

DESENVOLVIMENTO COGNITIVO E A ATIVIDADE DE PROGRAMAÇÃO COM CRIANÇAS

COGNITIVE DEVELOPMENT AND THE PROGRAMMING ACTIVITY WITH CHILDREN

Cristiane Pelisoli Cabral¹

Rosane Aragón²

Alexandre da Silva Simões³

Resumo: O presente estudo está vinculado a uma pesquisa que objetiva investigar o processo de construção da noção de algoritmo na atividade de programação realizada por crianças. Apresentamos, aqui, a análise de nove experimentos para a investigação de processos cognitivos envolvidos na atividade de movimentar um robô concreto sem a utilização do *software* de programação na tela de um computador. Em uma primeira etapa, foram realizadas provas cognitivas, baseada no método clínico-piagetiano para a verificação do estágio do desenvolvimento intelectual de cada sujeito e uma segunda etapa onde os sujeitos resolveram problemas para fazer movimentar um objeto tangível. O experimento foi gravado em vídeo e analisado com auxílio do *software* de análise qualitativa MAXQDA2020®. Como conclusões preliminares, podemos indicar relações entre os estágios de desenvolvimento cognitivo infantil e o uso de diferentes estratégias de resolução de problemas envolvendo a construção de algoritmos para a programação de um robô.

Palavras-chave: Desenvolvimento Cognitivo; Atividade de Programação; Epistemologia Genética; Robótica Educacional.

Abstract: The present study is linked to a research that aims to investigate the process of building the notion of algorithm in the programming activity performed by children. We present here the analysis of nine experiments for the investigation of cognitive processes involved in the activity of moving a concrete robot without the use of programming software on a computer screen. In a first stage, cognitive tests were carried out, based on the Piagetian clinical method to verify the stage of intellectual development of each subject and a second stage where the subjects solved problems to make a tangible object move. The experiment was recorded on video and analyzed with the aid of qualitative analysis software MAXQDA2020®. As preliminary conclusions we can indicate relationships between the stages of child cognitive development and the use of different problem solving strategies involving the construction of algorithms for programming a robot.

Keywords: Cognitive Development; Programming Activity; Genetic Epistemology; Educational Robotics.

¹ Mestra em Tecnologias Digitais na Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutoranda em Tecnologias Digitais na Educação PPGEDU/UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: pelisoli@gmail.com

² Doutora em Informática na Educação (UFRGS). Professora Titular na Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGEDU/UFRGS) e Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PPGIE/UFRGS). Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: rosane.aragon@ufrgs.br

³ Livre-docente em Robótica e Inteligência Artificial pela Universidade Estadual Paulista – Câmpus de Sorocaba (UNESP). Professor do programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica Interunidades da Unesp e do programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Sorocaba, SP, Brasil. E-mail: alexandre.simoies@unesp.br

1 Introdução

A atividade de programação com crianças é um recurso educacional que se iniciou com os trabalhos de Seymour Papert e a Linguagem Logo a partir das décadas de 1960-1970. Papert teve contato com a teoria dos Estádios do Desenvolvimento Intelectual proposta por Jean Piaget no período em que foi seu aluno, em Genebra, de 1958 a 1963. Com base nesses estádios, Papert (2008) enfatizou o trabalho com “objetos para pensar com” e um trabalho intensivo com o estágio operatório-concreto através do Construcionismo, em que a criança precisa manusear, experimentar e construir objetos para potencializar seu pensamento.

Depois de algumas décadas, a discussão sobre a atividade de programação com crianças continua, agora relacionada ao conceito de Pensamento Computacional (PC). A definição do termo ainda não está consolidada (VICARI; MOREIRA; MENEZES, 2018), mas desde o artigo de Jeanette Wing (2006) um forte debate mundial tem se estabelecido sobre a natureza do PC, sua importância para a educação, academia, indústria e formuladores de políticas (BOCCONI *et al.*, 2016). Em geral, a discussão sobre PC relaciona-se com a resolução de problemas e os chamados quatro pilares do PC: reconhecimento de padrões, decomposição, algoritmos e abstração (RIBEIRO; FOSS; CARVALHO, 2019).

Seja pelo resultado educacional, seja por forte pressão do mercado de trabalho, a atividade de programação com crianças tem sido estimulada desde muito cedo (RESNICK, 2017; BERS, 2018), e políticas públicas têm sido construídas com o objetivo de inserir a cultura digital, as tecnologias e o pensamento computacional no meio educacional (SBC, 2018; CIEB, 2020).

Piaget (1980) nos diz que o problema central do desenvolvimento é compreender a formação, a elaboração, a organização e o funcionamento das estruturas cognitivas. Assim, através da interpretação da relação entre sujeito e objeto, é possível compreender a aprendizagem humana em determinada atividade, e essa compreensão possibilitaria a proposição de metodologias mais eficientes, pois, para dizer como e o que se deve ensinar, precisamos, antes de mais nada, saber como acontece o processo de aprendizagem.

A análise do percurso cognitivo de resolução de problemas em robótica educacional sob enfoque da macro e da microgênese (CABRAL, 2010) evidencia, de maneira mais geral, as relações entre os processos cognitivos e essa atividade tecnológica. Agora, é necessário focar mais especificamente na atividade de programação, pois parte-

se da hipótese de que, quando a criança está programando um computador ou um robô, exista um percurso cognitivo que faz com que o sujeito consiga transformar a linguagem humana em linguagem de programação. Por esse motivo, está sendo realizada uma pesquisa que tem como objetivo investigar a psicogênese, ou seja, o processo de construção da noção de algoritmo na atividade de programação realizada por crianças dos 4 anos aos 12 anos, e o estudo que hoje apresentamos aqui é um projeto-piloto dessa pesquisa que buscou aplicar e analisar os experimentos que serão utilizados, posteriormente, em uma amostra maior.

