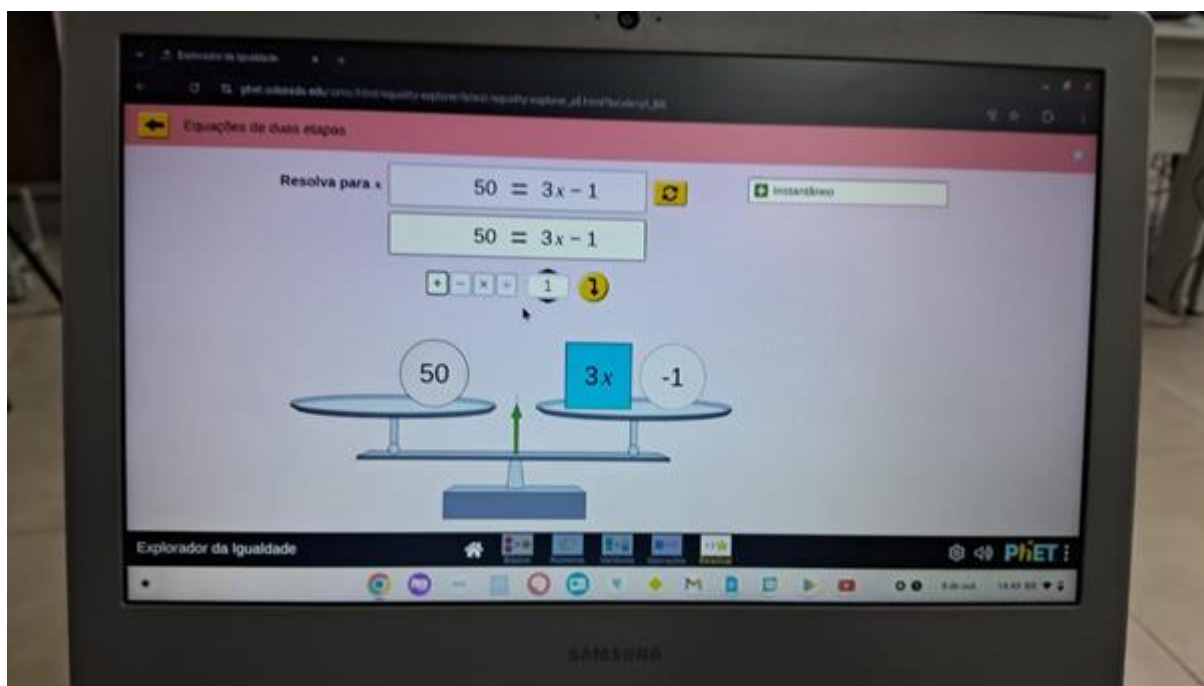
Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 19 – Equações de 1 processo na Simulação Digital (Grupo 3)



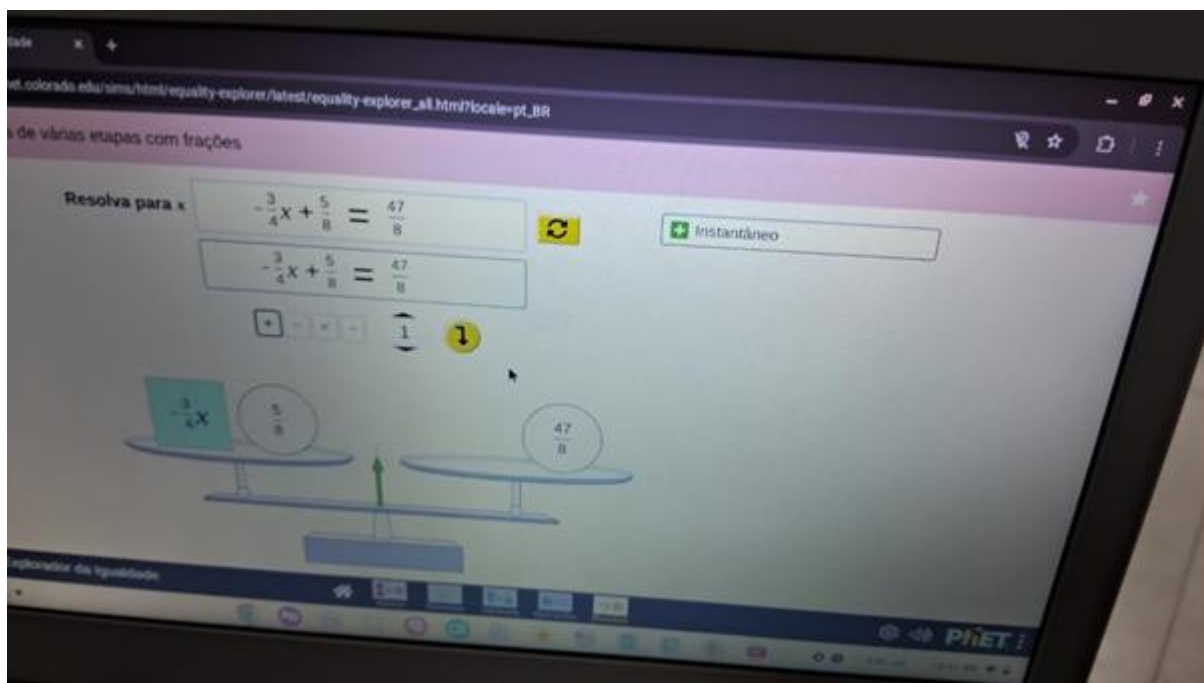
Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 20 – Equações de 2 processos na Simulação Digital (Grupo 3)



Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 21 – Equações de 2 processos na Simulação Digital (Grupo 3)



Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 22 – Resoluções do último encontro – Itens a, b e c (Grupo 1)

$$\begin{array}{l}
 \text{a) } f(x) = x + 2 \\
 x + 2 = 0 \\
 x = -2 \\
 \\
 \text{b) } g(x) = 2x \\
 2x = 0 \\
 \cdot \frac{1}{2} \\
 x = 0 \\
 \\
 \text{c) } h(x) = 2x - 8 \\
 2x - 8 = 0 \\
 2x = 8 \\
 x = \frac{8}{2} = 4
 \end{array}$$

Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 23 – Resoluções do último encontro- Itens d e e (Grupo 1)

$$\begin{array}{l}
 \text{d) } s(x) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4} \\
 \frac{x}{4} + \frac{9}{4} \\
 4x = 36 \\
 x = \frac{36}{4} = 9 \\
 \\
 \text{e) } t(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3} \\
 \frac{x}{6} - \frac{5}{3} \\
 3x = 30 \\
 x = \frac{30}{3} = 10
 \end{array}$$

Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 24 – Resoluções do último encontro – Itens a, b e c (Grupo 2)

a) $f(x) = x + 2$
 $x + 2 = 0$
 $x = -2$

b) $g(x) = 2x$
 $2x = 0$
 $x = \frac{0}{2}$
 $x = 0$

c) $h(x) = 2x - 8$
 $2x - 8 = 0$
 $2x = 8$
 $x = \frac{8}{2}$
 $x = 4$

Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 25 – Resoluções do último encontro- Itens d e e (Grupo 2)

d) $s(x) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4}$
 $\frac{x}{4} + \frac{9}{4}$
 $\frac{x+9}{1} = \frac{9x}{1} = 0 \rightarrow 9x = 0$
 $x = -9$

e) $t(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}$
 $\frac{x}{6} - \frac{5}{3}$
 $\frac{x-5}{2} = 0$
 $x = 5.2$
 $x = 10$

Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 26 – Resoluções do último encontro- Itens a, b e c (Grupo 3)

a) $f(x) = x + 2$
 $f(0) = x + 2$
 $x + 2 = 0$
 $x = -2$

b) $g(x) = 2x$
 $g(0) = 2x$
 $2x = 0$
 $x = 0 \div 2$
 $x = 0$

c) $h(x) = 2x - 8$
 $h(x) = 2x - 8$
 $2x - 8 = 0$
 $2x = -8 \div 2$
 $x = 4$

Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 27 – Resoluções do último encontro- Itens d e e (Grupo 3)

d) $s(x) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4}$
 $s(x) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4}$
 $(x) = 4 + 13$
 $x = 13 + 4$
 $x = 9$

e) $t(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}$
 $T(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}$
 $x - 3 = 6 \cdot 5$
 $3x - 1$
 $x = 2$

Fonte: Resolução de estudantes.

7.2 Melhora nas resoluções com um processo

De acordo com o relato do diário de campo, a partir da atividade realizada em sala de aula, no primeiro encontro, constatou-se que os alunos de um dos grupos já possuíam determinada compreensão acerca da função do primeiro grau. Em especial, o grupo 3 respondeu às perguntas “[...] qual é o inverso da soma? Um dos alunos respondeu: Subtração. Em seguida, perguntei: E agora, qual é o inverso da subtração? Eles responderam: Soma [...]” assim, observa-se que os alunos já demonstravam certa noção das operações com as funções do primeiro grau.

Com base nas figuras 12 e 26, pode-se afirmar que se trata de um exemplo de acomodação (Piaget, 2012), uma vez que os alunos do grupo 3, que anteriormente não haviam acertado nenhuma atividade, reorganizaram seu esquema de compreensão sobre a função do primeiro grau e passaram a realizar corretamente as tarefas, após a utilização da Simulação Explorador da Igualdade como método de estudo tecnológico.

