

Experiências Computacionais Educativas Construcionistas (ExCEC) como contexto para a aprendizagem de números negativos e desenvolvimento do pensamento computacional

Luciana L. da Silva Barbosa¹, Marcus V. Maltempi²

¹Instituto Federal de São Paulo – Campus Birigui (IFSP)
Birigui – SP – Brasil

²Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Rio Claro – SP - Brasil

luciana.leal@ifsp.edu.br , marcus.maltempi@unesp.br

Abstract. *This article aims to present a Constructionist Educational Computational Experience (ExCEC) developed to provide the opportunity for a class of children to construct meanings related to the idea of negative numbers. We used Gatinho's microworld built in Scratch as a concrete support for the children's mathematical reasoning, which meant mobilizing their reflective and computational thoughts to guide their mental constructions towards understanding and solving the proposed problems. The concept of ExCEC is based on the theories of John DEwey and Seymour Papert, whose ideas were targets of investigation to build synergetic relationships to support our analysis. Furthermore, we present the conception of computational thinking built by relating Papert's ideas and many Computer Science concepts conceived in the literature as its pillars. We conclude that reflective thinking and computational thinking combine to promote the learning of mathematics through the construction of meanings, and that mobilizing computational thinking through programming activities expands the possibilities of developing a learning process through an educational experience guided by reflective thinking.*

Resumo. *Este artigo tem como objetivo apresentar uma Experiência Computacional Educativa Construcionista (ExCEC) desenvolvida para oportunizar a uma turma de crianças a construção de significados relacionados à ideia de números negativos. Usamos o micromundo do Gatinho construído no Scratch como suporte concreto para o raciocínio matemático das crianças, o que significou mobilizar seus pensamentos reflexivo e computacional para orientar suas construções mentais rumo à compreensão e resolução dos problemas propostos. O conceito de ExCEC está fundamentado nas teorias de John Dewey e Seymour Papert, cujas ideias foram alvos de investigação para a construção de relações sinérgicas para sustentar nossa análise. Além disso, apresentamos a concepção de pensamento computacional construída relacionando as ideias de Papert e muitos dos conceitos da Ciência da Computação concebidos na literatura como seus pilares. Concluimos que pensamento reflexivo e pensamento computacional se coadunam para favorecer a aprendizagem de matemática pela construção de significados, e que mobilizar o pensamento computacional através de atividades de programação amplia as*

Apoiado pelo CNPq (Processo 305264/2022-2) e Fapesp (2022/15578-7)

possibilidades de se desenvolver um processo de aprendizagem pela experiência educativa orientada pelo pensamento reflexivo.

1. Introdução

O processo de aprendizagem predominante nas escolas ainda é aquele que enfatiza o ensino, e por consequência, seus mestres se dedicam a aperfeiçoar métodos e estratégias para melhor ensinar. E por ensino entende-se uma prática pedagógica que prioriza a “transferência” de um conhecimento pronto, cujo processo de construção fica à margem de qualquer processo de investigação e compreensão por parte dos estudantes (DEWEY, 1979; PAPERT, 2008). A questão que surge é: o conhecimento pode ser transferido do mestre para o aprendiz?

Neste contexto, que questiona o modelo tradicional de ensino por transferência comumente adotado nas aulas tradicionais de matemática, nossa pesquisa propõe investigar como pode acontecer a construção de significados para a ideia de números negativos quando estudantes estão engajados em suas experiências computacionais educativas construcionistas orientadas pelos pensamentos reflexivo (PR) (DEWEY, 1979) e pensamento computacional (PC) (PAPERT, 1985; 2008), com o propósito de construir seus projetos de programação no Scratch¹. Para tanto, desenvolvemos nossas atividades de investigação sob as lentes teóricas de John Dewey e de sua filosofia da experiência, e de Seymour Papert e sua teoria de aprendizagem construcionista.