Na investigação a que se propõe, não utilizaremos um *software* de programação na tela de um computador para realizar a atividade de programação, por entender que existe um processo de adaptação/aprendizagem ao uso do computador pelas crianças como nos mostra Fagundes (1986). Para minimizar a interferência de tal variável, que poderá direcionar a análise dos dados, optou-se pela utilização de uma ferramenta de programação, com um objeto tangível (robô), que permite a construção do código de programação utilizando-se de ícones que podem ser testados diretamente no robô que executará os movimentos descritos no algoritmo.

Assim, este artigo apresenta a fundamentação teórica sobre aprendizagem e os estádios do desenvolvimento intelectual baseado na epistemologia genética de Jean Piaget, bem como as origens do trabalho de programação com crianças (seção 2). Na seção 3, é apresentada a metodologia da investigação; na seção 4, é trazida a síntese dos resultados e uma breve conclusão na seção 5.

2 Desenvolvimento cognitivo

A aprendizagem humana é uma construção desde o nascimento até a fase adulta, podendo ser concebida através da Teoria da Epistemologia Genética que justifica a aprendizagem pelo processo de adaptação do indivíduo ao meio, ou seja, através da relação entre o sujeito e o objeto. A inteligência, para essa teoria, nada mais é do que adaptação, um conceito de origem biológica das espécies, que juntamente com o conceito de organização formam o que é chamado por Piaget (1975) de invariantes funcionais. É através do mecanismo de adaptação ao ambiente externo que o sujeito assimila tudo aquilo que suas estruturas mentais lhe permitem assimilar e acomoda-as, transformando essas estruturas em um movimento de conservação da estrutura anterior e incorporação de algo novo de maneira ascendente. Portanto, a ação do sujeito é o ponto de partida da

construção da inteligência humana (PIAGET, 1975). Para aprender, cada sujeito construirá para si os objetos do meio, e isso acontecerá somente através da sua própria ação física e/ou mental. O conceito de ação física é chamado também de experiência física ou lógica-matemática ou, ainda, de ação e operação. De qualquer maneira, para realizar todo o processo de construção do conhecimento, é necessário que o sujeito aja externamente sobre objetos e opere internamente nas suas estruturas mentais.

Qualquer aprendizagem implica estruturas subjacentes à ação que lhe deu origem, mas essa estrutura mental não é observável, é orgânica e específica para o ato de conhecer, responsável pela nossa capacidade de estabelecer relações lógicas. Uma estrutura é um conjunto de elementos relacionados entre si, interdependentes, de forma que não podemos definir ou caracterizar os elementos independentemente destas relações. Na origem das estruturas, estão os esquemas, pois uma estrutura é o resultado da organização de sistemas de esquemas. O esquema é aquilo que é generalizável em uma ação, ou seja, o que se interioriza de uma ação é a sua generalização. Dessa maneira, os esquemas são coordenados em sistemas, que, por sua vez, possibilitam novas assimilações; e ao estabelecer novas assimilações, o sujeito constrói outros esquemas de ação que provocam novas transformações cognitivas que originarão as estruturas mentais e assim continuamente. Contudo, devemos distinguir, no sistema psíquico, as estruturas variáveis que se reorganizam em sucessivos equilíbrios para dar conta das assimilações, das estruturas estáveis que asseguram o funcionamento do sistema.

A ideia de “estádio”⁴, em epistemologia genética, relaciona-se a “degraus” de equilíbrio alcançados estruturalmente ao longo do desenvolvimento intelectual do sujeito. Piaget (1978; 1980) e Piaget e Inhelder (1999) distinguem, no desenvolvimento da lógica na criança e no adolescente, três estádios principais (sensório-motor, concreto e formal), sendo o segundo precedido por um longo período preparatório (pré-operatório). Esses estádios foram minuciosamente detalhados em um quadro específico para as operações intelectuais e possuem uma continuidade do ponto de vista orgânico, a partir do nascimento, como o reflexo inicial de sugar o seio da mãe, e não apresentam cortes naturais bem nítidos. Aliás, o caráter integrativo dos estádios do desenvolvimento é justamente uma das suas características. As estruturas construídas em um determinado

⁴ O termo estágio, na teoria de Piaget, pode ser encontrado traduzido também como “estágio”. Piaget nos fala de períodos que designam as grandes unidades do desenvolvimento e estádios e subestádios que descrevem as divisões desses períodos (GÖTZ; EICHLER, 2018).

momento pelo sujeito tornam-se parte integrante das estruturas posteriores. Ainda assim, os estádios do desenvolvimento não se caracterizam por uma justaposição de propriedades diferentes, umas sobre as outras, mas por uma estrutura de conjunto. Essa estrutura será própria para cada período. No estádio das operações concretas, por exemplo, a estrutura do sujeito possuirá características lógicas do agrupamento de classificação e seriação, que são as estruturas lógicas elementares (PIAGET; INHELDER, 1971). Já no estádio operatório formal, a estrutura será o grupo de INRC (Identidade, Negação, Recíproca e Correlativa) que comporta reversibilidades, como explicado posteriormente. Dessa maneira, um estádio concentra um nível de preparação e também de conclusão ou fechamento quando se alcança certo patamar de equilíbrio. Como a preparação de aquisições posteriores pode incidir sobre mais de um estádio (com sobreposições entre preparações mais curtas e outras longas), e como existem vários graus de estabilidade nas conclusões, é necessário distinguir, em toda sequência dos estádios, os processos de formação ou gênese e as formas de equilíbrio finais que são bastante relativos. As formas de equilíbrio são as estruturas de conjunto, já os processos de formação se apresentam sob aspecto de diferenciação da estrutura anterior e preparação da posterior (PIAGET, 1978). Por fim, é importante ressaltar que todos esses estádios se sucedem em uma ordem fixa e universal, mas a duração depende de fatores individuais e do meio, tais como experiência física e lógico-matemática, maturação e meio social em que o indivíduo se encontra. Por isso, a idade cronológica⁵ em que cada criança atinge um estádio é bastante variável, mas a ordem não será alterada, tampouco suprimida.