Figura 12 – Resoluções do 1º Encontro - Itens a, b e c (Grupo 3)

Handwritten student work for Figure 12:

- a) $f(x) = x + 2$
 $1(x) + 2 = 0$
 $(0) + 2$
 $x = 0$
- b) $g(x) = 2x$
 $1(x) = 2x$
 $(1) \cdot 2 = 2$
 $2 \cdot 1$
 $x = 2 //$
- c) $h(x) = 2x - 8$
 $(1) = 2x - 8$
 $3 - 8$
 $x = 5 //$

Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 26 – Resoluções do último encontro – Itens a, b e c (Grupo 3)

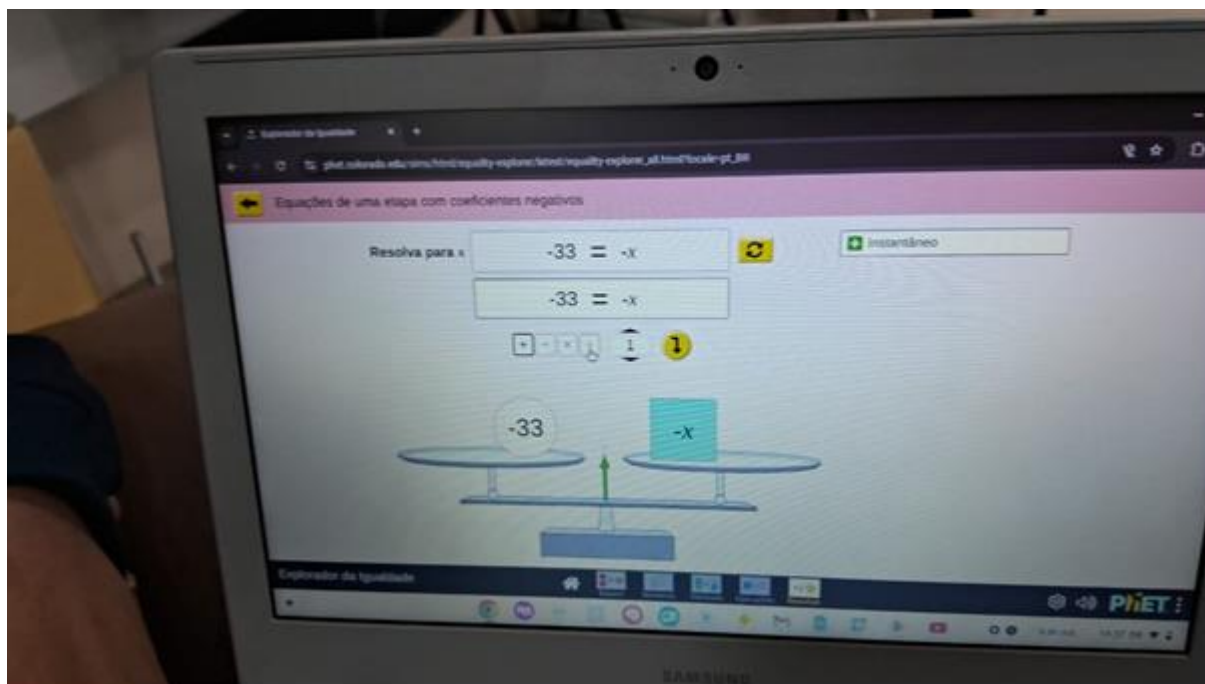
Handwritten student work for Figure 26:

- a) $f(x) = x + 2$
 $1(0) = x + 2$
 $x + 2 = 0$
 $x = -2$
- b) $g(x) = 2x$
 $g(0) = 2x$
 $2x = 0$
 $x = 0 \div 2$
 $x = 0$
- c) $h(x) = 2x - 8$
 $h(x) = 2x - 8$
 $2x - 8 = 0$
 $2x = -8 \div 2$
 $x = 4$

Fonte: Resolução de estudantes.

Como podemos observar nas figuras 14, 17 e 19, os grupos 1, 2 e 3 realizaram uma atividade no modo “operações”, em que precisam utilizar apenas um processo. Com uma única tentativa, foram capazes de chegar à resposta correta.

Figura 19 – Equações de 1 processo na Simulação Digital (Grupo 3)



Fonte: Resolução de estudantes.

Este resultado concorda com Felipe (2022), que, em seu trabalho, relata que, ao retomar alguns conceitos sobre as equações do primeiro grau com o Simulação Explorador da Igualdade, foi possível constatar uma melhoria qualitativa na aprendizagem dos alunos. De acordo com os resultados da presente pesquisa, isto se confirma para problemas que envolvem apenas um processo (uma operação) em ambos os lados da igualdade. Os estudantes do Grupo 3 realizaram um processo de acomodação, criando um novo esquema para resolver problema envolvendo a identificação da operação inversa.

7.3 Esquemas de assimilação para resoluções com um processo

De acordo com o relato do diário de campo, a partir do trabalho desenvolvido na sala de aula no primeiro encontro, com algumas intervenções do professor-pesquisador, foi observado que alguns alunos já possuíam um conhecimento prévio das funções do primeiro grau, como descrito nos seguintes trechos: “[...] com o

auxílio do professor/aplicador, insisti em questionar o grupo: ‘Achar a raiz significa o quê?’. Após algum tempo, um aluno respondeu: ‘É encontrar o valor de x [...]’; e “[...] Nesse momento, o professor/aplicador fez uma nova pergunta: ‘A partir da resposta do colega de vocês, o que devemos fazer agora?’. Então, outro aluno respondeu: ‘Devemos igualar as equações a zero’ [...]”. No terceiro encontro também os alunos mostraram que já possuíam algum conhecimento prévio, como descrito: “[...] O professor/aplicador, então, fez-lhes uma pergunta: Qual é o inverso da divisão? As alunas prontamente responderam: A multiplicação. De modo semelhante, o Grupo 2 também participou ativamente. O professor/aplicador perguntou: ‘Qual é o inverso da multiplicação?’. As alunas responderam de imediato: A divisão [...]”.

Conforme registrado no diário de campo, o Grupo 1 “[...] apresentou uma ligeira dificuldade inicial, mas rapidamente compreendeu como executar as atividades no simulador. O professor/aplicador, então, colocou-lhes a seguinte questão: Qual é o inverso da divisão? As alunas prontamente responderam: A multiplicação. [...]”, demonstrando possuir conhecimento prévio sobre o processo.

De acordo com Piaget (2012), tais considerações indicam que os discentes se encontram no nível das operações formais. Observa-se que, nessa fase, os alunos são capazes de utilizar o pensamento abstrato, desenvolvendo, assim, resoluções sem a necessidade do uso de instrumentos concretos de conhecimento.

Conforme demonstrado nas Figuras 8 e 10, observa-se o desenvolvimento das resoluções dos alunos, cuja resolução foi efetuada mentalmente. Tal fato indica, segundo Piaget (2012), que as estudantes realizaram o processo de assimilação, pois, ao receberem a nova informação, assimilaram a situação utilizando um esquema pré-existente sobre funções para solucioná-la, sem necessidade de modificar o conhecimento previamente adquirido — ou seja, recorreram ao seu entendimento prévio.

Figura 8 – Resoluções do 1º encontro –
Itens a, b e c (Grupo 1)

Handwritten student work for Group 1:

- a) $f(x) = x + 2$
 $x + 2 = 0$
 $x = 0 - 2$
 $\frac{-2}{1} \quad x = -2 //$
- b) $g(x) = 2x$
 $2x = 0$
 $x = \frac{0}{2} \quad x = 0 //$
- c) $h(x) = 2x - 8$
 $2x - 8 = 0$
 $2x = 0 + 8$
 $x = \frac{8}{2}$
 $x = 4 //$

Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 10 – Resoluções do 1º encontro –
Itens a, b e c (Grupo 2)

Handwritten student work for Group 2:

- a) $f(x) = x + 2$
 $x + 2 = 0$
 $x = -2$
- b) $g(x) = 2x$
 $2x = 0$
 $x = \frac{0}{2}$
 $x = 0$
- c) $h(x) = 2x - 8$
 $2x - 8 = 0$
 $2x = 8$
 $x = \frac{8}{2} = x = 4$

Fonte: Resolução de estudantes.

Este resultado concorda com Oliveira (2023), e também Garcia e Battisti (2023) acerca do desempenho e da motivação dos alunos na realização de atividades que envolvem o uso de tecnologias, como o computador, especialmente no ensino de conteúdos programáticos, como a Álgebra, as funções do primeiro grau e as equações. No caso desta pesquisa, constatamos que isto se confirma para o caso de funções do primeiro grau nas quais apenas um processo algébrico é demandado para ambos os lados da igualdade. Ainda que as estudantes dos Grupos 1 e 2 já conseguissem antes resolver este tipo de problema, elas se sentiram motivadas para aplicar esquemas de assimilação para resolver problemas semelhantes requerendo um processo de operação inversa, agora na simulação digital.

7.4 Persistência de dificuldades para resoluções com dois processos

Conforme registrado no diário de campo, o Grupo 3 apresentou, desde o início, dificuldades na compreensão da resolução de funções do primeiro grau, conforme relatado a seguir: “[...] dificuldade em identificar os sinais de maior e menor ($<$, $>$), além de demonstrar limitações na compreensão dos números negativos e na interpretação do sinal de igualdade durante a resolução das funções no simulador PhET [...]”.

O Grupo 3 seguiu apresentando obstáculos em desenvolver as atividades que envolviam dois processos, conforme registrado no diário de campo: “[...] demonstrou maior dificuldade na execução das tarefas que envolviam dois processos na simulação. Diante dessa dificuldade, o professor-pesquisador fez algumas perguntas ao grupo: Qual é o inverso da multiplicação? Responderam: a soma. Qual é o inverso da divisão? Responderam: subtração [...]”. Foi observado que, além de não dominarem a resolução manual, os integrantes desse grupo apresentaram significativa dificuldade na compreensão e aplicação das operações inversas de multiplicação e divisão. Mesmo com o auxílio do professor-pesquisador, “[...] os alunos não conseguiram assimilar adequadamente esse conceito [...]”.