Optamos por uma metodologia de pesquisa qualitativa orientados pela abordagem *Design Based Research* (DBR) (BARAB; SQUIRE, 2004) para planejar, desenvolver e investigar o conceito de Experiência Computacional Educativa Construcionista (ExCEC), construído a partir de possíveis relações entre as teorias de Papert (1985; 2008) e Dewey (1976; 1979). As ExCEC foram desenvolvidas em um contexto naturalístico (LINCOLN e GUBA, 1985) onde se ensina e se aprende matemática, com a participação de um grupo de 11 crianças de 9 a 12 anos e da professora-pesquisadora de matemática (primeira autora deste artigo). A pesquisa de campo foi desenvolvida de junho a dezembro de 2022 na Organização não Governamental (Ong) Empreendedor Mirim, localizada na cidade de Birigui, no estado de São Paulo

A DBR é entendida como uma série de abordagens aplicadas com o objetivo de produzir novos artefatos, práticas e teorias que permitem compreender o processo de ensino e de aprendizagem em ambientes naturalísticos, e ao mesmo tempo sobre ele agir (BARAB; SQUIRE, 2004). Envolve tanto projetar quanto investigar contextos naturalísticos de aprendizagem, testá-los e revisá-los, num processo iterativo similar às variações clássicas em experimentos (COBB et al., 2003). Como tal, a pesquisa baseada em *design* sugere uma abordagem filosófica pragmática, no sentido de que o valor de uma teoria reside em sua capacidade de produzir mudanças no mundo, assim como o é a filosofia da experiência de John Dewey (1976). Neste sentido, a DBR foi eleita como uma possibilidade metodológica para atender questões relacionadas à complexidade e dinamicidade contextual da nossa “sala de aula”, bem como nossos objetivos de pesquisa. Ela nos permitiu construir o design das ExCEC concomitantemente a seu desenvolvimento, com base em pré-análises aplicadas sobre os dados produzidos em cada encontro através dos seguintes instrumentos: vídeos, diários de campo, programas das crianças, suas anotações e autoavaliações.

¹ Scratch é uma plataforma e uma linguagem de programação em blocos gratuita, desenvolvida para crianças construírem projetos de jogos, animação ou histórias. Disponível em: <https://scratch.mit.edu/>

Dessa forma, as ExCEC consistem em experiências educativas pessoais inteligentes desenvolvidas em um ambiente computacional para a construção de projetos de programação de computadores com o objetivo de oportunizar uma aprendizagem de matemática através da construção de significados matemáticos pelo próprio aprendiz, orientado por seus pensamentos reflexivo e computacional. Assim, as ExCEC tem como objetivo *desenvolver experiências computacionais para proporcionar experiências matemáticas*.

2. Relações sinérgicas entre o conceito de experiência educativa e micromundo computacional

Uma *experiência* é concebida por Dewey (1976) como o dinamismo reativo de acontecimentos, de modo que, cada ação vivida tem efeito para agir e reagir sobre outras relacionadas, o que inclui as experiências humanas em que se aplicam a reflexão e o conhecimento. Para assumir um caráter educativo, a experiência precisa atender aos princípios do *continuum* experiencial e da interação, de modo que só é educativa a experiência que satisfaz a integração equilibrada entre eles (DEWEY, 1976). Além disso, as ações e interações da pessoa rumo a seu propósito precisam ser guiadas e organizadas pelo pensamento reflexivo, que atribui um caráter inteligente à experiência (DEWEY, 1979).

Por outro lado, temos a concepção de micromundo construída por Papert (1985, p. 151): “um ambiente de aprendizagem interativa baseado no computador onde os pré-requisitos estão embutidos no Sistema, e onde os aprendizes podem tornar-se ativos, arquitetos construtores de sua própria aprendizagem”. Seu objetivo geral para esses micromundos é apresentar como “ideias computacionais podem servir como material para pensar” (PAPERT, 1985, p. 150) quaisquer conhecimentos científicos alvos da aprendizagem, ao mesmo tempo em que se aplica princípios matemáticos para desenvolver as habilidades matemáticas do aprendiz favorecendo o aprender a aprender.