Do nascimento até o aparecimento da linguagem, por volta dos dois anos de idade, a criança está no período da inteligência sensório-motora, que é a fase do predomínio da ação física e da inteligência essencialmente prática. Os primeiros meses de vida são de uma atividade mental muito intensa, o que ocasiona uma grande evolução no ser humano, das primeiras horas de vida até o surgimento da linguagem. Durante esse estádio, desenvolve-se o conhecimento prático, que constitui a subestrutura do conhecimento representativo posterior (PIAGET, 1972). Dentro do período sensório-motor, é possível distinguir três momentos até o surgimento da representação e dos esquemas. O primeiro é o exercício dos reflexos e o surgimento dos primeiros hábitos que se estende até cerca de 8-9 meses. O exercício reflexo e os primeiros hábitos são o prenúncio da assimilação

⁵ É importante enfatizar, por se tratar de um equívoco comum, que a questão da idade não é fundamental para o desenvolvimento da estrutura cognitiva do sujeito e sim sua ação física e mental sobre o mundo que o cerca.

mental e constituem o ponto de partida de novas condutas adquiridas com ajuda da experiência. O segundo momento é o da organização das percepções e hábitos em reações circulares que representam a forma mais evoluída da assimilação. Por volta dos 12 meses, a criança já é capaz de buscar objetos desaparecidos, mas sem a coordenação dos deslocamentos e localizações sucessivas (PIAGET, 1975; 2006). O terceiro momento é o da inteligência senso-motora propriamente dita, a qual representa uma inteligência prática que se refere à manipulação de objetos e que só utiliza, em lugar de palavras e conceitos, percepções e movimentos organizados em esquemas (PIAGET, 1980). No final deste estágio, a criança começará a ter “representações mentais”, isto é, uma ideia dos objetos, podendo pensar neles ou em pessoas mesmo na sua ausência. Antes das representações, não é claro para a criança pensar nas coisas ausentes, ela pode ver um objeto e, no momento em que esse objeto sumir do seu campo de visão, é como se não existisse mais. No plano prático, acompanhamos uma organização dos grupos de deslocamentos que, inicialmente, eram concentrados no próprio corpo, descentram-se pouco a pouco e chegam a um espaço no qual a criança a situa como um elemento entre os outros.

O período de preparação e de organização das operações concretas de classes, relações e número se estende por cerca dos 2 anos até 11-12 anos de idade e está dividido em dois subperíodos: o da preparação funcional das operações (**pré-operatório**) e da estruturação operatória propriamente dita. Por volta de 2-3 anos até cerca dos 4 anos de idade é o subperíodo do aparecimento da função simbólica em diferentes formas: imitação diferida, jogo simbólico, desenho, imagem mental e evocação verbal, além do início da interiorização dos esquemas de ação em representação. Com o surgimento da linguagem, as condutas da criança são profundamente modificadas. Por ser o momento do início da representação, a criança encontra dificuldades de pensar o espaço que não está próximo e o tempo não presente dos esquemas de objeto, espaço, tempo e causalidade já utilizados na ação efetiva (PIAGET, 1978; 2006). As primeiras estruturas representativas que se revelam nesse nível, por volta dos 4-5 anos de idade, aparecem senão através de muitos questionamentos sobre a realidade (PIAGET, 1999). Nesse momento, a criança não é capaz de conservar conjuntos e quantidades, faz afirmações sem demonstrações, também não define os conceitos que emprega, limitando-se a justificar pelo uso: “isso é para...” (PIAGET, 1980). No período pré-operatório, a criança não consegue definir o que é uma casa, por exemplo, ela consegue dizer apenas que uma casa é para morar, para dormir, etc. Neste momento, as intuições elementares da criança são apenas esquemas perceptivos e de ação, ou senso-motores, mas transpostos ou interiorizados como representações. Até

cerca de sete anos, a criança permanece pré-lógica e suplementa a lógica pelo mecanismo da intuição; é uma simples interiorização das percepções e dos movimentos sob a forma de imagens representativas e de “experiências mentais” que prolongam os esquemas senso-motores sem coordenação propriamente racional. Por volta dos 6 anos de idade até 7-8, ela já está quase atingindo o nível de “fechamento” da estrutura do período com a construção da noção de conservação e relacionando os estados e as transformações dos objetos⁶. Até atingir o nível de equilíbrio dessa estrutura, existe a ação e a representação mental dessa ação, mas não existe operação, que pressupõe a **reversibilidade** da ação. Como o próprio nome do período diz “pré-operatório”, não existe operação porque não existe ainda a noção de conservação e, com esta ausência, não existe a reversibilidade da ação. No período pré-operatório, existe uma inteligência que desempenha um papel importantíssimo, pois prolonga a inteligência sensório-motora do período pré-verbal e prepara as noções que se desenvolverão até a idade adulta.

