

EXPLORADOR BÁSICO DE IGUALDADE DA PLATAFORMA DIGITAL PHET: UMA ANÁLISE ACERCA DAS POTENCIALIDADES DIDÁTICAS À LUZ DA BNCC E DO CURRÍCULO DE PERNAMBUCO

BASIC EQUALITY EXPLORER OF THE PHET DIGITAL PLATFORM: AN ANALYSIS ABOUT TEACHING POTENTIALITIES IN THE LIGHT OF THE BNCC AND THE CURRICULUM OF PERNAMBUCO

Matheus Souza de Almeida¹; Maria Eduarda Nunes de Oliveira², Elisângela Bastos de Mélo Espíndola³

RESUMO

Apresentamos um recorte de uma pesquisa desenvolvida no seio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC)⁴ e do grupo de pesquisa Laboratório Científico de Aprendizagem, Pesquisa e Ensino (LACAPE), vinculado ao Departamento de Educação da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Em particular, temos por objetivo, neste artigo, analisar as possibilidades de uso do recurso “Explorador de Igualdade: Básico”, disponível na plataforma digital *Physics Education Technology – PhET Interactive Simulations*, da Universidade do Colorado Boulder, à luz das habilidades da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e do Currículo de Pernambuco, quanto ao ensino das propriedades de igualdade e princípios de equivalência. A abordagem da pesquisa é qualitativa e do tipo documental. A coleta de dados ocorreu a partir de informações gerais disponíveis na PhET, tais como: descrições do recurso, manual de instrução, planos de atividades, planos de aula, dentre outros. Além do manuseio do “Explorador de Igualdade: Básico”, pelo qual buscamos interpretar e elaborar possíveis simulações interativas, à luz das habilidades dos documentos curriculares. Dentre os resultados, destacamos quatro habilidades (dos anos iniciais e/ou finais do Ensino Fundamental) que podem ser desenvolvidas a partir do uso do “Explorador de Igualdade: Básico”, a saber:

¹ Licenciando em Matemática pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Pernambuco, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Departamento de Educação – Bloco B, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil, CEP: 52171-900. E-mail: mralmeida769@mail.com.

 ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1782-763X>.

² Licencianda em Matemática pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Pernambuco, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Departamento de Educação – Bloco B, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil, CEP: 52171-900. E-mail: eduarda.ufrpe20@mail.com.

 ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9259-9425>.

³ Doutora em Educação pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e em Sciences de l’Education pela Université Claude Bernard Lyon 1 (UCB-Lyon 1). Professora Adjunta da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Pernambuco, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Departamento de Educação – Bloco B, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil, CEP: 52171-900. E-mail: elisangela.melo@ufrpe.br.

 ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3769-0768>.

⁴ Projeto de pesquisa financiado pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).



(EF03MA11) / (EF03MA11PE); (EF04MA14) / (EF04MA14PE); (EF05MA10) / (EF05MA10PE); e (EF06MA14) / (EF06MA14PE). Acreditamos, portanto, que o recurso em tela pode incitar o desenvolvimento do pensamento algébrico dos alunos, a depender dos modos de exploração, em sala de aula ou em outros cenários didáticos.

Palavras-chave: Propriedades de igualdade; Princípios de equivalência; Ensino Fundamental; Pensamento algébrico; Tecnologias digitais.

ABSTRACT

This excerpt of a research was developed within the Institutional Scientific Initiation Scholarship Program (PIBIC) and the research group Scientific Laboratory for Learning, Research, and Teaching (LACAPE), linked to the Department of Education of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE). In this article, we aim to analyze the possibilities of using the “Equality Explorer: Basic” resource, available on the Physics Education Technology – PhET Interactive Simulations digital platform, of the University of Colorado Boulder, in light of the skills of the National Common Curricular Base (BNCC) and the Curriculum of Pernambuco, regarding the teaching of equality properties and equivalence principles. The research approach is qualitative and documentary. Data collection was based on general information available at PhET, such as: resource descriptions, instruction manual, activity plans, lesson plans, among others, besides the handling of the “Equality Explorer: Basic,” by which we sought to interpret and develop possible interactive simulations in the light of the skills of the curriculum documents. Among the results, we highlight four skills (from the initial and/or final years of elementary school) that can be developed using the “Equality Explorer: Basic”: (EF03MA11) / (EF03MA11PE); (EF04MA14) / (EF04MA14PE); (EF05MA10) / (EF05MA10PE); and (EF06MA14) / (EF06MA14PE). Therefore, we believe that the resource on screen can encourage the development of students’ algebraic thinking, depending on the modes of its exploration, both in the classroom or in other didactic scenarios.

Keywords: Equality properties; Equivalence principles; Elementary school; Algebraic thinking; Digital technologies



Introdução

Com frequência, os professores de Matemática da Educação Básica indagam-se: “É possível organizar o ensino de álgebra de forma que ele não se apresente como um conjunto de procedimentos técnicos (de resolução de equações, desenvolvimento de expressões, elaboração de gráficos, etc.) destituídos de significado?” (PANOSSIAN; SOUSA; MOURA, 2017, p. 125). Refletindo sobre essa questão, esses autores discutem a desconstrução do ensino que privilegia apenas o aspecto simbólico da álgebra, defendendo-a como uma área de conhecimento advinda de vivências históricas e culturais do ser humano. De acordo com Sousa, Panossian e Cedro (2014, p. 18):

Apesar do reconhecimento da essencialidade do papel que a álgebra e a Matemática têm para o desenvolvimento psicológico dos sujeitos, essa situação não tem sido suficiente para a organização de uma educação algébrica adequada. Portanto, um grande desafio surge para todos aqueles envolvidos com o ensino da álgebra e, conseqüentemente, da Matemática, é o de promover a ressignificação dos conhecimentos algébricos.