Para ilustrar e discutir suas ideias, Papert (1985) apresenta o micromundo da Tartaruga Geométrica² como um modelo que pode tornar a geometria formal mais acessível à aprendizagem através de um processo mais natural e sintônico, ou seja, que possui sintonia com conhecimentos já aprendidos pela criança. Papert (1985) chama a ação de aprender a controlar a Tartaruga de uma *experiência* que mobiliza “o prazer da criança em falar [...] em comandar [...] o prazer com o movimento. Toda essa *experiência* faz uso de um campo de conhecimento bem familiar à criança, a ‘geometria do corpo’, um ponto de partida para o desenvolvimento de conexões com a geometria formal” (PAPERT, 1985, p. 81, grifo nosso).

A *experiência* de construir programas no micromundo da Tartaruga Geométrica contempla um conjunto de elementos característicos de uma *experiência educativa* de Dewey (1976; 1979): o uso de uma linguagem para construir e comunicar ideias carregadas do que aquilo significa para o indivíduo; a ação de comandar como expressão da responsabilidade intelectual do aprendiz; o desenvolvimento de um pensamento ordenado consequencialmente; o uso de um conhecimento familiar, como a geometria do corpo, para estabelecer as devidas relações com experiências anteriores (princípio do *continuum* experiencial (DEWEY, 1976)) para construir os significados para um novo conhecimento, a geometria formal. Além disso, um micromundo computacional permite a construção de situações que contemplam condições objetivas a serem observadas e percebidas, que ao entrarem em contato com as condições subjetivas proporcionarão as interações necessárias para a construção e desenvolvimento de um propósito pessoal, atendendo assim ao princípio da interação (DEWEY, 1976).

² O micromundo da Tartaruga Geométrica foi construído através da linguagem de programação Logo. Posteriormente, Papert construiu uma tartaruga mecânica para ser controlada por programas escritos em Logo.

Outras relações podem ser construídas entre diferentes ideias de ambos os autores: um projeto de programação é motivado por uma ideia pessoal que se configura num propósito quando se planeja e orienta as ações pelo pensamento (BARBOSA e MALTEMPI, 2023); cada ideia gera uma versão de um programa que consiste numa possível solução do problema, considerada como hipótese até ser validada; cada uma dessas hipóteses, ao serem testadas, serão alvos de reflexão, pois o próprio ambiente se encarrega de dar os *feedbacks* necessários ao processo de validação; cada hipótese testada pode gerar um conjunto de erros que servirão como oportunidades para novos aprendizados (DEWEY, 1979).

Por fim, em uma *experiência educativa* e em um *micromundo computacional* existe a possibilidade de realizar experimentos para construir significados para ideias até serem consolidadas em conceitos. As explorações e investigações autônomas das crianças são favorecidas pela natureza interativa do micromundo computacional desenvolvido num ambiente de programação com *feedback* dinâmico, como o Logo ou o Scratch. Isso permite desenvolver um processo de aprendizagem que parte de ideias intuitivas (PAPERT, 1985), ou de sugestões (DEWEY, 1979), solicitadas pela mente por possuírem relação com algo familiar ao estudante identificado na situação (DEWEY, 1979).

O conceito de experiência educativa de John Dewey traz consigo um elemento essencial para garantir o caráter inteligente de uma experiência pessoal: o *pensamento reflexivo*, responsável por garantir uma ordem consequencial entre cadeias de ideias ou de pensamentos. Ele é mobilizado pelo próprio aprendiz para construir os significados de uma situação problemática que o impede de agir para cumprir seu propósito. Paralelamente a isso, identificamos nas ideias de Papert sua preocupação em compreender como um estilo de pensamento mobilizado durante a construção de programas de computador pode favorecer o pensar sobre o próprio pensar, ao mesmo tempo em que desenvolve as habilidades matemáticas da criança, levando-a a aprender a aprender.