No subperíodo da **estruturação operatória** propriamente dito, o qual acontece por volta dos 7-8 até 11-12 anos, aproximadamente, a inteligência consiste em atividades mentais que se apoiam em representações do real (imagem mental, palavras, etc.). Nesse novo plano de conduta, após um longo período de preparação em que o pensamento permanece pré-lógico (do período pré-operatório, centrado no próprio ponto de vista ou nos estados do real), a criança atinge o estágio das operações concretas, geralmente em torno dos 7 anos, fase em que coincide, em média, com o início do Ensino Fundamental. Para a inteligência, trata-se do início da construção lógica, que constitui o sistema de relações que permite a coordenação dos pontos de vista entre si. Esses pontos de vista são tanto aqueles que correspondem a indivíduos diferentes como aqueles correspondentes a percepções ou intuições sucessivas do mesmo indivíduo. A passagem da intuição para as ações operatórias acontece quando duas ações do mesmo gênero passam a compor uma terceira constituindo sistemas de conjuntos, ao mesmo tempo passíveis de composição de reversão e inversão (PIAGET, 1980). Nessa fase, o raciocínio ainda se apoia no concreto para realizar as abstrações e construir a lógica elementar do pensamento através da classificação e da seriação, que são as estruturas lógicas elementares do pensamento (PIAGET; INHELDER, 1971). As noções de conservação são construídas e evidenciadas no estágio operatório-concreto de maneira sucessiva quanto a substância, peso e volume.

⁶ Mais uma vez, chamamos a atenção do leitor para a questão da idade na teoria de Piaget que é uma idade aproximada, pois o que garante o desenvolvimento cognitivo não é necessariamente a idade cronológica e sim o desenvolvimento e o fechamento da estrutura que acontecerá através da própria ação do sujeito.

Neste período, resulta um jogo de operações coordenadas entre si em sistemas de conjuntos, cuja propriedade mais notável, em oposição ao pensamento intuitivo da primeira infância (pré-operatório), é a de serem reversíveis. As grandes conquistas do pensamento, assim transformado, são as noções de tempo (e com ele velocidade e espaço), além da causalidade e noções de conservação, como esquemas gerais do pensamento, e não mais, simplesmente, como esquemas de ação ou intuição (PIAGET, 1980). Para que a representação aconteça, é necessário que a criança tome consciência do seu ponto de vista, e, para isso, é necessário se dar conta de que ele se situa entre outros, ou seja, diferenciando-se dos outros e coordenando-os com eles. É na medida em que a criança leva em consideração o ponto de vista alheio que compreende o seu (PIAGET; INHELDER, 1993). As operações lógicas de que a criança é capaz ao nível do pensamento concreto consistem de “agrupamentos elementares” de classes e de relações, fundados alguns sobre uma forma inicial de reversibilidade, que poderíamos denominar inversão (negação), e os outros sobre uma segunda forma de reversibilidade que é a reciprocidade. Mas não existe, no nível das operações concretas de classes e relações, uma estrutura de conjunto geral que integre, em um único sistema, as transformações por inversão e as transformações por reciprocidade.

Então, no terceiro e último período, o das operações formais, que é alcançado por volta dos 11-12 anos de idade um degrau de equilíbrio é atingido abrindo-se em seguida para um grande número de transformações que se estendem por toda a vida adulta. O novo plano de condutas é o da lógica das proposições, no qual é possível raciocinar sobre enunciados, hipóteses e não somente sobre objetos concretos ou facilmente representados. Esse patamar de equilíbrio constitui o ponto de chegada da própria construção lógica, mas não exclui os progressos cognitivos anteriores tampouco os posteriores. O desenvolvimento psíquico, que se inicia quando nascemos, passa por etapas de equilíbrio até chegar à fase adulta, não significando ausência de modificações no último estágio, pelo contrário, as funções superiores da inteligência tendem a um “equilíbrio móvel” e quanto mais estável, mais haverá mobilidade, pois quanto mais as estruturas cognitivas atingem as funções superiores, mais têm possibilidade de assimilação, atingindo um nível de equilíbrio final (o qual não exclui novas integrações e superações) (PIAGET, 1980).

O grupo das quatro transformações, característico da lógica de proposições do adolescente, mostra como as duas formas da reversibilidade operatória acabam por coordenar-se em um sistema único, enquanto que a combinação própria da lógica

proposicional se constitui graças a uma generalização da classificação. A lógica das proposições supõe quatro operações coordenadas: uma operação direta (I) e seu inverso (N), mas também a operação direta e o inverso do outro sistema que constituem a recíproca do primeiro (R) e a negação desta recíproca ou correlativa ($NR=C$). Esse grupo das quatro transformações (INRC) aparece em uma série de campos diferentes, nos problemas lógico-matemáticos, mas também nos problemas de proporções independentemente dos conhecimentos escolares (PIAGET, 1978). O grupo INRC é um modelo estrutural destinado a dar conta da complexidade própria do estado final do desenvolvimento lógico. O que caracteriza a estrutura do grupo INRC, com relação à estrutura anterior de agrupamento, é a composição em um único sistema de duas formas de reversibilidade, que existiam antes separadamente. A estrutura dupla que caracteriza o pensamento formal aparece claramente como um produto de coordenações que atingem um nível de equilíbrio final (o que não exclui as novas integrações e superações contínuas, características do pensamento adulto), é por isso que a análise dos mecanismos formais é indispensável para a obtenção de uma teoria operatória da inteligência que se propõe interpretar passo a passo as construções sucessivas e hierárquicas do pensamento em seu desenvolvimento (INHELDER; PIAGET, 1976).