Figura 13 – Resoluções do 1º encontro – Itens d e e (Grupo 3)

Handwritten student work for item d) and e):

d) $s(x) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4}$
 $(1) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4}$
 $x \cdot 4 + 9$
 $8x + 9$
 $x = 17$

e) $t(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}$
 $(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}$
 $(x) \cdot \frac{6}{6} - \frac{5}{3}$
 $3x \cdot 6 - 5$
 $18 - 5$
 $x = 13 //$

Fonte: Resolução de estudantes

Figura 27 – Resoluções do último encontro – Itens d e e (Grupo 3)

Handwritten student work for item d) and e):

d) $s(x) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4}$
 $s(x) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4}$
 $(x) = 4 + 13$
 $x = 13 + 4$
 $x = 9$

e) $t(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}$
 $T(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}$
 $x \cdot 3 = 6 \cdot 5$
 $3x - 1$
 $x = 2$

Fonte: Resolução de estudantes

As resoluções realizadas manualmente nas figuras 13 e 27 indicam que o Grupo 3 teve dificuldade em resolver as questões envolvendo dois ou mais processos algébricos no modo Resolva!

7.5 Esquemas de acomodação para resolução com dois processos

Salientamos o trecho do diário de campo “[...] Da mesma forma que fiz com o grupo anterior (grupo 1), perguntei-lhes: Qual é o inverso da soma? No mesmo instante, responderam: Subtração [...]” e “[...] O professor/aplicador perguntou: Qual é o inverso da multiplicação? As alunas responderam de imediato: A divisão. [...]”, destacando que essas respostas são dos estudantes do Grupo 2 e ainda não posso deixar de destacar que nesse grupo temos uma aluna surda, que relato no diário de campo “[...]conseguido identificar visualmente a igualdade por meio de uma seta verde localizada no centro da balança [...]”.

Conforme ilustrado nas Figuras 11 e 25, as discentes apresentaram progressos no desenvolvimento das resoluções de questões referentes às funções do primeiro grau que envolvem frações. Essa melhora ocorreu logo após a utilização da simulação “Explorador da Igualdade”, com o propósito de empregar um recurso digital como apoio ao processo de aprendizagem da Matemática.

Figura 11 – Resoluções do 1º encontro – Itens d e e (Grupo 2)

d) $s(x) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4}$
 $\frac{x}{4} + \frac{9}{4} = 0$
 $4 \cdot \frac{x}{4} + 4 \cdot \frac{9}{4} = 0$
 $x + 9 = 0$
 $x = -9$

e) $t(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}$
 $\frac{x}{6} - \frac{5}{3} = 0$
 $\frac{x}{6} = \frac{5}{3}$
 $x = 10$

Fonte: Resolução de estudantes.

Figura 25 – Resoluções do último encontro – Itens d e e (Grupo 2)

d) $s(x) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4}$
 $\frac{x}{4} + \frac{9}{4} = 0$
 $\frac{x+9}{4} = 0$
 $x+9 = 0$
 $x = -9$

e) $t(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}$
 $\frac{x}{6} - \frac{5}{3} = 0$
 $\frac{x-10}{6} = 0$
 $x-10 = 0$
 $x = 10$

Fonte: Resolução de estudantes

Como podemos observar na Figura 11, o Grupo 2, no primeiro encontro, ao realizar o procedimento manual, identificou corretamente a função $s(x)$, embora não tenha obtido o mesmo êxito relativamente à função $t(x)$. Contudo, após participarem do processo investigativo e dos encontros em que utilizaram a simulação Explorador da Igualdade, lograram sucesso no último encontro, no qual voltaram a resolver as mesmas questões sobre funções do primeiro grau, conforme ilustrado na Figura 29. Assim, o grupo conseguiu integrar e consolidar o conhecimento adquirido durante o uso da simulação com os saberes previamente desenvolvidos.

Podemos salientar igualmente o Grupo 1 que, conforme apresentado nas Figuras 9 e 27, já possuía esse processo claramente consolidado, tendo o conhecimento prévio devidamente integrado aos seus saberes.

Para Piaget (2012), a acomodação é o processo pelo qual o indivíduo ajusta os esquemas mentais já existentes ou elabora novos esquemas, a fim de lidar com informações ou experiências que não se enquadram nas estruturas cognitivas previamente estabelecidas. As integrantes do Grupo 2 realizaram um processo de acomodação, ao integrarem aos seus esquemas mentais a resolução da subtração de frações com denominadores diferentes, o que não conseguiam fazer no primeiro encontro.

No próximo capítulo são apresentadas as considerações finais do trabalho, em que analisamos o cumprimento do objetivo geral e o papel da simulação digital *Explorador da Igualdade* da Plataforma PhET no processo de aprendizagem para o cálculo das raízes de funções do primeiro grau.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste trabalho consistiu em analisar o impacto do uso da simulação digital Explorador de Igualdade, da plataforma PhET, na resolução de equações de funções do primeiro grau e, a partir dessa análise, validar um texto de apoio destinado a professores do Ensino Médio. Concluímos que esse objetivo foi alcançado, uma vez que os discentes demonstraram compreensão acerca das funções do primeiro grau durante os encontros, consolidando os conhecimentos construídos ao longo do estudo. De acordo com os registros no diário de campo do professor-pesquisador, os estudantes mostraram grande interesse em todas as etapas, inclusive compartilhando seus conhecimentos prévios sobre o tema. Nas análises realizadas, foram considerados os seguintes tópicos: determinação da raiz das funções, inverso das operações matemáticas e conceito de igualdade. Os alunos demonstraram possuir algum conhecimento prévio para resolver as questões sobre funções do primeiro grau, tanto no simulador PhET quanto no processo manual. Foi possível discutir, de forma clara e acessível, a relevância do uso do simulador PhET para a compreensão das funções do primeiro grau ao longo da fase de reflexão.

Compreendemos que o texto de apoio possui potencial para ser utilizado em outras instituições de ensino, tanto urbanas quanto rurais, desde que, no caso das escolas situadas em áreas rurais, haja acesso a uma conexão de internet de boa qualidade. A aplicação pode ocorrer em salas equipadas com computadores ou dispositivos móveis e, quando disponível, em laboratórios de informática. O(a) professor(a) pode — e deve — adaptar o texto de apoio conforme a realidade de cada turma. Caso seja implementado, esse material poderá contribuir significativamente para o aprimoramento do processo de aprendizagem dos alunos, especialmente durante o estudo dos conteúdos relacionados às funções do primeiro grau. Observou-se que os estudantes conseguiram compreender e envolver-se ativamente nas aulas por meio de questionamentos pertinentes, demonstrando a aplicação prática do que havia sido discutido em sala. Essa participação resultou no desenvolvimento, em curto prazo, de esquemas mentais prévios, adequados ao nível de aprendizagem de cada aluno.

Somos, portanto, capazes de responder à questão de pesquisa — “De que modo a simulação digital Explorador de Igualdade, da plataforma PhET, pode contribuir para o ensino da função do primeiro grau?” — da seguinte forma: essa contribuição pode ocorrer por meio de um texto de apoio destinado aos professores, estruturado em quatro etapas. Na primeira etapa, apresentam-se as atividades realizadas em sala de aula, nas quais é proposto o problema de determinar as raízes de cinco funções do primeiro grau. Na segunda etapa, realizada no laboratório de informática, o docente apresenta aos estudantes a simulação Explorador de Igualdade, da plataforma PhET (Universidade do Colorado, 2025b), explorando os modos Básico, Números, Variáveis e Operações. Na terceira etapa, também no laboratório de informática, os alunos são orientados a acessar o modo Resolva! da simulação Explorador de Igualdade, da plataforma PhET (Universidade do Colorado, 2025b). Nessa fase, solicita-se que os participantes resolvam problemas correspondentes aos quatro primeiros níveis do modo, que envolvem equações com e sem frações. Por fim, na quarta etapa, os alunos retomam o problema inicial de determinar as raízes das cinco funções do primeiro grau. Com base nessa nova resolução, realiza-se uma avaliação complementar, com o objetivo de verificar a evolução da aprendizagem dos estudantes.

Além disso, podemos afirmar que a simulação digital *Explorador da Igualdade* contribui para que os estudantes desenvolvam esquemas de acomodação para resolverem equações do primeiro grau, porém é importante que se tenha o cuidado de tratar primeiro as dificuldades relativas às equações sem frações, para que só então, após superadas tais dificuldades, sejam abordadas funções envolvendo equações do primeiro grau com frações, para o cálculo de obtenção de suas raízes

No caso desta pesquisa, o professor-pesquisador constatou que, na fase de análise do texto de apoio, os alunos mobilizaram aprendizagens preexistentes e igualmente contribuíram para o esclarecimento dos colegas. Por exemplo: ao indagar-se o significado de “achar a raiz” de uma função do primeiro grau, um estudante respondeu corretamente. Em seguida surgiu nova questão — “devemos igualar essas equações a qual número?” — à qual outro aluno respondeu prontamente. O professor-pesquisador enfatizou, de forma sucinta, que, antes de iniciar a resolução dos problemas, é necessário ler atentamente o enunciado e analisar com cuidado o que se solicita.

As conclusões referentes às atividades realizadas manualmente pelos estudantes, após a fase de observação, superaram nossas expectativas, pois evidenciaram que, de fato, eles compreenderam a proposta e a intenção do texto de apoio. Chamou-nos particularmente a atenção o fato de que, antes das aulas sobre funções do primeiro grau, quando a professora solicitou que os alunos refizessem as atividades manualmente, alguns deles cometeram erros em todas as questões. Contudo, após as aulas de observação, vários estudantes demonstraram recordar-se dos conteúdos trabalhados anteriormente, aplicando corretamente os conceitos aprendidos com o auxílio do simulador digital PhET.