A perspectiva de Papert (1985; 2008) para o computador como um *objeto-de-pensar-com* nos levou a identificar relações entre sua concepção de cultura computacional e muitas das discussões e abordagens investigadas atualmente para o PC (GADANIDIS et al., 2017; BARBOSA e MALTEMPI, 2019), reconhecendo nas ideias de Papert muitos dos pilares do PC elencados. Assim, construímos nossa concepção de PC fundamentados nas ideias de Papert (1985; 2008), contemplando também muitos dos conceitos da ciência da computação relacionados ao PC identificados na literatura: *um estilo de pensamento aplicado para forjar e desenvolver ideias orientados por um processo lógico de pensamento, aplicando diversas estratégias de pensamento como análise e síntese de dados, decomposição e composição, abstração, reconhecimento de padrões, generalização, com o objetivo de compreender, formular, representar e solucionar problemas, com vistas a aprender a pensar e aprender a aprender. Um estilo de pensamento que pode se apropriar do poder computacional dos computadores e da programação para estender a capacidade humana de pensar, representar e aplicar estratégias de pensamento, o que nos leva a ampliar as possibilidades para mobilizar o pensamento computacional em função de alguns conceitos relacionados à ciência da computação: automação, paralelismo, simulação, debugging, e pensamento algorítmico, para tirar proveito das possíveis relações entre o aprendiz e o computador através da programação, abrindo as portas para uma abordagem de aprendizagem que segue o modelo de “pensar com” e “aprender com” o computador.*

Partimos agora para apresentar e analisar uma ExCEC desenvolvida para o propósito de construir significados para a ideia de números negativos (BARBOSA, 2024).

3. O que nos contam as histórias de aprendizagem desta pesquisa?

Para analisar os dados, vamos apresentar alguns diálogos desenvolvidos entre os sujeitos participantes que fizeram parte da ExCEC E_{2d} de nossa pesquisa de doutorado (BARBOSA, 2024). Eles narram os fatos, acontecimentos e interações entre as pessoas, pessoas e tecnologias, pessoas e pensamento reflexivo e computacional, e pessoas e matemática. Essa experiência foi desenvolvida durante um momento da produção de dados que chamamos de *Organização das Ideias* (BARBOSA, 2024), quando desenvolvemos momentos de reflexão para acessar e organizar as ideias matemáticas construídas individualmente pelas crianças enquanto exploravam os comandos do Scratch para construir seus projetos de programação.

3.1 . ExCEC E_{2d} - a ideia poderosa do aprender a aprender

Durante a discussão com toda a turma, adotamos como estratégia de ensino a *Mediação Questionadora* (BARBOSA, 2024), através da qual apresentamos problemas matemáticos no contexto do micromundo do Gatinho (Figura 1) para serem alvos de discussão e reflexão, o que suscitou muitos diálogos e uma interessante e engajadora conversa matemática. Assim começa nossa história...



Figura 1- Micromundo do Gatinho como um contexto significativo para o cálculo mental.

Luciana: Então, se eu estiver apontando para cá (aponto com o braço e olho para a mesma direção), e fizer isso, oh (dou um passo para trás, na direção contrária àquela que indiquei com o braço, que era para frente).

Kimberly: Aí você está dando um passo para trás.

Quando questionadas sobre como fazer o ator andar para trás no Scratch, não souberam responder, com exceção do Vitor, que disse: “tem que colocar o sinal de menos e o número”. Notem que ele não disse “inserir um número negativo”. Acreditamos que o significado do número negativo ainda não havia sido construído formalmente por ele, o que não o impediu de construir seu próprio significado para o que observava: o sinal de menos indica que o ator vai andar para trás e o número diz a distância que ele vai andar para trás.

Vitor construiu esse significado quando precisou aplicar essa ideia em seus projetos. No entanto, não o construiu sozinho apenas pela observação direta de suas ações sobre os comandos, mas sim através da mediação questionadora da professora fornecida no momento em que precisava fazer com que seu ator andasse para trás mas não sabia como. Temos aqui a importância da instrução de terceiros, que se torna útil quando fornecida no momento oportuno de uma experiência para atender a uma demanda específica do aprendiz que precisa de algum conhecimento novo e que não está acessível pela observação direta (DEWEY, 1979). Nessa nova experiência de E_{2d}, ele se lembrou de suas aprendizagens anteriores e aplicou os conhecimentos construídos anteriormente neste novo contexto.

Fizemos a demonstração no Scratch do que Vitor acabara de responder e questionamos à turma sobre o significado do sinal de menos, e as respostas foram:

Turma: Quer dizer que ele vai andar para trás. Para ele voltar os passos que ele quiser.

Luciana: E o número 100, quer dizer o que?