2.1 Desenvolvimento Cognitivo e Atividade de Programação

Os estudos de Seymour Papert, que iniciaram nas décadas de 1960-1970 e culminaram com a criação da Linguagem Logo (PAPERT, 1980), proporcionaram as primeiras aproximações da Ciência da Computação com a aprendizagem infantil e também com a sala de aula. A Linguagem Logo, ou Linguagem da Tartaruga, possibilitou, e possibilita até hoje, que crianças possam iniciar suas experiências com a atividade de programação utilizando comandos simples para movimentar uma tartaruga na tela de um computador. Papert criou o termo “Construcionismo” (PAPERT, 2008) em oposição ao “Instrucionismo” para descrever a maneira como os professores deveriam atuar em sala de aula, que, no seu ponto de vista, deveria ser com menos fala (instrução) e mais ação física e mental (construção) dos alunos. Ele acreditava que os meios educacionais possuíam poucos objetos concretos para ajudar os alunos a construir seus conhecimentos; por isso, dedicou-se a investigar sobre recursos que ajudassem os alunos a pensar ou “objetos para pensar com” (PAPERT, 2008). O conceito também foi desenvolvido posteriormente por Mitchel Resnick (RESNICK *et al.*, 1996) e designa

objetos concretos que estimulam a criança a pensar sobre o pensar e, dessa forma, testar suas hipóteses através da exteriorização das mesmas. Os estudos ao longo de 30 anos (VALENTE, 1993; 1996; FAGUNDES, 1994) demonstraram que a Linguagem Logo se apresentou como um recurso com grande potencial para fomentar a aprendizagem no meio escolar.

Papert foi aluno de Jean Piaget em Genebra de 1958-1963 onde colaborou com investigações acerca da matemática e a cognição. Interessado pelos Estádios do Desenvolvimento Cognitivo estudados por Piaget, Papert focou suas investigações no período operatório concreto, quando o pensamento da criança já é capaz de operar com a representação, a reversibilidade e sobre hipóteses vinculadas com o real. Papert foi designado por Piaget para substituí-lo na cadeira de Ensino de Cibernética na Faculdade de Ciências de Genebra e, dois anos depois, com a sua designação ao Massachusetts Institute of Technology (MIT), para Guy Cellérier. No MIT, Papert trabalhou com Marvin Minsky no Laboratório de Inteligência Artificial e no Laboratório de Mídias (MIT Media Lab), onde concretizou, com ajuda de seus colaboradores e convênio com a Lego® Dacta, a “caixa de engrenagens” da sua infância (PAPERT, 1980), no projeto Lego-Logo chamado posteriormente de *kit* de Robótica Educacional Lego® Mindstorms. As ideias de Papert sobre a atividade de programação e a Linguagem Logo serviram de inspiração para a criação do *kit* de robótica que possibilitou a construção de objetos concretos programáveis através do trabalho em grupo ou individualmente e inaugurou, algumas décadas depois, outra possibilidade de trabalho tecnológico no ambiente escolar: a robótica educacional.

Mitchel Resnick também trabalhou no MIT Media Lab e aprimorou as ideias de Papert. A Linguagem Logo de programação foi adaptada para movimentar as peças Lego® através do “tijolo programável” (RESNICK *et al.*, 1996), chamado RCX (*Robotic Command Explorer*). Unindo blocos plásticos, sensores, RCX e a programação, o material possibilita a construção de “objetos para pensar com”, ou seja, objetos concretos que podem ser movimentados através da programação e do controlador RCX e que ajudam a pensar sobre o pensar. Com esse material, a tartaruga está fora da tela do computador; a criança pode construí-la no formato que desejar com os blocos de encaixe e, posteriormente, programar seu movimento através de uma linguagem de programação em blocos na tela do computador. Em 1989, Papert tornou-se o primeiro professor de Pesquisa de Aprendizagem da Lego® ministrando disciplina no Media Lab. Em 1998, após Papert tornar-se professor emérito, o nome do professor foi modificado, em sua

homenagem, para o Lego® Papert Professorship of Learning Research. A cátedra foi passada para o ex-aluno e colaborador de longa data Mitchel Resnick dando continuidade às pesquisas.

Não é por acaso, então, que as ideias de Resnick estão bastante próximas às ideias de Papert. Resnick, em uma conferência para o TED Talks no ano de 2012, falou sobre a atividade de programação voltada para crianças, defendendo, assim como Papert, que é necessário proporcionar essa atividade para as crianças desde muito cedo e apresentou a ferramenta Scratch como um recurso importante para esse trabalho. O Scratch é um projeto do grupo Lifelong Kindergarten no Media Lab do MIT, idealizado por Mitchel Resnick. Foi criado em 2007 dentro da concepção de “objetos para pensar com”. O Scratch é um *software* que se utiliza de blocos lógicos, itens de som e imagem para desenvolver histórias interativas, jogos e animações, em um dispositivo de tela, além de compartilhar de maneira online as criações na comunidade. Foi projetado especialmente para idades entre 8 e 16 anos, mas é usado por pessoas de todas as idades (MIT MEDIA LAB, 2019). Na Linguagem Logo de programação, o sujeito se utiliza da sintaxe para programar, já no Scratch utiliza a semântica através da programação em blocos gráficos que se encaixam e tornam a atividade mais intuitiva. Em 2014, Resnick afirmou, em entrevista para a Revista INFO (2014, s./p.), que: “Quando estudam programação, as pessoas não só aprendem a programar como também programam para aprender”. O pesquisador do MIT defende que noções de programação devam ser ensinadas às crianças desde muito cedo de maneira lúdica e prazerosa. Para ele, dominar a tecnologia é tão importante quanto aprender a desenhar, escrever ou se comunicar, pois é uma forma de expressar a criatividade. Diz ele que, ao programar, as crianças aprendem a solucionar problemas, a comunicar suas ideias, planejar e estruturar projetos. E continua dizendo que essas habilidades serão úteis não apenas para cientistas da computação, mas qualquer pessoa, independentemente da idade, da experiência, do interesse ou da profissão que optar por seguir (RESNICK, 2017).