Ressaltamos que, durante a execução do texto de apoio proposto neste trabalho, podem ocorrer alguns imprevistos, como a falta de conexão com a internet. Além disso, o funcionamento do simulador digital PhET depende do desempenho dos computadores e da capacidade da rede em suportar múltiplos acessos simultâneos. No caso desta pesquisa, a conexão da escola não suportava o uso de muitos computadores ao mesmo tempo, motivo pelo qual as atividades foram realizadas em duplas. Os docentes que desejarem aplicar o texto de apoio poderão realizar as adaptações necessárias com base nos resultados obtidos, considerando que cada instituição de ensino possui realidades distintas.

Antes de concluirmos, importa mencionar que, caso a realização das atividades da simulação Explorador da Igualdade, envolvendo um ou dois processos, tivesse ocorrido ao longo de dois dias — uma vez que, na investigação, foram realizadas num único dia — os resultados poderiam apresentar diferenças relevantes.

O presente trabalho alcançou o objetivo proposto ao oferecer contribuições importantes relacionadas à aprendizagem dos alunos, que demonstraram compreender e resolver operações envolvendo funções do primeiro grau. Além disso, evidenciou que o produto educacional originado deste estudo constitui um valioso recurso de apoio pedagógico para auxiliar os professores no ensino das funções do primeiro grau aos estudantes do Ensino Médio.

Verificou-se uma melhoria na aprendizagem das funções do primeiro grau com o uso da simulação Explorador da Igualdade, disponível na plataforma PhET. Os Grupos 1 e 2 obtiveram êxito tanto no processo manual quanto na utilização da simulação, conseguindo realizar corretamente as atividades, independentemente de estas exigirem um ou dois procedimentos. Já o Grupo 3 alcançou sucesso apenas

nas atividades da simulação Explorador da Igualdade que envolviam um único processo de resolução.

Concordamos com a literatura no que diz respeito à adequação da simulação *Explorador da Igualdade* da plataforma PHET para abordar habilidades previstas na BNCC, ao envolvimento e motivação dos estudantes ao interagirem com a plataforma e ao avanço na compreensão de conceitos relacionados à ideia de equação.

Concluimos que os alunos que realizaram corretamente as atividades sobre funções do primeiro grau de forma manual também foram capazes de resolver as simulações do Explorador da Igualdade, da plataforma PhET. Além disso, pode-se afirmar que o uso da simulação não interfere negativamente na aprendizagem dos discentes relativamente às funções do primeiro grau.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. S.; OLIVEIRA, M. E. N.; ESPÍNDOLA, E. B. M. Explorador Básico de Igualdade da Plataforma Digital PhET: Uma Análise Acerca das Potencialidades Didáticas à Luz da BNCC e do Currículo de Pernambuco. **Boletim Cearense de Educação e História da Matemática**. V. 08, n. 23, p. 829-845, 2021.

ANDRÉ, M. O que é um Estudo de Caso Qualitativo em Educação? **Revista da FAEBA**, v. 22, n. 40, p. 95-103, jul./dez. 2013.

BALLADARES, G. E. G.; HEREDIA, L. J. H.; RIVERA, L. D. L.; CAMACHO, I. R. G. Simulador PHET, una herramienta de gamificación para el aprendizaje de las matemáticas. **Revista Social Fronteriza**. Cuenca: Complementos en la Ciencia, 2023. p. 97 – 113.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARROS, J. C. **A Utilização do PhET para Aprendizagem de Matemática nas Séries Finais do Ensino Fundamental**. 2019. 151 p. Dissertação: (Programa de Pós-Graduação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2019.

BECK, V. C. **Elementos de Álgebra Linear e Geometria Analítica**. Editora Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012. 139p.

BLANTON, M.; KAPUT, J. Characterizing a classroom practice that promotes algebraic reasoning. **Journal for Research in Mathematics Education**, v.36, n.5, p.412-446, 2005.

BLANTON, M.; STEPHENS, A.; KNUTH, E.; GARDINER, A. M.; ISLER, I.; KIM, J.-S. The Development of Children's Algebraic Thinking: The Impact of a Comprehensive Early Algebra Intervention in Third Grade. **Journal for Research in Mathematics Education**, v.46, n.1, p.39-87, 2015.

BUSS, C.S. O conceito de texto de apoio aos professores enquanto produto educacional dos mestrados profissionais. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática** - UPF, v. 5, n. 2, p.999-1017, Passo Fundo-RS, 2022.

CECILIA, V. V. N. **Fortalecimiento de competencias matemáticas en la resolución de problemas con fracciones y ecuaciones aprovechando el potencial del simulador Phet en estudiantes del grado décimo**. 2023. 165 p. Disertación (Magíster en Tecnologías Digitales Aplicadas a la Educación) - Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2023.

DÍAZ, J.F.R. **La Simulación Gráfica, como Estrategia De Análises e Interpretacion de Funciones en el Área de Matemáticas en Estudiantes del Grado Octavo**. 2020. 286 p. Disertación (Magister en Tecnologías Digitales Aplicadas a la Educación) - Universidad de Santander - UDES, Bucaramanga, Colombia, 2020.

FELLIPPE, R.; BATTISTI, I. K. A Equação Polinomial de 1º Grau e as Relações Conceituais Estabelecidas com Base na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. In: SALÃO DO CONHECIMENTO UNIJUI, 2022. Ijuí. **Anais do Salão do Conhecimento de Ijuí**. Ijuí: Ed. UNIJUI, 2022. Disponível em: <https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconhecimento/article/view/22410>. Acesso em: 01 mar. 2024.

GARNICA, A. V. M. História Oral e Educação Matemática. In: BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (Org.) **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática**. Editora Autêntica, Belo Horizonte, 2004.

GARCIA, J. B. P. Simulaciones PhET: una estrategia didáctica para fortalecer el aprendizaje del álgebra. **Revista Multidisciplinaria de Ciencia Innovación y Desarrollo**, Veracruz, México. p. 21-28, 2023.

CARPENTER, T. P.; LEVI, L.; FRANKE, M. L. ZERINGUE, J. K. Algebra in the elementary school: developing relational thinking. **ZDM – The International Journal on Mathematics Education**, v.37, n.1, p.53-59, 2005.

IGREJA, C. L. V. S.; CAMARGOS, H. S. O Uso do Simulador PhET para o Ensino da Matemática. **Revista Desafios**, Palmas, Tocantins, v. 9, p. 4-11, 2022.

LABOR, Otávio P.; OLIVEIRA, Elrismar A. G. Sequência didática no ensino de lançamento oblíquo com auxílio de simulador da plataforma PhET. **Revista Educar Mais**, v. 6, p. 515-522, 2022.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. Atualização da edição João Bosco Medeiros. – 9 ed. – São Paulo: Atlas, 2021.

OLIVEIRA, R.K.C. **A Utilização de Softwares para o Ensino da Matemática**. 2023. 73 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Licenciatura em Matemática), Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2023.

PERES, R. S.; SANTOS, M. A. Considerações gerais e orientações práticas acerca do emprego de estudos de caso na pesquisa científica em Psicologia. **Interações**, v. X, n. 20, p. 109-126, jul./dez. 2005.

PIAGET, J. **Epistemologia genética**. Tradução: Álvaro Cabral. 4.ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2012. 123 p.

ROMEIRO, R. A. G. **Aprendizagem baseada em projetos na aplicação de gráficos de funções com apoio de recursos computacionais no Ensino Médio**. 2016.168 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2017.

SCHOLZ, L. M. O.; VALLE, A. C.D. Simuladores PhET no Ensino de Matemática: Uma Classificação Conforme Unidades Temáticas da BNCC. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA DA UNICESUMAR, 12., 2021. (virtual). **Anais do XII Encontro Internacional De Produção Científica da Unicesumar**. Disponível em: <https://www.unicesumar.edu.br/anais-epcc-2021/wp->

[content/uploads/sites/236/2021/11/601.pdf](#). Acesso em: 01 mar. 2024.

STEPHENS, M.; WANG, X. Investigating some junctures in relational thinking: a study of year 6 and 7 students from Australia and China. **Journal of Mathematics Education**, v.1, n.1, p.28-39, 2008.

UNIVERSIDADE DO COLORADO. **PhET**. In: Phet Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/ Acesso em: 27 out. 2025a.

UNIVERSIDADE DO COLORADO. **Explorador da Igualdade**. In: Phet Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/equality-explorer. Acesso em: 27 out. 2025b.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. London: Sage, 1984.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Termo de Consentimento Livre Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Projeto de Pesquisa: O pensamento algébrico na resolução de equações em funções do primeiro grau e o uso da simulação digital “Explorador da Igualdade” da plataforma PhET

Instituição realizadora da Pesquisa: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (Câmpus Pelotas - Visconde da Graça)

Pesquisadores responsáveis: Vinicius Carvalho Beck; Marcos Mülling Ewald.

Objetivo: analisar o impacto do uso da simulação digital Explorador da Igualdade da plataforma PhET para a resolução de equações em funções do primeiro grau, com vistas a validar um texto de apoio para professores do ensino médio.

Procedimentos a serem realizados pelos participantes:

A pesquisa será produzida a partir de dados coletados em uma turma da 1ª série do Ensino Médio de uma escola pública. Será solicitado que cada sujeito participante resolva alguns problemas de Matemática envolvendo equações do primeiro grau em seu caderno, identificando suas dificuldades, e, em seguida, realize algumas atividades no Laboratório de Informática. Logo após, será solicitado que os participantes retornem ao caderno para resolver novamente os problemas propostos inicialmente.

Sobre garantias e direitos dos participantes:

Os dados coletados serão utilizados para tabulação e posterior análise. Há o comprometimento dos pesquisadores em não divulgar os nomes dos sujeitos desta pesquisa e nem mesmo informações que possam vir a expô-los, garantindo o sigilo e a privacidade absolutos.