Turma: Que ele vai voltar 100 passos.

Luciana: E o sinal de menos significa o que?

Dessa vez, um aluno disse: “tirar os passos”, um indício de uma matemática mais próxima da formal, pois sua fala mostra que relaciona o sinal de menos à operação aritmética de subtração, aplicada quando precisamos resolver problemas para “tirar” uma quantidade de outra quantidade.

Luciana: Então esse número pode ser po...?

Turma: Positivo ou negativo.

Luciana: Mas o que significa um número negativo?

Turma: Abaixo do normal (um aluno), abaixo de zero (outro). (A turma acaba concordando que o “correto” seria abaixo de zero).

Mas no momento de explicar o que seria um número negativo, Vitor volta-se para o que observava no Scratch e diz:

Vitor: se for -1 ele vai andar 1 passo para trás, se for -2 vai andar 2 passos para trás, -3, 3 passos para trás.

Disso, percebemos que o conhecimento que importa para os aprendizes é o conhecimento útil para alcançar determinado projeto pessoal (PAPERT, 1985). Eles foram capazes de resgatar em suas falas alguns termos provenientes de suas aulas de matemática na escola, mas toda a discussão da turma girou em torno do que o número negativo significava naquele micromundo, e de como afetava o comportamento do ator. Esses fatos corroboram a perspectiva construcionista de aprendizagem que acredita que a criança aprende melhor quando tem a oportunidade de descobrir o conhecimento de que precisa, concebendo o conhecimento como algo valioso para a criança, que necessita dele para executar um empreendimento pessoal (PAPERT, 1985).

Na sequência investigamos seus conhecimentos sobre as operações aritméticas de adição e subtração desenvolvidas mentalmente, o chamado cálculo mental. Usamos o comando *Mova* como um recurso para tornar concreto o raciocínio matemático das crianças, construindo assim um contexto mais significativo para o desenvolvimento de seus pensamentos. Aproveitando a ideia dos alunos sobre o significado do comando *Mova -x* usado para “tirar passos”, usamos o micromundo do Gatinho da Figura 1 para questioná-los sobre quantos passos o ator terá caminhado ao final do programa. Começamos com os números 100 e -100 como argumentos do comando *Mova*, executamos o programa e demos início às discussões.

Luciana: O ator parou no mesmo lugar que estava no início?

Turma: Acho que não (Kimberly). Sim (alguns alunos). (Outros tinham dúvida).

Luciana: Quem acha que voltou para o mesmo lugar? Por que?

Turma: Porque ele andou 100 para frente e depois voltou 100 para trás.

Luciana: E quem acha que não voltou para o mesmo lugar? Kimberly, você acha que não voltou para o mesmo lugar?

Kimberly: Não voltou (mas não soube explicar o porquê).

Luciana: E se eu fizer isso. *Mova 100* e depois *Mova -80* (Altere os argumentos dos comandos *Mova* do programa da Figura 1).

Turma: Ele vai andar 100 e depois tirar 80 passos (um aluno).

Luciana: Olha! Então ele andou 100 e depois tirou 80. Então no final do programa ele andou quanto?

Turma: 100 uai (um aluno).

Neste momento, o estagiário Pedro, que nos auxiliava no desenvolvimento das atividades gravando os vídeos, respondeu: “20”. Ele respondeu a pergunta prontamente, de forma espontânea, como se um “aluno” fosse. Talvez, estaria envolvido na discussão, participando em pensamento e sentindo-se parte dela e da turma, e por esse motivo se sentiu estimulado a participar respondendo a pergunta. Vejo nesse fato algo de positivo, pois a conversa sobre matemática estava tão interessante que acabou por engajar até mesmo quem “não deveria” participar dela por não ser um dos “alunos” da turma. Sem explicar a estratégia que ele usou, elaboramos outro problema esperando que as crianças pudessem pensar e descobrir qual a estratégia usada por Pedro.

Luciana: Olha pessoal, o Pedro. Uma salva de palmas para ele (risos e palmas).

Luciana: Agora ele andou 150, e voltou 100, no final quantos passos ele andou para frente?

Turma: 50. 20. 100. (Várias respostas diferentes).