3 Metodologia

A abordagem escolhida para esta investigação é a pesquisa qualitativa, que busca obter dados descritivos através do contato direto do pesquisador com o objeto de estudo. A escolha por esse tipo de abordagem justifica-se na medida em que somente ela possibilita a análise do percurso cognitivo envolvido na atividade de programação

realizada por cada um dos sujeitos dessa investigação. A abordagem qualitativa na perspectiva do estudo de caso (YIN, 2016), com referência nos estudos de Inhelder *et al.* (1996) buscará analisar o progresso cognitivo macrogenético proposto por Piaget, apoiado em análises detalhadas das condutas dos sujeitos (microgênese), pois elas evidenciam características do processo interativo entre o sujeito e o objeto do conhecimento.

O presente estudo é parte de uma pesquisa maior que busca investigar o processo de construção da noção de algoritmo na atividade de programação realizada por crianças. Com esse estudo-piloto, buscamos avaliar a eficiência de nove experimentos para a investigação de processos cognitivos e dar continuidade à pesquisa. Para a investigação dos processos cognitivos envolvidos na atividade de programação com crianças, foi realizada uma **entrevista**, gravada em vídeo dividida em **duas etapas**: na primeira, foram realizadas provas cognitivas baseada no método clínico-piagetiano para a verificação do estágio do desenvolvimento intelectual de cada sujeito (conforme especificado no item 3.1); na segunda etapa, os sujeitos deveriam resolver nove problemas, chamados de experimentos, para fazer movimentar um robô com o material *Kids First Coding & Robotics* (conforme especificado no ítem 3.2). A primeira e a segunda etapa totalizam o que chamamos de entrevista e foi realizada em um único encontro. A entrevista completa foi gravada em vídeo e analisada com auxílio do *software* de análise qualitativa MAXQDA2020®.

Para participar do estudo, os sujeitos deveriam ter vínculo escolar e contato com uma ou mais tecnologias digitais (celular, *tablet*, computador, *notebook*, brinquedos tecnológicos, etc.) Com base nos estágios do desenvolvimento cognitivo propostos por Piaget, foram escolhidos sujeitos divididos em três faixas etárias distintas: dos 4-6, dos 7-9 e 10-12 anos de idade. As entrevistas foram realizadas individualmente na casa da própria criança. Os três sujeitos deste estudo-piloto foram os primeiros sujeitos analisados de um grupo de trinta crianças.

3.1 O Método Clínico e as Provas Cognitivas (Etapa 1)

A maioria dos fenômenos psicológicos, tais como o pensamento, a aprendizagem, a memória, o raciocínio, a percepção, entre outros, não é diretamente observável pelo pesquisador. Alguns desses fenômenos podem ser constatados pelo próprio sujeito que os vivencia, mas ao cientista é possível apenas a observação de indícios desses fenômenos.

Ainda assim, o raciocínio do sujeito tende a refletir-se nas ações e nas escolhas que faz em cada situação. É possível avaliar a motivação de um indivíduo ao resolver um problema, por exemplo, através da sua persistência. Dessa maneira, o estudo de fenômenos psicológicos requer inferências. Inferir a natureza de eventos psicológicos a partir do comportamento observável não é uma questão simples. Os fenômenos psicológicos não existem isolados das suas interações e tornam a interpretação do comportamento uma tarefa desafiadora. O comportamento de alguém ao resolver um problema reflete não apenas seu raciocínio sobre o problema, mas seus objetivos na situação e suas crenças sobre a situação. Logo, um comportamento observado é o resultado de uma interação entre diversos fatores que motivam, se situam em um contexto, organizam e possibilitam sua execução (CARRAHER, 1998).

Para descrever as atitudes dos sujeitos com relação a um objeto, os métodos tradicionais em psicologia eram inicialmente as entrevistas e as escalas, justamente uma tentativa de não incorrer em subjetivismos. Contudo, os entrevistados podem distorcer as informações e expressar atitudes diferentes das verdadeiras. Estudiosos de psicologia social têm enfatizado, nas últimas décadas, a importância de recorrermos a medidas que indicam atitudes sem que seja necessário consultar os sujeitos diretamente (CARRAHER, 1998). A evolução dos métodos de avaliação em psicologia social reflete uma tendência a, cada vez mais, buscar evitar as distorções conscientes e avaliar as atitudes a partir de inferências, usando indicadores mais sutis coletados de modo sistemático.

O método clínico-piagetiano é um procedimento de coleta e análise de dados para o estudo do pensamento da criança, também aplicável ao estudo do pensamento dos adultos, que se realiza mediante entrevistas ou situações abertas, nas quais se procura acompanhar o percurso do pensamento do sujeito ao longo da entrevista, fazendo sempre novas perguntas para esclarecer respostas anteriores. É composto de algumas perguntas básicas e de outras que variam em função do que o sujeito vai dizendo e dos interesses que orientam a pesquisa que está sendo realizada (DELVAL, 2002).