Aliado ao referido desafio, colocamos em relevo, com base em Costa e Prado (2015), outra problemática enfrentada pelos professores no cotidiano escolar: a integração das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) ao currículo de matemática; uma vez que “As TDIC demandam conhecimentos diversos os quais são necessários para que o professor de matemática possa “raciocinar com”, “criar com” e “ensinar com” tecnologia” (COSTA; PRADO, 2015, p. 102).

Partindo desses pressupostos, intentamos investigar, no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) e do grupo de pesquisa Laboratório Científico de Aprendizagem, Pesquisa e Ensino (LACAPE) da UFRPE: formas de desenvolver o pensamento algébrico por meio de recursos digitais; haja vista que “na sociedade atual, o processo de globalização e os impactos das novas tecnologias impulsionaram novos olhares, novos conceitos e, sobretudo, novas posturas no campo educacional” (PERNAMBUCO, 2019, p. 23).

Em particular, utilizamos o termo “recurso”, em um sentido amplo, como proposto por Adler (2000): tudo o que reabastece a atividade do professor. Desse modo, consideramos os recursos digitais, como tudo que pode reabastecer o trabalho dos professores e que se encontra disponível, essencialmente, na *internet* e podem ser utilizados com uma finalidade didática.



Nesse sentido, tomamos por objetivo analisar as possibilidades de uso do recurso “Explorador de Igualdade: Básico”, disponível na plataforma digital *Physics Education Technology – PhET*, tomando a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018) e o Currículo de Pernambuco (CPE) (PERNAMBUCO, 2019) como balizadores das habilidades relacionadas ao campo algébrico, nos anos iniciais e finais do Ensino Fundamental (EF): propriedades de igualdade e princípios de equivalência.

Propriedades de igualdade e princípios de equivalência na BNCC e no CPE

Ao nos referirmos às propriedades de igualdade, consideramos, conforme Giovane Júnior e Castrucci (2018), as seguintes:

- Propriedade reflexiva: $a = a$, para qualquer a .
- Propriedade simétrica: $a = b \Leftrightarrow b = a$, para quaisquer a e b .
- Propriedade transitiva: $a = b$ e $b = c \Rightarrow a = c$, para quaisquer a , b e c .

No que concerne aos princípios de equivalência, dispomos do princípio aditivo e do princípio multiplicativo:

1º) Princípio Aditivo da Igualdade

Se $a = b$ então $a + c = b + c \in \mathbb{Q}$ e vice-versa. Se $a + c = b + c$ então $a = b$, $a = b$ então $a + c = b + c$ quaisquer que sejam $a, b, c \in \mathbb{Q}^*$. “Somando-se a ambos os membros de uma equação a mesma expressão, obtém-se uma equação equivalente à dada”.

2º) Princípio Multiplicativo da Igualdade

Se $a = b$ então $a \cdot c = b \cdot c$ e vice-versa. Se $a \cdot c = b \cdot c$ então $a = b$ ou $a = c$ então $a \cdot c = b \cdot c$ quaisquer que sejam $a, b, c \in \mathbb{Q}^*$. “Multiplicando a ambos os membros de uma equação por um mesmo número (diferente de zero), obtém-se uma equação equivalente à dada” (ZARDO, 2006, p. 25).

No que tange aos temas “propriedades de igualdade” e “princípios de equivalência” em tela, visamos levantar as potencialidades didáticas de recursos digitais, disponíveis atualmente na *internet*, para ensiná-los. Em consonância com o que é apregoado no CPE (PERNAMBUCO, 2019), sobre as tendências atuais em Educação Matemática, encaramos a álgebra não mais como um bloco de conteúdo, mas como uma forma de pensar matematicamente. Sendo recomendado que “o ensino de álgebra seja desenvolvido desde os anos iniciais do ensino fundamental com o cuidado de não o reduzir a simples manipulação simbólica, mas estimulando o desenvolvimento do



pensamento algébrico” (PERNAMBUCO, 2019, p.48). Além disso, orienta-se ainda nesse documento que:

Outra articulação importante com os números e suas operações pode ser efetivada em situações nas quais o estudante seja levado à determinação do elemento desconhecido em uma igualdade Matemática. Nesta etapa de ensino, tais situações podem ser exploradas por meio da ideia de operações inversas, como, por exemplo, “determinar o número que, multiplicado por quatro, é igual a vinte”. Porém, é preciso cautela na utilização da linguagem simbólica convencional na Matemática, pois as representações próprias dos estudantes merecem muita atenção. A familiaridade deles com as operações inversas será uma das bases para o progressivo emprego da simbologia convencional da álgebra. Em geral, o efetivo trabalho com “letras” somente será realizado na etapa posterior de escolaridade, ou seja, nos anos finais (PERNAMBUCO, 2019, p. 48).

Em virtude do exposto, levamos em conta os objetos de conhecimentos e as habilidades prescritas na BNCC e no CPE, do 3º ano até o 7º ano do EF; haja vista que neles aparecem, explicitamente, a temática em estudo. A saber:

Quadro 1 – Habilidades da BNCC e do CPE prescritas para Álgebra.