Estarão garantidos a assistência e o acompanhamento relativos a eventuais danos imateriais decorrentes, direta ou indiretamente, da pesquisa. Há o risco de choque elétrico causado por algum dos componentes eletrônicos dos computadores do Laboratório de Informática. Para evitar choques elétricos, os pesquisadores solicitarão à equipe de manutenção da escola uma revisão elétrica do local nos dias que antecederem a coleta de dados. Ainda assim, caso algum participante sofra algum choque elétrico durante a coleta de dados, os pesquisadores desligarão o disjuntor da sala, e em caso de danos mais graves, os pesquisadores levarão os participantes até o posto de saúde ou emergência médica mais próxima. Caso algum participante venha a desenvolver algum transtorno psíquico, intelectual, social e/ou moral decorrente, de alguma forma, da realização da pesquisa, os pesquisadores se colocam à disposição para auxiliar no que for necessário para a redução dos efeitos e condições que possam vir a causar algum dano ao participante.

A assistência será garantida e comprovada quando for delegada a outra pessoa ou instituição, seguindo o previsto neste protocolo. O participante da pesquisa que vier a sofrer qualquer tipo de dano resultante de sua participação, previsto ou não no Registro de Consentimento Livre e Esclarecido, terá direito a assistência e a buscar indenização. Havendo algum dano decorrente da pesquisa, o participante terá direito a ser indenizado pelo dano decorrente da coleta de dados, nos termos da Lei (Res. CNS 510, VI, Art. 9).

Está garantido aos participantes o acesso aos resultados da pesquisa e o compromisso dos pesquisadores de divulgar tais resultados em formato plenamente acessível e compreensível ao grupo que foi pesquisado.

No caso de interrupção da pesquisa, a decisão será justificada e o participante, caso seja necessário, receberá a assistência adequada. Além disso, o sujeito da pesquisa terá os esclarecimentos desejados e a assistência adequada, se necessário, antes e durante sua realização.

Todos os dados coletados nesta pesquisa ficarão armazenados em arquivo, físico ou digital, sob guarda e responsabilidade do/a pesquisador(a), por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa (Resolução CNS nº 510 de 2016, Art. 28, Inciso IV), para que o/a participante possa decidir livremente sobre sua participação e sobre o uso de seus dados no momento e no futuro. Assumimos também o compromisso de apagar da nuvem/rede todos os dados da pesquisa (inclusive os termos, anuências, consentimentos), e guardá-los em dispositivo eletrônico próprio/local na maior brevidade possível (Carta Circular nº 1/2021/CONEP/SECNS/MS e Ofício Circular nº 23/2022/CONEP/SECNS/DGIP/SE/MS).

Contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP):

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) é um órgão colegiado interdisciplinar e independente, de relevância pública, de caráter consultivo, deliberativo e educativo, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Endereço: Gonçalves Chaves, nº 3218, Centro. Pelotas/RS. CEP 96015-560

E-mail CEP: if-seccep@ifsul.edu.br

Telefone CEP: (53)3030-6095

Horário de Atendimento ao Público: De segunda à sexta, das 9h às 13h

Contato dos pesquisadores:

CEP profissional dos pesquisadores: 96060-290 - Pelotas - RS – Brasil

Endereço: Av. Engenheiro Ildefonso Simões Lopes, nº 2751, Bairro Três Vendas

E-mail (Vinicius Carvalho Beck): viniciusbeck@ifsul.edu.br

E-mail (Marcos Mülling Ewald): marcosme23@yahoo.com.br

Telefone (Vinicius Carvalho Beck): (53)98136-0501

Telefone (Marcos Mülling Ewald): (53)98113-5595

Desde já agradeço sua colaboração e atenção frente à pesquisa aqui apresentada.

Pelotas, ____ de _____ de 20____.

Assinatura da(o) participante

Assinatura do pesquisador Vinicius Carvalho Beck

Assinatura do pesquisador Marcos Mülling Ewald

Apêndice 2 - Termo de Assentimento Livre Esclarecido

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TALE

Projeto de Pesquisa: O pensamento algébrico na resolução de equações em funções do primeiro grau e o uso da simulação digital “Explorador da Igualdade” da plataforma PhET

Instituição realizadora da Pesquisa: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (Câmpus Pelotas - Visconde da Graça)

Pesquisadores responsáveis: Vinicius Carvalho Beck; Marcos Mülling Ewald.

Objetivo: analisar o impacto do uso da simulação digital Explorador da Igualdade da plataforma PhET para a resolução de equações em funções do primeiro grau, com vistas a validar um texto de apoio para professores do ensino médio.

Procedimentos a serem realizados pelos participantes:

Será solicitado que você realize alguns problemas de Matemática em seu caderno, identifique suas dificuldades, realize algumas atividades no Laboratório de Informática, e em seguida, retorne para resolver novamente os problemas propostos inicialmente. Para participar deste estudo, você será informado sobre qualquer aspecto que desejar e o responsável por você deverá autorizar assinando um termo. Caso seu responsável autorize a sua participação, mesmo assim, você poderá negar, estando livre para participar ou não. Você e/ou o seu responsável poderão deixar de participar a qualquer momento, sem nenhum problema. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a permissão do seu responsável.

Sobre garantias e direitos dos participantes:

Os dados coletados serão utilizados para tabulação e posterior análise. Há o comprometimento dos pesquisadores em não divulgar os nomes dos sujeitos desta pesquisa e nem mesmo informações que possam vir a expô-los, garantindo o sigilo e privacidade absolutos.

Estarão garantidos a assistência e o acompanhamento relativos a eventuais danos imateriais decorrentes, direta ou indiretamente, da pesquisa. Há o risco de choque elétrico causado por algum dos componentes eletrônicos dos computadores do Laboratório de Informática. Para evitar choques elétricos, os pesquisadores solicitarão à equipe de manutenção da escola uma revisão elétrica do local nos dias que antecederem a coleta de dados. Ainda assim, caso algum participante sofra algum choque elétrico durante a coleta de dados, os pesquisadores desligarão o disjuntor da sala, e em caso de danos mais graves, os pesquisadores levarão os participantes até o posto de saúde ou emergência médica mais próxima. Caso algum participante venha a desenvolver algum transtorno psíquico, intelectual, social e/ou moral decorrente, de alguma forma, da realização da pesquisa, os pesquisadores se colocam à disposição

para auxiliar no que for necessário para a redução dos efeitos e condições que possam vir a causar algum dano ao participante.

A assistência será garantida e comprovada quando for delegada a outra pessoa ou instituição, seguindo o previsto neste protocolo. O participante da pesquisa que vier a sofrer qualquer tipo de dano resultante de sua participação, previsto ou não no Registro de Consentimento Livre e Esclarecido, terá direito a assistência e a buscar indenização. Havendo algum dano decorrente da pesquisa, o participante terá direito a ser indenizado pelo dano decorrente da coleta de dados, nos termos da Lei (Res. CNS 510, VI, Art. 9).

Está garantido aos participantes o acesso aos resultados da pesquisa e o compromisso dos pesquisadores de divulgar tais resultados em formato plenamente acessível e compreensível ao grupo que foi pesquisado.

No caso de interrupção da pesquisa, a decisão será justificada e o participante, caso seja necessário, receberá a assistência adequada. Além disso, o sujeito da pesquisa terá os esclarecimentos desejados e a assistência adequada, se necessário, antes e durante sua realização.

Todos os dados coletados nesta pesquisa ficarão armazenados em arquivo, físico ou digital, sob guarda e responsabilidade do/a pesquisador(a), por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa (Resolução CNS nº 510 de 2016, Art. 28, Inciso IV), para que o/a participante possa decidir livremente sobre sua participação e sobre o uso de seus dados no momento e no futuro. Assumimos também o compromisso de apagar da nuvem/rede todos os dados da pesquisa (inclusive os termos, anuências, consentimentos), e guardá-los em dispositivo eletrônico próprio/local na maior brevidade possível (Carta Circular nº 1/2021/CONEP/SECNS/MS e Ofício Circular nº 23/2022/CONEP/SECNS/DGIP/SE/MS).

Contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP):

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) é um órgão colegiado interdisciplinar e independente, de relevância pública, de caráter consultivo, deliberativo e educativo, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Endereço: Gonçalves Chaves, nº 3218, Centro. Pelotas/RS. CEP 96015-560

E-mail CEP: if-seccep@ifsul.edu.br, Telefone CEP: (53)3030-6095

Horário de Atendimento ao Público: De segunda à sexta, das 9h às 13h

Contato dos pesquisadores:

CEP profissional dos pesquisadores: 96060-290 - Pelotas - RS – Brasil

Endereço: Av. Engenheiro Ildefonso Simões Lopes, nº 2751, Bairro Três Vendas

E-mail (Vinicius Carvalho Beck): viniciusbeck@ifsul.edu.br

E-mail (Marcos Mülling Ewald): marcosme23@yahoo.com.br

Telefone (Vinicius Carvalho Beck): (53)98136-0501

Telefone (Marcos Mülling Ewald): (53)98113-5595

Desde já agradeço sua colaboração e atenção frente à pesquisa aqui apresentada.