A turma inicia uma discussão, cada um justificando suas respostas, para no final concordarem entre si que a resposta seria 50 passos para a frente. Não precisamos explicar o raciocínio de Pedro quando deu sua resposta, mas parece que sua participação levou as crianças a pensarem sobre o problema, pois a partir dela desenvolveram suas estratégias de cálculo para encontrar suas respostas. Por fim, um dos alunos se levantou e explicou seu raciocínio: “ele andou 150 passos para frente, depois voltou 100 passos, então ele andou 50 passos para frente”. Todos concordaram com sua explicação e aceitaram sua resposta.

Luciana: Agora, ele vai andar 30 para frente e depois ele vai andar 160 para frente. Quantos passos ele andou?

Turma: Ele andou para frente, e depois para frente de novo (um aluno). Agora complicou (outro aluno). Cadê o menos aí? (outro aluno). 200, 290, 190. (Várias respostas).

A turma começou a pensar sobre o problema, elaborar suas estratégias mentais e arriscar suas respostas. Conforme falavam, tentavam se justificar. Por fim, um aluno levantou e disse: “190”. Perguntamos.

Luciana: 190? Por que 190?

Turma: Porque 160 mais 30 é 190.

Luciana: Parabéns. E na cabeça de vocês, vocês fizeram uma conta, qual foi?

Vitor: 160 mais 30.

Alterar o “tipo” de problema trouxe uma dificuldade a mais, pois estavam esperando um problema do “tipo subtração”. Eles pararam para pensar, discutiram suas estratégias e respostas, para enfim, chegarem a um acordo sobre a resposta, cuja justificativa todos concordaram. Este é mais um momento em que, diante de um problema, uma dúvida, tiveram que refrear seus impulsos para refletir, observar o contexto, coletar os dados da situação, identificar quais conhecimentos seriam necessários para resolver o problema, relacionar fatos, ideias e princípios, para construir suas conclusões. Mobilizaram seu pensamento reflexivo

através da análise, síntese, julgamento e abstração lógica para construir suas conclusões (DEWEY, 1979).

Luciana: Agora, ele andou -50, e depois ele andou 100. Quantos ele andou no final?

Yago: 50.

Vitor: Quantos ele andou? 100 - 50?

Esse problema causou uma discussão empolgante! A turma começou a conversar entre si, com mais engajamento que anteriormente. Cada criança dava sua resposta e se justificava, usando como argumento a quantidade de passos que o ator andava para trás e para frente. Diante deste cenário produtivo de ideias e das dúvidas das crianças, decidimos ir à frente da sala para *nos colocar no lugar do gatinho e brincarmos* de gatinho. Usamos o revestimento do piso como uma unidade de medida igual a 50 passos, e para tornar o processo mais claro, dividimos o problema em três partes: 1 - Primeiro, andamos 50 passos para trás; 2 - Depois, 50 passos para frente, mostrando que havíamos voltado ao lugar de partida; 3 - Por fim, andamos mais 50 passos para frente. Neste momento, a turma começou a perceber que os 50 passos para trás haviam anulado os 50 passos para frente pois, após isso, o gatinho estava no mesmo lugar de onde começou. No final do percurso ele havia caminhado 50 passos para frente.

Evidenciamos neste momento que dois princípios matemáticos contribuíram para a compreensão da situação: *Faça parte do micromundo e Procure algo semelhante que já saiba* (PAPERT, 2008). Além disso, aplicamos uma estratégia de pensamento relacionada a nossa definição de PC, a *decomposição* e a *composição*. A decomposição do problema em partes menores, e sua execução passo-a-passo diminuiu sua complexidade e ajudou as crianças a compreenderem o todo da situação, observando o que acontecia em cada uma de suas partes. Após compreenderem cada parte do problema, puderam construir as relações entre cada uma delas para compor o todo da situação em função de suas partes, construindo assim suas compreensões sobre toda a situação. Aplicaram, assim, a composição para relacionar as partes do problema e o compreenderem por completo. Nossa definição para o PC abarca os conceitos de decomposição e composição, o que implica reconhecer que mobilizá-lo em função desses pilares durante a compreensão e resolução de situações problemáticas contribui para o aprender a aprender. Isso nos leva a concluir que *nossa concepção para o pensamento computacional possui natureza matemática, ou seja, contribui para que as crianças desenvolvam habilidades matemáticas*.