Anos	Objetos de conhecimento	Habilidades
3º	Relação de igualdade	(EF03MA11) / (EF03MA11PE): Compreender a ideia de igualdade para escrever diferentes sentenças de adições ou de subtrações de dois números naturais que resultem na mesma soma ou diferença, <i>(por exemplo, $3 + 4 = 7$, então $7 = 3 + 4$, indicando sentido de equivalência na igualdade; ou ainda a ideia de que é possível que adições e subtrações entre números diferentes deem o mesmo resultado. Assim $15 - 10 = 5$, $25 - 20 = 5$ são subtrações diferentes com resultados iguais. Então $15 - 10 = 25 - 20$ ou ainda $30 + 20 = 15 + 35$, pois as duas somas são iguais)</i> ⁵ .
4º	Relações entre adição e subtração e entre multiplicação e divisão	(EF04MA13) / (EF04MA13PE): Reconhecer, por meio de investigações, utilizando a calculadora quando necessário, as relações inversas entre as operações de adição e de subtração e de multiplicação e de divisão para aplicá-las na resolução de problemas.
	Propriedades da igualdade	(EF04MA14) / (EF04MA14PE): Reconhecer e mostrar, por meio de exemplos, que a relação de igualdade existente entre dois termos permanece quando se adiciona ou se subtrai um mesmo número a cada um desses termos. (EF04MA15) / (EF04MA15PE): Determinar o número desconhecido que torna verdadeira uma igualdade que envolve as operações fundamentais com números naturais.
5º	Propriedades da igualdade e noção de equivalência	(EF05MA10) / (EF05MA10PE): Concluir, por meio de investigações, que a relação de igualdade existente entre dois membros permanece ao adicionar, subtrair, multiplicar ou dividir

⁵ Os exemplos entre parênteses e em itálico, neste quadro, encontram-se apenas no Currículo de Pernambuco, complementando a versão inaugural das habilidades propostas na BNCC.



		cada um desses membros por um mesmo número, para construir a noção de equivalência. (EF05MA11) / (EF05MA11PE): Resolver e elaborar problemas cuja conversão em sentença Matemática seja uma igualdade com uma operação em que um dos termos é desconhecido.
6º	Propriedades da igualdade	(EF06MA14) / (EF06MA14PE): Reconhecer que a relação de igualdade Matemática não se altera ao adicionar, subtrair, multiplicar ou dividir os seus dois membros por um mesmo número e utilizar essa noção para determinar valores desconhecidos na resolução de problemas (<i>por exemplo, explorando a metáfora da balança</i>).
7º	Equações polinomiais do 1º grau	(EF07MA18) / (EF07MA18PE): Resolver e elaborar problemas que possam ser representados por equações polinomiais de 1º grau redutíveis à forma $ax + b = c$, fazendo uso das propriedades da igualdade.

Fonte: Brasil (2018); Pernambuco (2019).

Apesar das habilidades expostas no Quadro 1 não explicitarem o uso das tecnologias digitais como metodologia de ensino, sublinhamos que a quinta competência geral da Educação Básica, na BNCC e no CPE, refere-se à relevância das tecnologias digitais no processo de ensino e aprendizagem:

Competência 5: Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva (BRASIL, 2018, p. 9; PERNAMBUCO, 2019, p. 17).

Por sua vez, na área de Matemática, a quinta competência específica para o Ensino Fundamental se configura em: “Utilizar processos e ferramentas matemáticas, inclusive tecnologias digitais disponíveis, para modelar e resolver problemas cotidianos, sociais e de outras áreas de conhecimento, validando estratégias e resultados” (BRASIL, 2018, p. 267; PERNAMBUCO, 2019, p. 41).

Grosso modo, podemos perceber que os documentos curriculares atribuem importância às TDIC nos processos de ensino e de aprendizagem da Matemática. Nessa direção, concordamos com Drijvers *et al.* (2010, p. 214, tradução nossa), quando declara que: “A fim de auxiliar os professores a se beneficiarem da tecnologia no ensino diário de Matemática, portanto, é importante ter mais conhecimento sobre as novas técnicas de



ensino que surgem na sala de aula rica em tecnologia” [...]”⁶. Diante de tais perspectivas, relacionando as possibilidades de desenvolvimento do pensamento algébrico ao uso de tecnologias digitais, trilhamos o seguinte caminho metodológico.

Metodologia

A presente pesquisa se insere numa abordagem qualitativa, tendo em vista que, como afirmam Kripka, Scheller e Bonotto (2015), as investigações qualitativas se caracterizam como aquelas interessadas em analisar fenômenos em seus ambientes naturais. Para tanto, o pesquisador é o principal responsável por produzir dados, focando mais no processo do que no produto (KRIPKA; SCHELLER; BONOTTO, 2015). Em particular, empreendemos uma pesquisa do tipo documental. Neste tipo de pesquisa,

O pesquisador deve entender os documentos como “meios de comunicação”, pois foram elaborados com algum propósito e para alguma finalidade, sendo inclusive destinado para que alguém tivesse acesso a eles. Assim, indica que é importante compreender quem o produziu, sua finalidade, para quem foi construído, a intencionalidade de sua elaboração (FLICK, 2015, p. 234).

Segundo Callado e Ferreira (2004), os ambientes de pesquisa documental são norteados pela própria natureza da investigação. Em vista disso, o mapeamento dos documentos pode ser bem diversificado. Conforme os autores, essa diversidade requer que o pesquisador saiba selecionar fontes adequadas e possua conhecimento das formas de registro e informações abrigados pelas instituições consultadas.

No nosso caso, como já mencionado, a pesquisa foi desenvolvida no âmbito do PIBIC (FACEPE/CNPq) e do grupo de pesquisa LACAPE (UFRPE). Estritamente, neste trabalho, a coleta de dados ocorreu na PhET (Quadro 2), isto é, em uma plataforma digital – criada em 2002 por Carl Wieman na Universidade do Colorado Boulder – que oferece simulações na área de Matemática e Ciências, de forma divertida, interativa, gratuita; baseadas em pesquisas realizadas com alunos e professores.

⁶ “In order to help teachers to benefit from technology in everyday mathematics teaching, therefore, it is important to have more knowledge about the new teaching techniques that emerge in the technology-rich classroom” [...] (DRIJVERS *et al.*, 2010, p. 214).