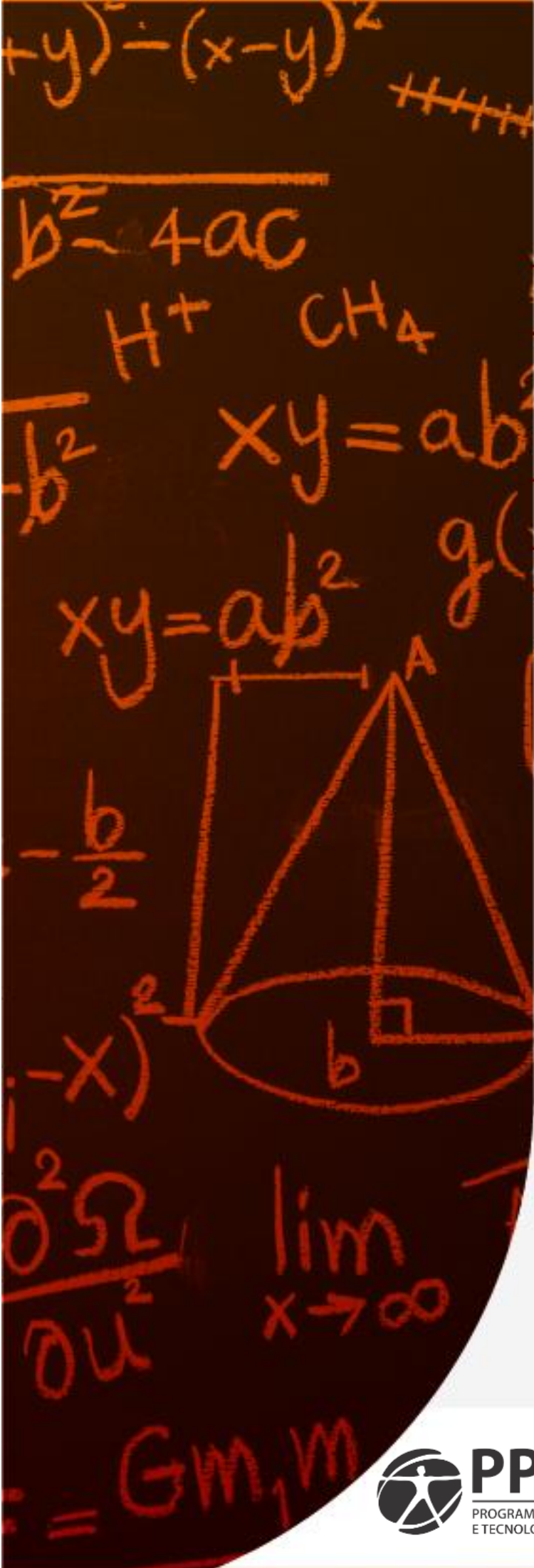
Pelotas, ____ de _____ de 20____.

Assinatura da(o) participante

Assinatura do pesquisador Vinicius Carvalho Beck

Assinatura do pesquisador Marcos Mülling Ewald

Apêndice 3 – Produto Educacional



Texto de apoio para o Ensino
das Equações do 1º grau
através do uso da Plataforma
PhET

Marcos Mulling Ewald

Vinicius Carvalho Beck



PPGCITED
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
E TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO



INSTITUTO FEDERAL
Sul-rio-grandense
Câmpus
Pelotas - Visconde da Graça

Ficha Técnica

Autores

Marcos Mulling Ewald

Vinicius Carvalho Beck

Design

Equipe Proedu

Ficha Catalográfica

E94t Ewald, Marcos Mülling
Texto de apoio para o Ensino das Equações do 1º grau através do uso da Plataforma PhET/ Marcos Mülling Ewald, Vinicius Carvalho Beck. – 2025.
17 f. : il.

Produto educacional (Mestrado) – Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Câmpus Pelotas Visconde da Graça, Programa de Pós - graduação em Ciências e Tecnologias da Educação, 2025.

1. Tecnologias na educação. 2. Simulação digital. 3. Ensino de matemática. 4. Equações algébricas. I. Beck, Vinicius Carvalho (aut.), II. Título.

CDU: 378.046-021.68:331.45

Catalogação na fonte elaborada pelo Bibliotecário
Vitor Gonçalves Dias CRB 10/1938
Câmpus Pelotas Visconde da Graça



Esta obra está licenciada com uma Licença *Creative Commons* Atribuição-
Não Comercial 4.0 Internacional

Este template é uma cooperação entre Proedu (proedu.rnp.br) e PPGCITED

Sumário

1. INTRODUÇÃO	4
2. HABILIDADES E COMPETÊNCIAS SOBRE A FUNÇÃO DO 1º GRAU DA BNCC	6
3. A SIMULAÇÃO “EXPLORADOR DA IGUALDADE” DA PLATAFORMA PHET	8
4. SUGESTÃO DE ABORDAGEM EDUCACIONAL	14
REFERÊNCIAS.....	17

1. Introdução

Considerando as dificuldades enfrentadas pelos alunos ao se depararem com as funções de primeiro grau em Matemática, bem como a crescente complexidade na compreensão desse conteúdo, elaboramos um texto de apoio destinado aos docentes. Esse material foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação – Mestrado Profissional (IFSul/CaVG).

A proposta central deste texto é oferecer apoio aos professores do Ensino Médio por meio da utilização da ferramenta digital PhET, a qual possibilita uma interação mais efetiva com os estudantes.

Nós, autores, temos constatado, com frequência crescente, as dificuldades enfrentadas pelos alunos na compreensão das funções de primeiro grau. Essa constatação motivou-nos a abordar tal temática. Entre as maiores dificuldades observadas, destaca-se a interpretação do sinal de igualdade (=) nas operações que envolvem funções de primeiro grau.

Segundo Piaget (2012), a criança que já se encontra na fase operatória formal apresenta a capacidade de utilizar o pensamento abstrato, compreender diagramas e equações, bem como realizar diversas operações lógicas de forma coordenada, mesmo na ausência do objeto de conhecimento.

Atualmente, os jogos digitais têm assumido um papel de destaque na educação, configurando-se como ferramentas eficazes no processo de aprendizagem. Eles aliam entretenimento e ensino, proporcionando um ambiente interativo e envolvente que favorece uma aprendizagem mais dinâmica por parte dos alunos.

Por meio dos jogos educativos, torna-se possível desenvolver habilidades cognitivas, tais como raciocínio lógico, memória e resolução de problemas, além de estimular a criatividade e o trabalho em equipe. Esses recursos podem ser aplicados em diferentes áreas do conhecimento — Matemática, Ciências, História, Línguas —, adaptando-se a distintas faixas etárias e a variados estilos de aprendizagem.

Além disso, os jogos digitais possibilitam a personalização do conteúdo, ao oferecer desafios compatíveis com o nível de cada aluno e fornecer feedback imediato. Tal recurso auxilia os professores na identificação das dificuldades dos estudantes e permite o ajuste das práticas pedagógicas sempre que necessário.

Entretanto, muitos docentes ainda enfrentam dificuldades na utilização de jogos digitais, sobretudo no acompanhamento avaliativo da aprendizagem, uma vez que o ambiente digital exige o monitoramento de múltiplas informações — como erros, acertos, tempo de execução das atividades, entre outros aspectos —, o que pode tornar o processo mais complexo.

Diante dessas dificuldades, propomos a utilização da ferramenta digital PhET no ensino das funções de primeiro grau para estudantes do Ensino Médio, por meio de um texto de apoio que poderá auxiliar os professores em sua prática pedagógica.

2. Habilidades e Competências sobre a Função do 1º Grau da BNCC

O ensino da função de primeiro grau está previsto no currículo oficial, estando contemplado tanto na Matriz de Referência da Rede Estadual do Rio Grande do Sul (2025) quanto na Base Nacional Comum Curricular – BNCC (2018). No quadro a seguir, são apresentadas as habilidades relacionadas ao estudo da função de primeiro grau.

Quadro 1 – Habilidades da BNCC para sobre Função de 1º grau

UNIDADES TEMÁTICAS	OBJETIVO DO CONHECIMENTO	HABILIDADES
Álgebra	Sistema de equações polinomiais de 1º grau: resolução algébrica e representação no plano cartesiano	(EF08MA08) Resolver e elaborar problemas relacionados ao seu contexto próximo, que possam ser representados por sistemas de equações de 1º grau com duas incógnitas e interpretá-los, utilizando, inclusive, o plano cartesiano como recurso.
UNIDADES TEMÁTICAS	OBJETIVO DO CONHECIMENTO	HABILIDADES
Números e álgebra	<ul style="list-style-type: none"> - Plano cartesiano - Funções afins - Proporcionalidade - Gráficos de funções afins 	(EM13MAT501) Investigar relações entre números expressos em tabelas para representá-los no plano cartesiano, identificando padrões e criando conjecturas para generalizar e expressar algebricamente essa generalização, reconhecendo quando essa representação é de função polinomial de 1º grau.

		(EM13MAT302) Construir modelos empregando as funções polinomiais de 1º ou 2º graus, para resolver problemas em contextos diversos, com ou sem apoio de tecnologias digitais.
--	--	---

Na Matriz de Referência da Rede Estadual do Rio Grande do Sul (Rio Grande do Sul, 2025), as habilidades acima correspondem às mesmas previstas pela BNCC (Brasil, 2018).

3. A simulação “Explorador da Igualdade” da plataforma PhET

A plataforma PhET, desenvolvida pela Universidade do Colorado (2024a), disponibiliza uma ampla variedade de simulações e jogos que contemplam conceitos de Ciências da Natureza e de Matemática. Na Figura 1, apresenta-se a tela inicial de acesso à plataforma, com o objetivo de exemplificar a organização do site.

Figura 1 – Tela de apresentação da plataforma PhET



Fonte: Universidade do Colorado (2024a).

A Figura 2 ilustra os pontos nos quais o usuário pode clicar para acessar a aba de atividades na seção de Matemática.