As entrevistas, baseadas no método clínico-piagetiano, foram realizadas com crianças de 4 até 12 anos de idade divididos em três faixas etárias distintas: dos 4-6, dos 7-9 e 10-12 anos de idade. Sabemos que, de acordo com essa teoria, somente a idade cronológica não garante o desenvolvimento das estruturas lógicas e que a idade dos sujeitos pode variar bastante de acordo com o contexto social em que estão inseridos. Assim, para avaliar o estágio do desenvolvimento intelectual, bem como as noções de objeto, causalidade e espaço foram realizadas as seguintes provas cognitivas selecionadas

diretamente das obras de Piaget na Etapa 1 da entrevista (na etapa 1, constam seis provas cognitivas; na etapa 2, são nove experimentos):

1. Conservação de quantidades físicas e correspondência termo a termo com uso de fichas (1); conservação de quantidades físicas e massa com uso de massa de modelar (2); conservação de quantidades físicas com o transvasamento de líquido (3) (PIAGET, 1975);
2. Causalidade com o uso de perguntas (4) (PIAGET, 1999);
3. Espaço/horizontalidade através da prova do desenho da linha da água e do “barquinho” (5) e espaço/horizontalidade através da prova das árvores na montanha (6) (PIAGET; INHELDER, 1993).

De maneira resumida, a prova cognitiva de conservação de quantidade (PIAGET, 1975) parte do estabelecimento de uma relação entre duas quantidades físicas ($A = B$) organizadas espacialmente de maneira que as relações conceituais e perceptuais são iguais e parecem iguais (duas fileiras de fichas, duas bolinhas de massa de modelar, dois copos com água). No momento seguinte, a igualdade das quantidades não pode mais ser constatada simplesmente com base na percepção, pois a disposição espacial das quantidades a serem comparadas é diferente (A e B são iguais, mas parecem diferentes). A fase 2 resulta de uma transformação da fase 1 realizada à vista do sujeito, o que permitiria (em tese) ao sujeito perceber a relação entre as quantidades que estão sendo comparadas. Em cada uma destas fases, pede-se à criança que julgue a relação quantitativa que existe entre A e B ($A > B$, $A < B$ ou $A = B$) e justifique sua resposta. Os sujeitos que se encontram no estágio pré-operatório não executam ações mentalmente (operações), apenas acompanham a execução dessas ações no real, restringido suas constatações às percepções do estado inicial e final do objeto, portanto sem a reversibilidade do pensamento. Já o sujeito do estágio operatório concreto considera possível as transformações de $A \rightarrow B$ e $B \rightarrow A$ como ações que coexistam, portanto reversíveis.

Nas provas cognitivas de causalidade (PIAGET, 1999) com o uso de perguntas, busca-se a explicação que os sujeitos dão para alguns questionamentos tais como: “*Por que as nuvens se movimentam? O que é uma cama? O que faz as ondas do mar se movimentarem?*”, entre outras. É possível observar três grandes grupos de explicações para esses questionamentos. O primeiro grupo são as explicações causais cuja a resposta comporta uma ideia de causa ou **finalidade** (*Ex. Uma cama é para dormir*). Um segundo grupo são as explicações com **justificações** gerais. Podemos encontrar motivações e até **fabulações** nas respostas das crianças (*Ex. As nuvens se movimentam porque alguém sopra*). Já nas explicações lógicas encontramos justificativas relacionadas com regras gerais, leis e relacionamento de ideias (*Ex. As ondas se movem por causa do vento*). Os

sujeitos que se utilizam de explicações causais e/ou gerais encontram-se em um período pré-causal ou pré-lógico em que o sujeito raciocina numa espécie de modelo interno característico do período pré-operatório. As respostas evoluem qualitativamente na medida em que as leis e normas que regem o universo começam a ser assimiladas (período operatório-concreto). Assim, o desenvolvimento cognitivo evolui de um pensamento egocêntrico para a descentração.

A prova cognitiva de espaço, para verificar a noção de horizontalidade e verticalidade (PIAGET; INHELDER, 1993), consiste em apresentar duas garrafas plásticas iguais, uma contendo água com anilina azul até próximo da metade da garrafa e uma rolha que flutua, e a outra garrafa, totalmente vazia. É dito para a criança que a garrafa que contém água azul e a rolha simboliza um lago com um barco navegando. É solicitado, então, que a criança realize uma previsão de como se apresentará a linha da água e o “barquinho” quando a garrafa for inclinada parcialmente, totalmente e revirada. A inclinação é demonstrada com a garrafa vazia. A criança, de posse de uma folha de papel com o desenho das inclinações da garrafa, precisa marcar a sua previsão da linha d’água e do “barquinho” na folha. Uma vez terminado o desenho antecipador, o sujeito é confrontado com a experiência de inclinar a garrafa com a água colorida e observar o movimento da linha da água e do “barquinho”. É importante que a linha d’água fique na altura dos olhos da criança para que ela perceba bem a superfície da água da maneira horizontal. Já na prova cognitiva da verticalidade é apresentada uma montanha feita com massa de modelar e pequenas “árvores” confeccionadas com papel e palito. É dito para a criança que um vento muito forte soprou nessa montanha e derrubou todas as árvores e que agora ela precisará replantar as árvores na montanha. Com relação aos resultados dessa prova cognitiva, é possível observar, em um primeiro nível, que o sujeito não consegue abstrair, nem a superfície da água no que se refere aos níveis horizontais, nem a superfície da montanha, no que se refere à determinação das verticais. O desenho da criança não situa a água em relação à garrafa, e as árvores são colocadas “deitadas” acompanhando a encosta, pois a criança não tem a noção de horizontalidade e verticalidade construída. Num segundo nível, os sujeitos iniciam a construção da noção de horizontalidade e da verticalidade variando seus desenhos e representações, hora relacionando com a realidade, hora de maneira desconexa. E no terceiro nível, as **verticais** e **horizontais** são antecipadas imediatamente, constituindo um sistema de conjunto de coordenadas.