Quadro 2 – Informações sobre o recurso digital referente aos temas “Relações de igualdade” e “Princípios de equivalência” no Ensino Fundamental.

Recurso digital	Instituição	Link
Explorador de Igualdade: Básico	Universidade do Colorado Boulder – plataforma digital <i>Physics Education Technology – PhET Interactive Simulations</i>	https://phet.colorado.edu/en/simulation/equality-explorer-basics

Fonte: Elaborado pelos autores.

Kripka, Scheller e Bonotto (2015, p. 243), indicam que “o documento a ser utilizado na pesquisa dependerá do objeto de estudo, do problema a que se busca uma resposta. Neste sentido ao pesquisador cabe a tarefa de encontrar, selecionar e analisar os documentos que servirão de base aos seus estudos”. No nosso caso, durante o processo de coleta e análise de dados, em um primeiro momento, selecionamos informações, disponíveis em itens da PhET, a saber: descrições gerais do recurso digital “Explorador de Igualdade: Básico” e dicas para professores⁷. Sobre esse último, ressaltamos que para ter acesso aos planos de atividades dos professores, o usuário precisa cadastrar-se na plataforma PhET. Por meio desses documentos, tivemos acesso aos conteúdos e objetivos de ensino, além da apresentação das funcionalidades das ferramentas e configurações do recurso (seções, objetos etc.).

Em um segundo momento, buscamos manusear o “Explorador de Igualdade: Básico”. Por meio das simulações interativas, elaboramos alguns exemplos, baseados no quadro das habilidades da BNCC e do Currículo de Pernambuco (CPE), a partir de nossas interpretações sobre possíveis modos de utilização desse recurso.

Resultados e discussão

Segundo as informações apresentadas na plataforma digital PhET, o “Explorador de Igualdade: Básico” contempla os seguintes tópicos: Equações; Desigualdades e Raciocínio Proporcional. Quanto ao uso deste recurso digital, são propostos os seguintes objetivos de aprendizagem:

- Usar um modelo de balanceamento para resolver uma equação com um valor desconhecido e justificar suas estratégias para resolver.

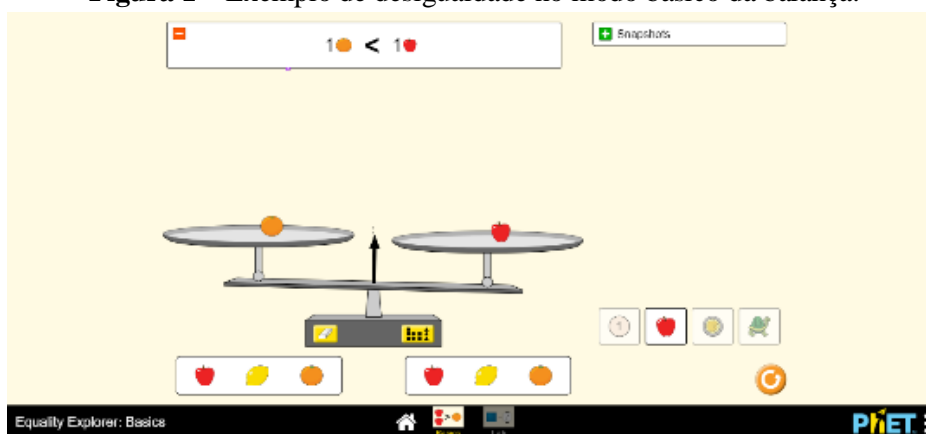
⁷ Para saber mais: https://phet.colorado.edu/services/download-servlet?filename=%2Fteachers-guide%2Fequality-explorer-basics-html-guide_en.pdf.



- Usar o raciocínio proporcional para determinar o valor de um único objeto.
(UNIVERSIDADE DO COLORADO BOULDER, 2020).

O recurso digital “Explorador da Igualdade: Básico” é uma balança de dois pratos, constituída por duas seções: “básico” e “laboratório”. No modo básico, o usuário pode perceber, através das simulações interativas, as noções de equilíbrio e desequilíbrio da balança, associando-as aos sinais “=” e “>” ou “<”, respectivamente, representados na janela branca do lado esquerdo da tela (Figura 1). Nessa seção, há quatro modalidades de objetos: animais, moedas, frutas, formas geométricas e um objeto com a representação do numeral “1”.

Figura 1 – Exemplo de desigualdade no modo básico da balança.



Fonte: Elaborado pelos autores através da plataforma PhET.

Por exemplo, podemos ver na Figura 1 que, ao manipular as frutas, consegue-se estabelecer uma comparação entre as massas⁸ delas, representadas na balança (a massa de uma maçã é maior que a de uma laranja). E, a sua respectiva visualização na janela branca: a massa da laranja é menor que a de uma maçã ou a massa de uma maçã é maior que a de uma laranja. No modo básico, é possível também a exploração das propriedades de igualdade (reflexiva, simétrica e transitiva).

⁸ Neste tipo de situação com o uso da balança, corriqueiramente se usa o termo peso. No entanto, a rigor, consideramos o termo correto “medida de massa”.