Após esse momento, passamos a refletir e discutir o que os números significavam dentro do contexto do comando *Espere*, conforme mostra a Figura 1. Fizemos várias alterações nesse argumento do comando, seguido de questionamentos sobre o comportamento do ator, e em todas as respostas a turma demonstrou compreender o significado do número naquele contexto: o ator espera por mais ou menos tempo, ou o movimento do gatinho acontece mais rápido ou mais devagar. Decidimos, inserir o número 1 e perguntar:

Luciana: E se eu quiser mais rápido ainda?

Turma: Coloca o zero. Coloca negativo.

Coloquei o zero, e perceberam que não houve pausa entre os dois movimentos do comando *Mova*. Tentamos inserir um número negativo mas não conseguimos, pois o comando não aceita números negativos como argumento. Isso nos levou a uma discussão sobre os motivos dessa proibição do Scratch: por que não podemos usar um número negativo no comando *Espere*?

Vitor: Será que é porque não podemos andar com o tempo para trás?

Ele relacionou o que observava no micromundo a suas experiências de vida pois, de fato, em nossa vida o tempo só avança, só “anda para frente”. Também relacionou essa situação àquelas discutidas nos problemas anteriores, pois para ele o significado do sinal negativo era “andar para trás”. Assim, se usamos o sinal negativo no comando *Espera*, significa que desejamos que o tempo “ande para trás”, o que na vida real é fácil de perceber que não é possível. Ele concluiu.

Vitor: Se não conseguimos andar com o tempo para trás, deve ser por isso que não podemos colocar números menores que zero no comando.

As reflexões sobre “um tempo negativo” mostraram-se muito interessantes, pois percebemos que nem sempre a matemática formal se adequa a algumas situações de nossa vida, pois mesmo existindo o formalismo do número negativo, ele não poderia ser aplicado para situações envolvendo tempo de espera. Evidenciamos que as crianças fazem uso de suas experiências de vida para construir muitas de suas explicações sobre o que observam (PAPERT, 1985), e para construir seus significados sobre uma situação (DEWEY, 1979), indicando que uma experiência pessoal pode convencer muito mais sobre algo do que uma explicação formal e sem sentido dada por um professor.

4. Discussões finais e conclusões

Temos neste episódio da ExCEC E₂ um movimento de aprendizagem construcionista e pela experiência que envolveu a construção de propósitos (DEWEY, 1976) através de um projeto de programação permeado por problemas que surgiram durante o desenvolvimento da experiência, os quais levaram o aprendiz a desenvolver e pôr em prática seu pensamento reflexivo e pensamento computacional para construir suas soluções.

Diversas relações entre PR e PC puderam ser identificadas na experiência narrada. Percebemos que o PR foi mobilizado para a formulação, compreensão e resolução de situações problemáticas através da construção de programas, correspondendo assim ao *PC em desenvolvimento*, pois durante o curso das experiências computacionais educativas diversas habilidades relacionadas ao PC foram aplicadas e desenvolvidas. O *raciocínio lógico* das crianças foi mobilizado para impor ordem às ideias expressas através do programa. O que também evidencia a aplicação da lógica para organizar um conjunto de ideias sobre como resolver um problema, ou seja, a aplicação do pensamento reflexivo para compreender uma situação real que resultará numa conclusão a ser representada formalmente por um programa (DEWEY, 1979). O *pensamento algorítmico* foi mobilizado para dar forma e expressão às ideias das crianças sobre como resolver seus problemas. Elas tiveram que mobilizar seu pensamento reflexivo para compreender cada situação problemática e construir suas conclusões, as quais foram representadas através de um algoritmo. Assim, o PR foi mobilizado para construir significados para toda a situação experienciada, incluindo o conceito de algoritmos, o que nos leva a concluir que o PR fora mobilizado para desenvolver o PC em função do conceito de algoritmo.