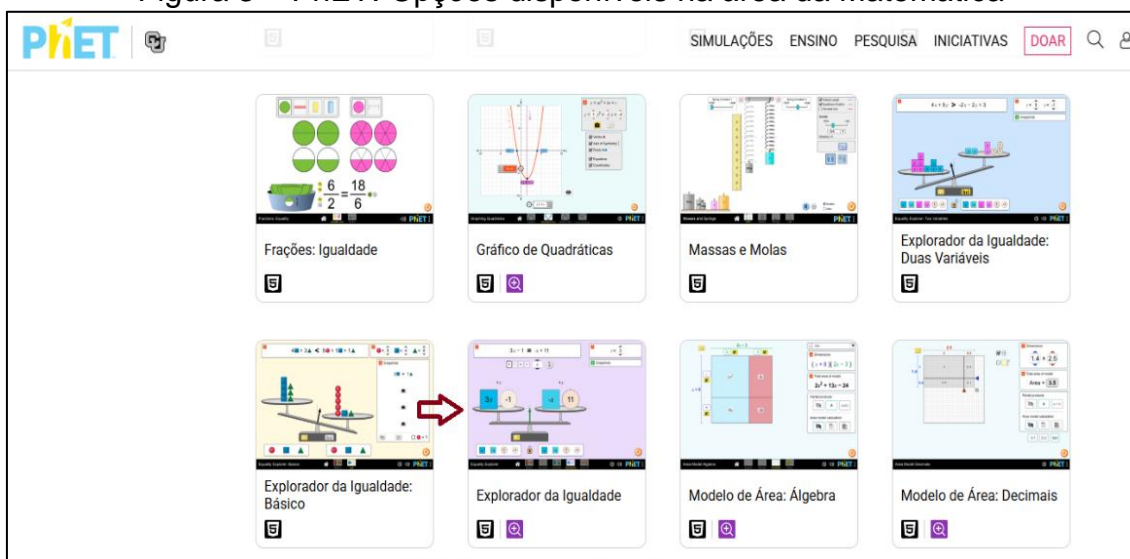
Figura 2 - Áreas do conhecimento no PhET



Fonte: Universidade do Colorado (2024a).

A plataforma PhET disponibiliza uma variedade de recursos, entre os quais se encontra uma atividade denominada “**Explorador de Igualdade**”, destinada a auxiliar os alunos na compreensão da função de primeiro grau, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – PhET: Opções disponíveis na área da Matemática



Fonte: Universidade do Colorado (2024a).

Ao selecionar o item “**Explorador da Igualdade**”, o usuário é direcionado à tela inicial da simulação, a qual se encontra organizada em cinco modos: **Modo Básico**, **Modo Números**, **Modo Variáveis**, **Modo Operações** e **Modo Resolva!**, conforme ilustrado na Figura 4.

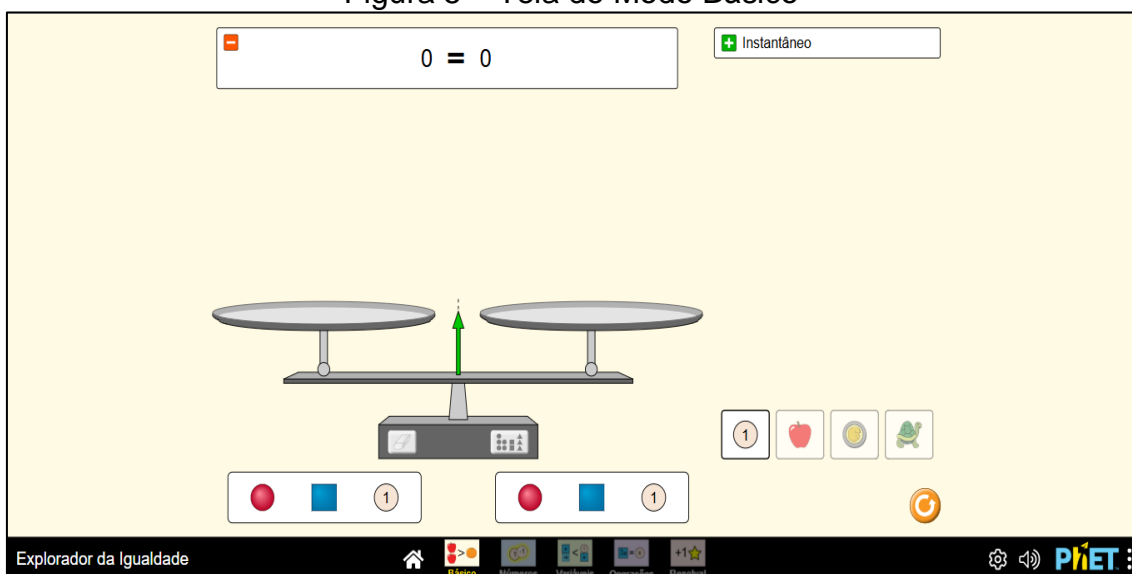
Figura 4 – Tela inicial da simulação Explorador da igualdade



Fonte: Universidade do Colorado (2024a).

No **Modo Básico** (Figura 5), diferentes objetos — como blocos esféricos, blocos cúbicos, frutas e animais — podem ser colocados na balança, cada um associado a um valor previamente definido pela simulação. O objetivo desse modo é levar o usuário a compreender, de forma direta, a relação entre o sinal de igualdade e a balança, percebendo que é possível equilibrar as quantidades ao manipular digitalmente os objetos e identificar o valor atribuído a cada um. Nesse contexto, o valor exibido na balança corresponde à massa de cada objeto, estabelecendo uma analogia com essa grandeza física.

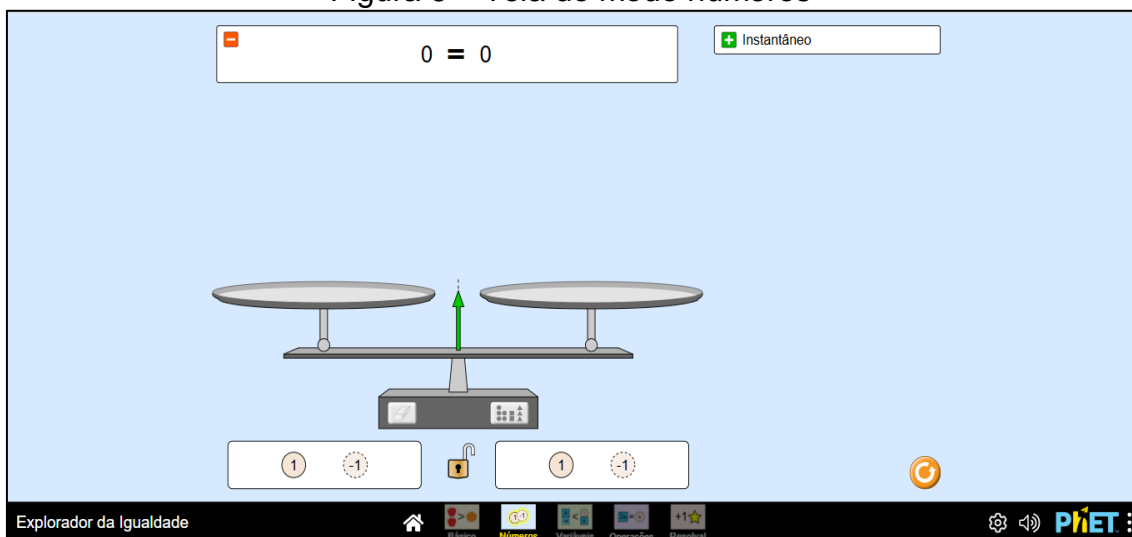
Figura 5 – Tela do Modo Básico



Fonte: Universidade do Colorado (2024a).

No **Modo Números** (Figura 6), o usuário não dispõe de objetos variados, podendo operar apenas com números, positivos e negativos, fornecidos pela simulação. O objetivo desse modo é demonstrar que é possível construir diferentes expressões numéricas em ambos os lados da balança e, ainda assim, manter o equilíbrio algébrico (por exemplo: $1 + 1 - 1 = 1$). Além disso, o usuário pode realizar operações simples em ambos os lados da sentença numérica e observar a alternância entre os sinais de igualdade e desigualdade apresentados na tela.

Figura 6 – Tela do modo números

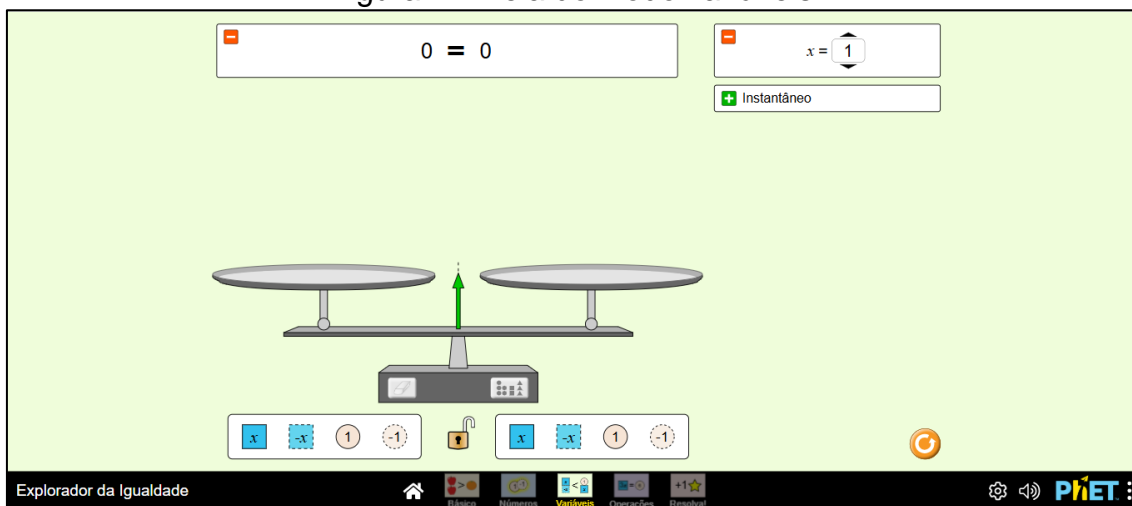


Fonte: Universidade do Colorado (2024a).

No **Modo Variáveis** (Figura 7), o usuário tem acesso a números e incógnitas, tanto positivos quanto negativos. É possível optar por visualizar ou não o valor da incógnita, que pode ser definido pelo próprio usuário no início da simulação. Os valores atribuídos estão restritos ao conjunto dos números inteiros. A relação entre a balança e o sinal de igualdade mantém-se a mesma dos modos anteriormente descritos, mas, neste caso, é possível operar com um valor desconhecido em uma equação algébrica formal e simular sua resolução por meio da manipulação de números e variáveis na balança. A finalidade desse modo não é a resolução da equação em si — uma vez que o valor da variável é

exibido na tela —, mas demonstrar os procedimentos matemáticos que ocorrem durante o processo de resolução de uma equação.