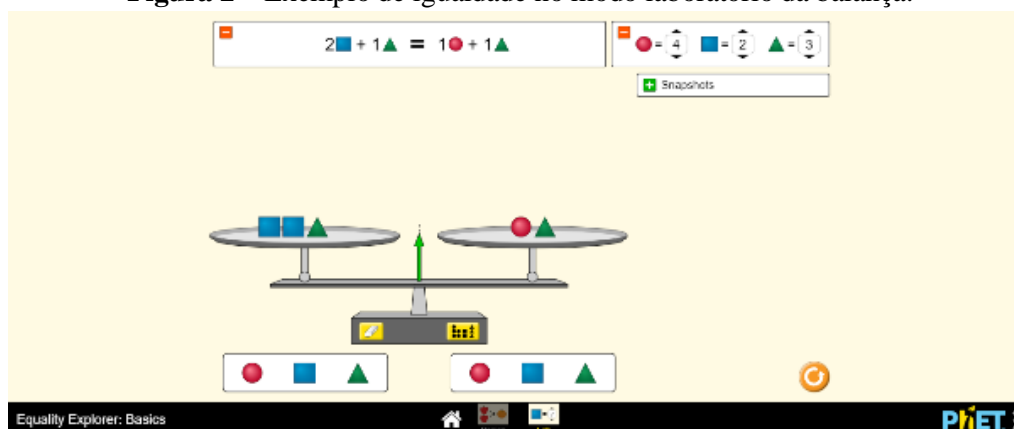
Quadro 3 – Exemplos de atividades com propriedades de igualdade no modo básico “Explorador da Igualdade Básico - PhET”.

Propriedades de igualdade	Exemplos
Propriedade reflexiva: $a = a$.	$1 \triangle = 1 \triangle$
Propriedade simétrica: $a = b \Leftrightarrow b = a$.	$1 \bullet = 2 \circ \Leftrightarrow 2 \circ = 1 \bullet$
Propriedade transitiva: $a = b$ e $b = c \Rightarrow a = c$.	$1 \bullet + 1 = 1 \square$ e $1 \square = 3 \Rightarrow 1 \bullet + 1 = 3$

Fonte: Elaborado pelos autores através da plataforma PhET.

Já no modo laboratório, diferentemente do modo básico, existe a possibilidade de atribuir valores aos objetos (círculo, quadrado e triângulo), variando de 0 a 20.

Figura 2 – Exemplo de igualdade no modo laboratório da balança.



Fonte: Elaborado pelos autores através da plataforma PhET.

No exemplo da Figura 2, temos que a soma de 2 quadrados com 1 triângulo é igual a soma de 1 círculo com 1 triângulo; como se percebe ao olhar para a janela branca no lado esquerdo superior da tela. Isso porque atribuímos os respectivos valores para o círculo, quadrado e triângulo: 4, 2 e 3. Podemos também interpretar essa equivalência através da balança interativa, pois a seta central está verde, isto é, ela está equilibrada.

Precisamente, as sessões no modo básico e laboratório, possibilitaram-nos desenvolver atividades voltadas para quatro habilidades da BNCC e do CPE.

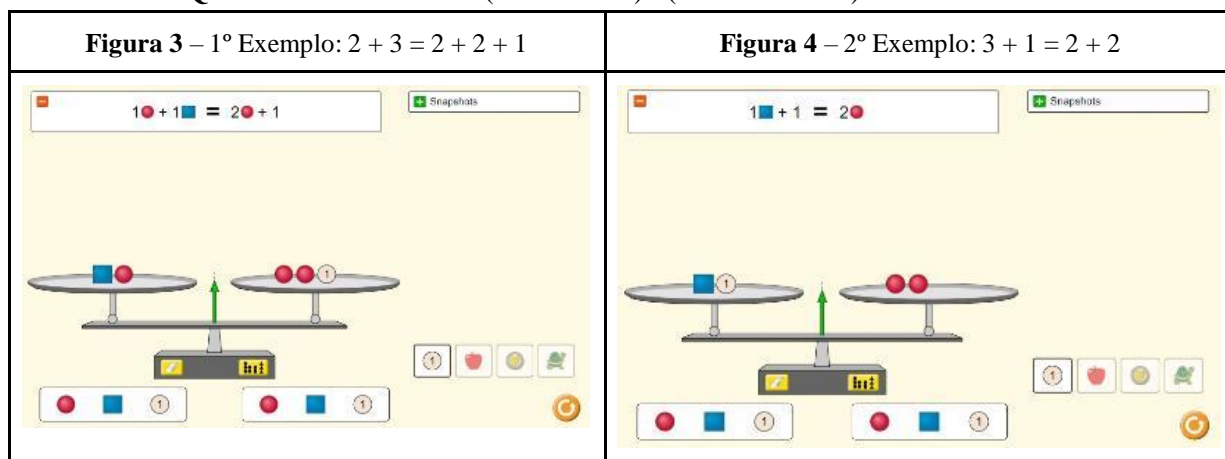


Habilidades da BNCC e do CPE possíveis de serem desenvolvidas pelo uso do “Explorador da Igualdade: Básico”

- (EF03MA11) / (EF03MA11PE):

No modo básico, o professor pode levar os alunos (3º ano do EF) a identificar as diferenças de massas entre os objetos (círculo e quadrado) ao manipular a balança; cujos valores são: um quadrado é equivalente “1 + 1 + 1” e um círculo vermelho é igual “1 + 1”. Os alunos podem simular diversas situações de igualdade entre sentenças de adição.

Quadro 4 – Habilidades (EF03MA11) / (EF03MA11PE) no modo básico.



Fonte: Elaborado pelos autores através da plataforma PhET.