A *decomposição e composição* foi desenvolvida quando nos colocamos no lugar do gatinho para compreender as etapas que formavam seu movimento por completo. Assim, a decomposição e composição são estratégias de pensamento que favorecem a aprendizagem pela construção de significados para o que se observa numa situação problemática, levando-nos a concluir sobre a natureza matemática do PC em função dos conceitos de composição e decomposição. A *automação* foi aplicada para construir e representar uma solução que poderia ser compreendida e executada por um computador. Temos então que o produto do PR é representado por um programa, de modo que o PR foi mobilizado para desenvolver o PC através da automação.

Representar formalmente a conclusão do pensamento reflexivo através de um programa traz implicações para o processo reflexivo empreendido para construção de significados. Os *feedbacks* emitidos pelos testes do programa alimentam o processo de aprendizagem pela construção de significados pois o aprendiz poderá refletir sobre os resultados de suas ações sobre o programa, se suas hipóteses sobre como resolver o problema estão corretas ou precisam ser corrigidas. Isso significa que mobilizar o PC em função da automação amplia as possibilidades de aprendizagem pela experiência educativa de Dewey (1976; 1979) à medida que o *feedback* da máquina amplia as possibilidades de observação do aprendiz sobre a situação dando a ele maior autonomia sobre seu processo reflexivo. Dessa forma, entendemos que o PC em função do conceito de automação potencializa a ação do PR mobilizado para investigar, compreender e resolver uma situação problemática, impactando também o processo de aprendizagem pela construção de significados que depende do PR.

Referências

- BARAB, S; SQUIRE, K. Design-based research: Putting a stake in the ground. **Journal of the Learning Sciences**, London, v. 13, n.1, p. 1–14, 2004. Disponível em: https://www.doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1. Acesso em: jan. 2021.
- BARBOSA, L. L. S. da; MALTEMPI, M.V. Recognizing Possibilities of Computational Thinking When Teaching First-degree Equations: A Classroom Case. *In: PROCEEDINGS OF FABLEARN*, 2019. **Anais [...]**. New York: Columbia University, 2019. p. 57–64
- BARBOSA, L. L. S. MALTEMPI, M. V.. Educação pela experiência: projetos de programação entendidos como um propósito em uma experiência matemática educativa. **PROMETEICA - Revista de Filosofia y Ciencias**, v. 27, p. 783–792, 2023a. Disponível em: <https://doi.org/10.34024/prometeica.2023.27.15377>. Acesso em: dez. 2023.
- BARBOSA, L. L. S. da. Construção de Significados Matemáticos em Experiências Computacionais Educativas Construcionistas orientadas pelos pensamentos reflexivo e computacional. **Tese** (Doutorado em Educação Matemática): UNESP – Rio Claro. 2024.
- COBB, P; DISESSA, A; LEHRER, R; SCHAUBLE, L. Design experiments in educational research. **Educational Researcher**, v. 32, n. 1, p. 9–13, 2003. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3699928>. Acesso em: abr. 2021.
- DEWEY, J. (1976) **Experiência e educação**. Tradução: Anísio Teixeira. 2. ed. São Paulo: Nacional, 1976.
- DEWEY, J. (1979) **Como pensamos**: como se relaciona o pensamento reflexivo com o processo educativo, uma reexposição. Tradução: Haydée Camargo Campos. 4. ed. São Paulo: Nacional, 1979.
- GADANIDIS, G; HUGHES, J.M; MINNITI, L. Computational Thinking, Grade 1 Students and the Binomial Theorem. **Digital Experiences Mathematics Education**. v. 3, n.2, p. 77–96, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40751-016-0019-3>. Acesso em: maio 2021.
- LINCOLN, Y; GUBA, E. **Naturalistic Inquiry**. 1. ed. Londres: Sage Publications, 1985.
- PAPERT, S. (1985) **LOGO: Computadores e Educação**. Tradução José Armando Valente, Beatriz Bitelman, Afira V. Ripper. São Paulo: Brasiliense, 1985.
- PAPERT, S. (2008) **A Máquina das Crianças**: repensando a escola na era da informática. Tradução Sandra Costa. Porto Alegre: Artmed, 2008.