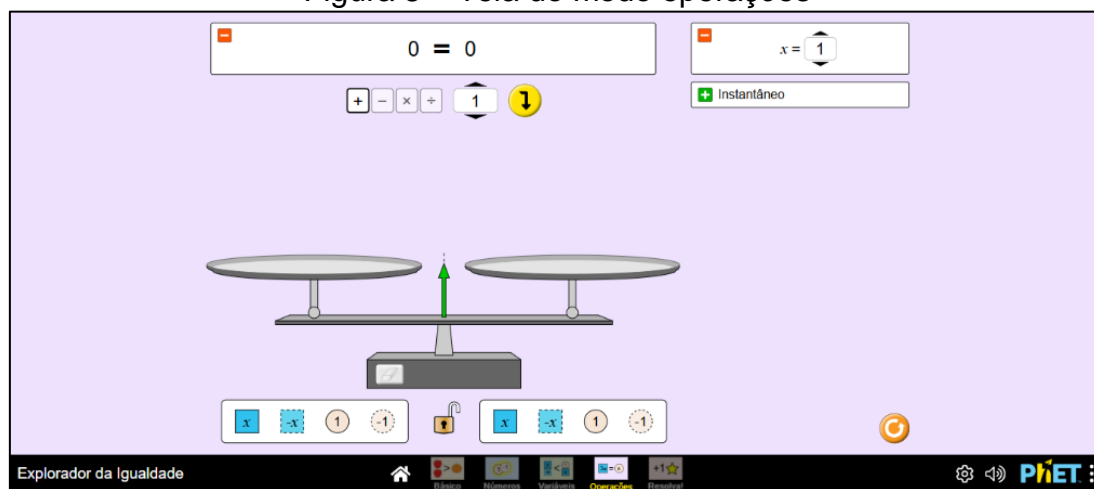
Figura 7 – Tela do modo variáveis



Fonte: Universidade do Colorado (2024a).

No **Modo Operações** (Figura 8), são disponibilizados números e incógnitas, tanto positivos quanto negativos. O usuário pode selecionar operações matemáticas — adição, subtração, multiplicação e divisão — para aplicá-las simultaneamente em ambos os lados da balança, de modo a observar o efeito produzido em uma equação ao realizar a mesma operação em cada lado. O objetivo desse modo é evidenciar que, ao operar uma quantidade em um dos lados de uma igualdade, é necessário realizar a mesma operação no outro lado para preservar o equilíbrio. Assim, é possível simular a resolução de equações com incógnitas inteiras, embora a finalidade principal ainda não seja a resolução completa, uma vez que o valor da incógnita é exibido na tela.

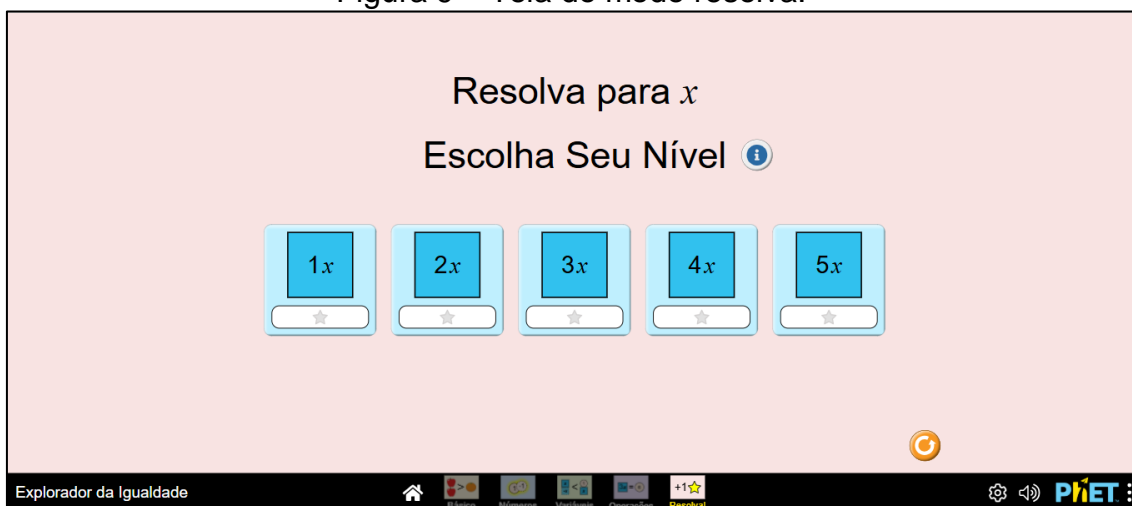
Figura 8 – Tela do modo operações



Fonte: Universidade do Colorado (2024a).

No **Modo Resolva!** (Figura 9), o valor da incógnita em cada equação não é exibido na tela, o que possibilita ao usuário efetivamente resolver as equações propostas pela simulação. No primeiro nível, as equações são mais simples, envolvendo apenas uma operação em ambos os lados da igualdade para que o valor da incógnita seja determinado.

Figura 9 – Tela do modo resolva.



Fonte: Universidade do Colorado (2024a).

Nos níveis subsequentes, a resolução exige a realização de múltiplas operações, incluindo o uso de frações no quarto nível e a presença da incógnita em ambos os lados da igualdade no quinto nível.

4. SUGESTÃO DE ABORDAGEM EDUCACIONAL

A proposta didática apresentada consiste em uma atividade cujo objetivo é oferecer aos educadores uma alternativa para o ensino da função do primeiro grau. Essa atividade foi elaborada cuidadosamente de modo a engajar os alunos por meio das ferramentas digitais interativas disponibilizadas pela plataforma PhET.

Primeiro Encontro – Resolução de Equações para Encontrar Raízes

Sugere-se que, inicialmente, as atividades sejam desenvolvidas em sala de aula, com a proposta de resolver o problema de determinação das raízes de cinco funções do primeiro grau:

$$f(x) = x + 2, g(x) = 2x, h(x) = 2x - 8, s(x) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4} \text{ e } t(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}$$

O objetivo consiste em identificar as possíveis dificuldades dos estudantes e verificar se compreendem que, para determinar as raízes, é necessário dominar o método de resolução de equações do primeiro grau.

Comentário: Espera-se que os estudantes tenham alguma dificuldade inicial para resolver as atividades manualmente, principalmente nos problemas envolvendo frações.

Segundo Encontro – Simulações na Plataforma PhET (modos Básico, Números, Variáveis e Operações)

No segundo momento, após a realização das atividades do primeiro encontro e a identificação das dificuldades dos alunos, os professores poderão encaminhar os discentes ao laboratório de informática (ou à sala onde se encontram os computadores). Nesse espaço, será apresentada aos estudantes a simulação Explorador de Igualdade, da plataforma PhET (Universidade do

Colorado, 2024b), nos modos Básico, Números, Variáveis e Operações. O modo Resolva! será explorado nos dois encontros subsequentes.

Comentário: É esperado que os estudantes encontrem alguma dificuldade ao lidar com a simulação Explorador da Igualdade.

Terceiro Encontro – Simulações na Plataforma PhET (modo Resolva!)

No terceiro momento, no laboratório de informática, os alunos serão orientados a acessar o modo Resolva! da simulação Explorador de Igualdade (Universidade do Colorado, 2024b). Nessa etapa, espera-se que os participantes resolvam problemas correspondentes aos três primeiros níveis desse modo, os quais contemplam equações sem frações.

Comentário: Presume-se que os estudantes apresentem uma evolução gradual no processo de determinação da raiz.

Quarto Encontro – Simulações na Plataforma PhET (modo Resolva!)

No quarto momento, no laboratório de informática, os participantes serão convidados a resolver problemas do quarto nível do modo Resolva!, o qual envolve equações com frações. Não será necessário avançar para o quinto nível, uma vez que o objetivo desta atividade não contempla o trabalho com incógnitas presentes em ambos os lados de uma equação.

Comentário: É provável que os alunos consigam compreender a utilização de dois processos para eliminar os denominadores. Além disso, recomenda-se uma revisão sobre frações entre o terceiro e o quarto encontro, pois alguns estudantes podem apresentar dificuldades para reconhecer a necessidade de utilizar duas operações nesse tipo de problema.

Quinto Encontro – Voltando aos Problemas Iniciais

No quinto momento, os alunos poderão resolver novamente o problema de determinar as raízes das cinco funções do 1.º grau inicialmente apresentadas:

$$f(x) = x + 2, g(x) = 2x, h(x) = 2x - 8, s(x) = \frac{x}{4} + \frac{9}{4} \text{ e } t(x) = \frac{x}{6} - \frac{5}{3}$$

A partir dessa nova resolução, poderá ser realizada uma reavaliação do desempenho dos estudantes.

Comentário: Prevê-se que os estudantes apresentem soluções eficazes para problemas envolvendo apenas uma operação. É possível que tenham dificuldade para resolver problemas com frações.

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/cne/bncc-2013-ensino-medio>. Acesso em 19 mar 2025 às 10:00.

PIAGET, J. **Epistemologia genética**. Tradução: Álvaro Cabral. 4.ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2012. 123 p.

RIO GRANDE DO SUL, Secretaria da Educação. **Matriz Curricular Gaúcha**. Porto Alegre: RS, 2025. Disponível em: <https://ensinomediogaucha.educacao.rs.gov.br/>. Acesso em: 19 de mar. 2025

UNIVERSIDADE DO COLORADO. **PhET**. In: Phet Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/ Acesso em: 05 mai. 2024a.

UNIVERSIDADE DO COLORADO. **Explorador da Igualdade**. In: Phet Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/equality-explorer. Acesso em: 05 mai. 2024b.