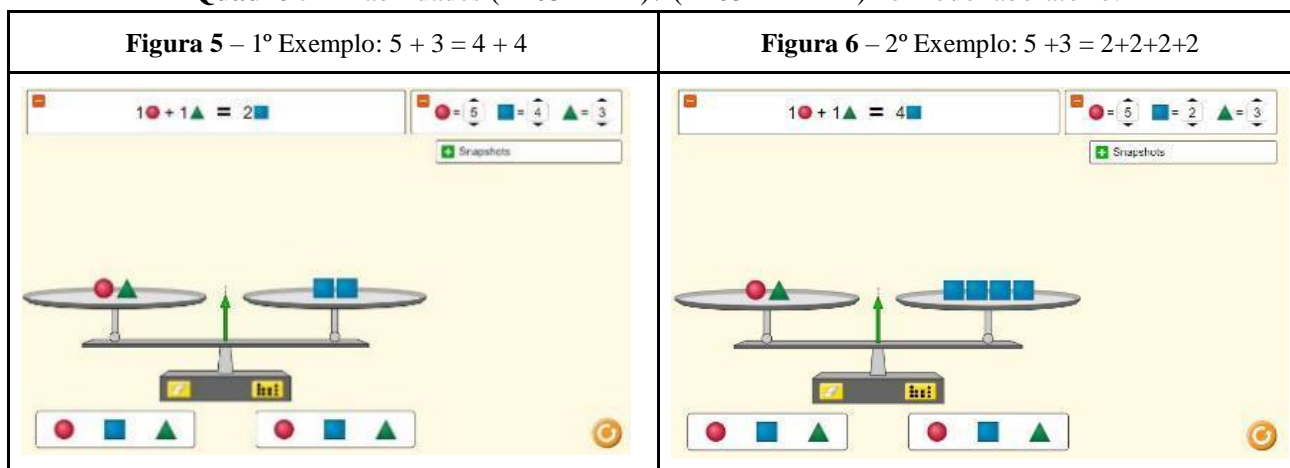
Os exemplos ilustrados no Quadro 4 foram desenvolvidos no modo básico. Ao propor essa situação para os alunos, o professor pode fazer uma analogia entre a noção de equilíbrio, ao utilizar a balança e a igualdade. Nos exemplos acima, depois de estimular os alunos a perceberem os valores correspondentes ao círculo e ao quadrado, o professor levará os alunos a sistematizar a escrita das sentenças de adição “2 + 3 = 2 + 2 + 1” (equivalente a “2 + 3 = 4 + 1”) (Figura 3) e “3 + 1 = 2 + 2” (Figura 4).

Pontuamos ainda que os outros objetos do modo básico (frutas, moedas, animais), não nos permitem simular interações com base na habilidade (EF03MA11) / (EF03MA11PE). Pois, embora possamos saber a diferença entre as massas deles (maior, menor ou igual), não conseguimos identificar qual o valor específico da massa de cada um dos objetos. O que impossibilita a escrita de diferentes sentenças de adições de números naturais que resultem na mesma soma. Já no modo laboratório, embora a



quantidade de objetos para inserir na balança seja reduzida, temos a ferramenta de atribuição de valores para esses objetos.

Quadro 5 – Habilidades (EF03MA11) / (EF03MA11PE) no modo laboratório.



Fonte: Elaborado pelos autores através da plataforma PhET.

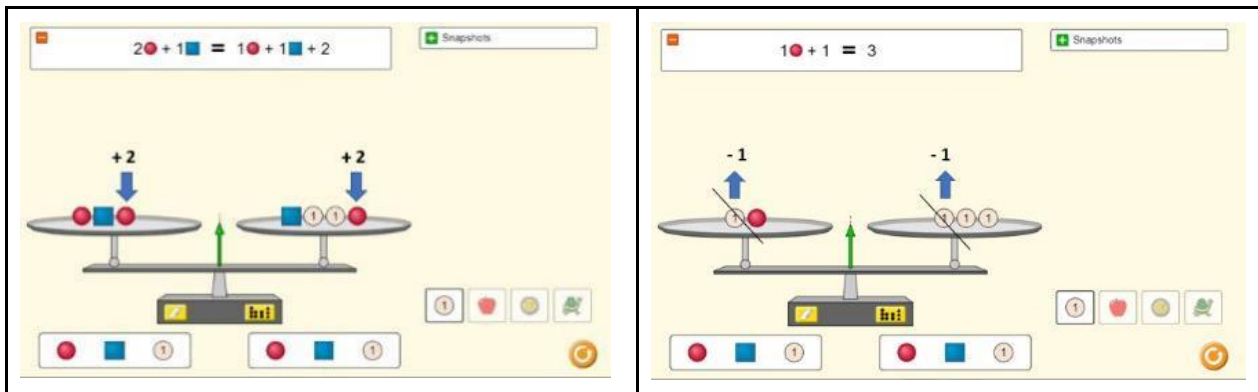
Os exemplos do Quadro 5 foram desenvolvidos no modo laboratório. Mensuramos que o professor inicialmente atribui os valores para os objetos (exemplo: círculo = 5, quadrado = 3 e triângulo = 2). Depois, solicita que os alunos manipulem os objetos em ambos os lados da balança a fim de obter o equilíbrio da mesma. Por fim, o professor deve levar o aluno a escrever as sentenças de adição, objetivando a compreensão da igualdade entre elas. Por exemplo, “ $5 + 3 = 4 + 4$ ” (Figura 5) é equivalente a “ $5 + 3 = 2 + 2 + 2 + 2$ ” (Figura 6).

- **(EF04MA14) / (EF04MA14PE):**

Outra possibilidade de explorar a tela básica é perceber que mesmo adicionando e subtraindo uma quantidade igual em ambos os membros de uma igualdade a relação de equivalência permanece, isto é, obtém-se outra igualdade.

Quadro 6 – Habilidades (EF04MA14) / (EF04MA14PE) na tela básica.

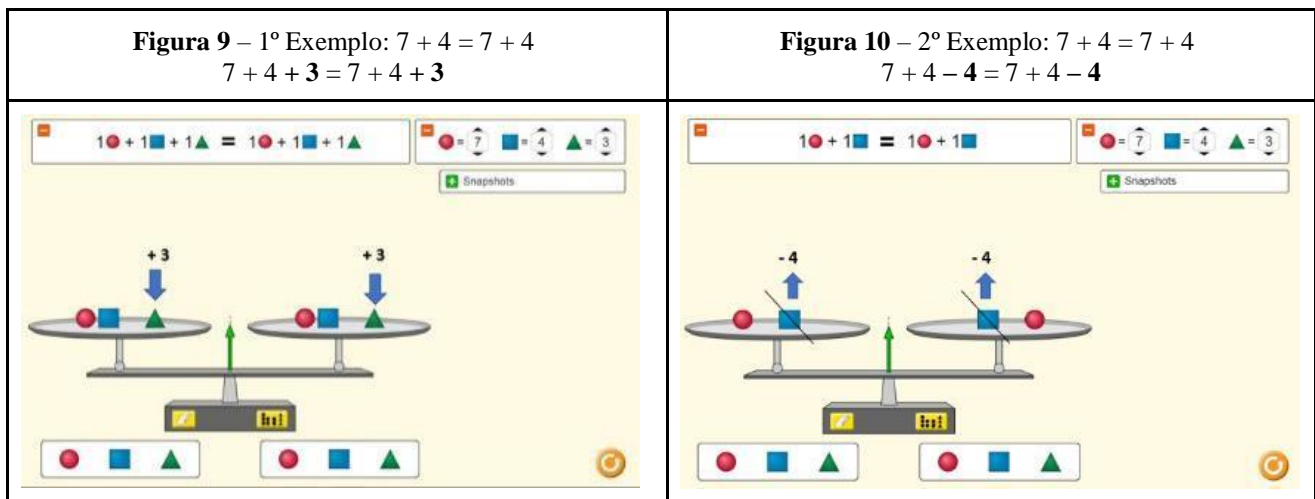
Figura 7 – 1º Exemplo: $2 + 3 = 3 + 2$ $2 + 3 + 2 = 3 + 2 + 2$	Figura 8 – 2º Exemplo: $2 + 1 = 1 + 2$ $2 + 1 - 1 = 1 + 2 - 1$
--	--



Fonte: Elaborado pelos autores através da plataforma PhET.

Nos exemplos do Quadro 6, na tela básica, partindo das sentenças propostas pelo professor, “ $2 + 3 = 3 + 2$ ” (Figura 7) e “ $2 + 1 = 1 + 2$ ” (Figura 8), os alunos (4º ano) são levados a aplicar o princípio aditivo de equivalência. Ou seja, adicionar ou subtrair de ambos os lados da balança um mesmo objeto, verificando a igualdade. Nos exemplos do Quadro 6, adicionou-se 2 e subtraiu-se 1 em cada lado da igualdade, respectivamente.

Quadro 7 – Habilidades (EF04MA14) / (EF04MA14PE) na tela laboratório.



Fonte: Elaborado pelos autores através da plataforma PhET.

No Quadro 7, no modo laboratório, o professor determina os valores para os objetos (exemplo: círculo = 7, quadrado = 4 e triângulo = 3). Em seguida, pede aos alunos que simulem os objetos em ambos os lados da balança visando manter o seu equilíbrio. No 1º exemplo do Quadro 7, partindo da sentença “ $7 + 4 = 7 + 4$ ”, o professor deve levar o aluno a aplicar o princípio aditivo de equivalência. Ou seja, adicionar (Figura 9) ou subtrair (Figura 10) de ambos os lados da balança um mesmo objeto.



- **(EF05MA10) / (EF05MA10PE):**

Para a etapa final dos anos iniciais (5º ano do EF), o professor pode incitar os alunos a adicionar ou subtrair objetos na balança, verificando a janela que representa ambos os membros da igualdade a fim de compreender a noção de igualdade enquanto equivalência. Como nos exemplos dos Quadros 6 e 7 (relacionados às habilidades EF04MA14 / EF04MA14PE).

A respeito disso, Cavalcanti e Santos (2013, p. 4) afirmam que “a noção relacional de equivalência do sinal de igualdade envolve a compreensão do símbolo ‘=’ como uma relação estática numa igualdade aritmética ou algébrica”. Assim sendo, uma igualdade aritmética ou algébrica precisa apresentar as propriedades de equivalência (simétrica, reflexiva e transitiva). Propriedades essas já discutidas anteriormente.

- **(EF06MA14) / (EF06MA14PE):**

Comparando esta habilidade com a anterior – (EF05MA10) / (EF05MA10PE) – temos o acréscimo da necessidade de determinar valores desconhecidos, por exemplo, através da metáfora da balança. Nesse contexto, convém fazer uma ressalva quanto à balança de dois pratos, compreendida como uma analogia e não a noção de igualdade em si (PERNAMBUCO, 2019). Dispomos, nas figuras a seguir, dois exemplos que podem ser trabalhados na tela básica para desenvolver a habilidade (EF06MA14) / (EF06MA14PE):

Quadro 8 – Habilidades (EF06MA14) / (EF06MA14PE) na tela básica.

Figura 11 – 1º Exemplo: “ $5 = x + 2$ ”	Figura 12 – 2º Exemplo: “ $6 = 2y + 2$ ”

Fonte: Elaborado pelos autores através da plataforma PhET.

Para o primeiro exemplo (Figura 11), pode-se orientar os alunos a: Adicionar 5 círculos com numeral “1” em um prato da balança. Em seguida, adicionar 1 quadrado e



2 círculos com o numeral “1” no outro prato da balança. E, determinar o valor do quadrado em correspondência a esses círculos.

No caso, do segundo exemplo (Figura 12), é possível orientar a: adicionar 6 círculos com o numeral “1” e 1 círculo vermelho em um prato da balança. Depois, adicionar 2 círculos vermelhos e 4 círculos com o numeral “1” no outro prato da balança. E, por fim, determinar o valor do círculo vermelho em correspondência aos círculos com o numeral “1”. Vale lembrar que os valores dos objetos quadrado e círculo vermelho são, respectivamente: três ($1+1+1$, na balança) e dois ($1+1$, na balança).

Além disso, destacamos que, os exemplos propostos quanto às três habilidades anteriores requerem o princípio aditivo de igualdade para a resolução das atividades, mas esta habilidade (EF06MA14 / EF06MA14PE) requer também o princípio multiplicativo de igualdade (ver Figura 12).

Considerações finais

Este trabalho teve por objetivo analisar as possibilidades de uso do recurso digital “Explorador de Igualdade: Básico” da plataforma PhET à luz das habilidades da BNCC e do CPE quanto ao ensino das propriedades de igualdade e princípios de equivalência.

Das sete habilidades da BNCC e do CPE prescritas para Álgebra (Quadro 1), constatamos, até o momento, que quatro habilidades do Ensino Fundamental na área de Matemática, da unidade temática “Álgebra”, podem ser desenvolvidas através do recurso digital “Explorador Básico de Igualdade”: (EF03MA11) / (EF03MA11PE); (EF04MA14) / (EF04MA14PE); (EF05MA10) / (EF05MA10PE) e (EF06MA14) / (EF06MA14PE).

Na medida do que apresentamos neste trabalho, consideramos que o pensamento algébrico dos alunos pode ser desenvolvido, mediante o uso do recurso em jogo, levando-se em conta a importância do professor “planejar e propor atividades motivadoras que instiguem a curiosidade dos estudantes, que os levem a investigar, a experimentar, a confrontar e interpretar resultados” (PERNAMBUCO, 2019, p. 71).

Longe de esgotarmos a proposição de possibilidades didáticas para a utilização desse recurso digital na Educação Básica, esperamos que este trabalho contribua para que os professores possam desenvolver outras atividades, visando à integração das tecnologias digitais no ensino de Matemática. Ademais, almejamos que esta pesquisa



auxilie os professores que ensinam Matemática a fim de que possam aprimorar o ensino e a aprendizagem de álgebra no Ensino Fundamental.

Referências

ADLER, Jill. Conceptualising resources as a theme for teacher education. **Journal of Mathematics Teacher Education**, v.3, p.205–224, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1009903206236>.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC/CONSED/UNDIME, 2018.

CALADO, Sílvia dos Santos; FERREIRA, Sílvia Cristina dos Reis. **Análise de documentos**: método de recolha e análise de dados. Disponível em: <http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/ichagas/mi1/analisedocumentos.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2021.

CAVALCANTI, José Dilson; SANTOS, Marcelo Câmara dos. Um estudo sobre compreensões do sinal de igualdade: noção operacional e relacional de equivalência. In: CONFERÊNCIA INTERAMERICANA DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, XIV., 2013. **Anais...**, Blumenau - SC, 2013, p. 1-11. Disponível em: <http://ciaem-redumate.org/ciaem/?q=pt-br/node/121>. Acesso em: 10 nov. 2020.

COSTA, Nielce Meneguelo Lobo da; PRADO, Maria Elisabette Brisola Brito. A Integração das Tecnologias Digitais ao Ensino de Matemática: desafio constante no cotidiano escolar do professor. **Perspectivas da Educação Matemática**, Campo Grande, v. 8, n. 16, p. 99-120, 2015.

DRIJVERS, Paul *et al.* The teacher and the tool: instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. **Educational Studies in Mathematics**, n. 75, p. 213–234, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10649-010-9254-5>.

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Trad. Joice Elias Costa. 3. ed., Porto Alegre: Artmed, 2009.

GIOVANNI JÚNIOR, Jose Ruy; CASTRUCCI, Benedito. **A conquista da Matemática**. v.6. São Paulo: FTD, 2018.

KRIPKA; Rosana.; SCHELLER, Morgana; BONOTTO, Danusa Lara. Pesquisa Documental: considerações sobre conceitos e características na Pesquisa Qualitativa. Atas Congresso Ibero-americano - Investigação Qualitativa em Educação - CIAIQ2015., 2015. Disponível em: <https://proceedings.ciaiq.org/index.php/ciaiq2015/article/view/252/248>. Acesso em: 02 fev. 2021.



PANOSSIAN, Maria Lucia; SOUSA, Maria do Carmo; MOURA, Manoel Oriosvaldo de. Nexos conceituais do conhecimento algébrico: um estudo a partir do movimento histórico e lógico. In: MORETTI, Vanessa Dias; CEDRO, Wellington Lima. (Orgs.). **Educação matemática e a teoria histórico-cultural**: um olhar sobre as pesquisas. Campinas, SP: Mercado de Letras, 2017, p. 125-160.

PERNAMBUCO. Secretaria de Educação. **Currículo de Pernambuco**. Ensino Fundamental. Área de Matemática. Recife: SE, 2019.

SOUSA, Maria do Carmo; PANOSSIAN, Maria Lucia; CEDRO, Wellington Lima. Concepções de álgebra e de seu ensino: um panorama. In: _____. (Orgs.). **Do movimento lógico e histórico à organização do ensino**: o percurso dos conceitos algébricos. Campinas, SP: Mercado de Letras, 2014, p.21-44.

UNIVERSIDADE DO COLORADO BOULDER. *Physics Education Technology – PhET Interactive Simulations*, 2020. Disponível em:
https://phet.colorado.edu/pt_BR/about. Acesso em 20 out. 2020.

ZARDO, Taciana. **Equações do 1º grau**: um estudo didático. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Matemática, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

Recebido em: 28 / 02 / 2021
Aprovado em: 16 / 04 / 2021