3.2 O Material e os Experimentos criados com Programação (Etapa 2)

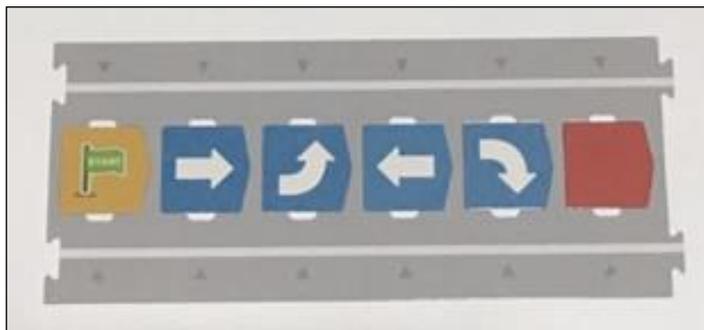
Para a investigação dos processos cognitivos envolvidos na atividade de fazer movimentar um robô concreto sem a utilização de *software* de programação na tela de um computador, foram elaborados nove problemas para serem resolvidos pelos sujeitos com o uso da ferramenta Kids First Coding & Robotics produzido pela empresa Thames e Kosmos. O material é comercializado como brinquedo tecnológico para a atividade de programação. Na caixa do produto, existe a indicação de faixa etária para uso que é de 4 até 8 anos de idade. O material não é vendido no Brasil e foi importado através da empresa Amazon. O brinquedo recebeu prêmios como Winner Parents' Choice Gold Award no ano de 2018 e Toy of the Year em 2019 nos Estados Unidos. Na Figura 1, pode-se observar a apresentação visual da caixa do material.

Figura 1: Caixa do material Kids First Coding & Robotics



Fonte: Thames e Kosmos (2019)

Para a construção do algoritmo de programação com esse material, não é necessário um dispositivo com tela como *tablet*, *smartphone* ou computador. Os comandos são simbolizados por cartas coloridas que são encaixadas em uma grade iniciando com a carta “*start*” e finalizando com uma carta vermelha que indica o fim da programação. À medida em que o robô passa pelas cartas contendo símbolos, um *scanner* óptico OID na parte inferior do robô lê os cartões de código, um por um, e memoriza o programa. Na Figura 2, pode-se observar a grade para a construção do algoritmo.

Figura 2: Grade para construir o algoritmo com cartas

Fonte: Arquivo Próprio (2020)

Com o programa memorizado, é necessário colocar o robô para percorrer os mapas que podem ser construídos de várias maneiras. Ao colocar o robô no mapa e apertar o botão, o robô executa os movimentos programados. É possível programar o robô para movimentar em direções diferentes, ativar uma engrenagem de saída, acender um LED, reproduzir sons e responder a diferentes placas de função. As peças plásticas que integram o *kit* possibilitam a criação de objetos simples que se encaixam à plataforma. A escolha desse material, que não utiliza *tablet*, *smartphone* ou computador para a programação, justifica-se na medida em que existe um processo de aprendizagem relacionado ao uso desses dispositivos, como nos mostrou Fagundes (1986), no caso do computador. Além disso, tal processo de aprendizagem não é foco da presente investigação.

Para iniciar os experimentos com programação, é questionado se o sujeito sabe o que é um robô; em seguida, é solicitado que descreva esse robô. Depois, é perguntado se o sujeito sabe como um robô se movimenta. Com esses questionamentos iniciais, objetiva-se recolher as representações iniciais do sujeito acerca do objeto. Após esses questionamentos, são apresentados o ratinho robô com que o sujeito realizará os experimentos do Grupo 1, a caixa com as cartas para realizar a programação e o primeiro mapa. São explicados a funcionalidade das cartas, a grade onde será construído o algoritmo e a carta de início e fim da programação.

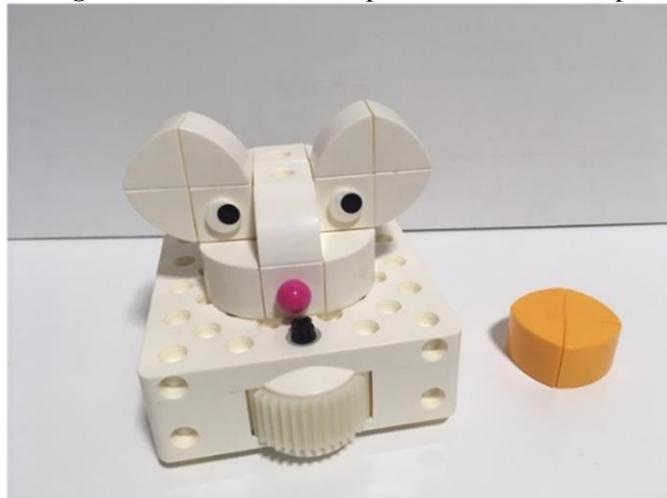
As cartas foram divididas em uma caixa com divisórias para facilitar a visualização do sujeito. A necessidade dessa divisão foi percebida antes da execução desse projeto-piloto, já nos primeiros contatos das crianças com o material. A divisão das cartas para programação é a seguinte:

- Carta de início da programação (*start*);
- Carta de fim da programação (carta vermelha);
- Cartas com movimento para frente e cartas com movimento para trás;

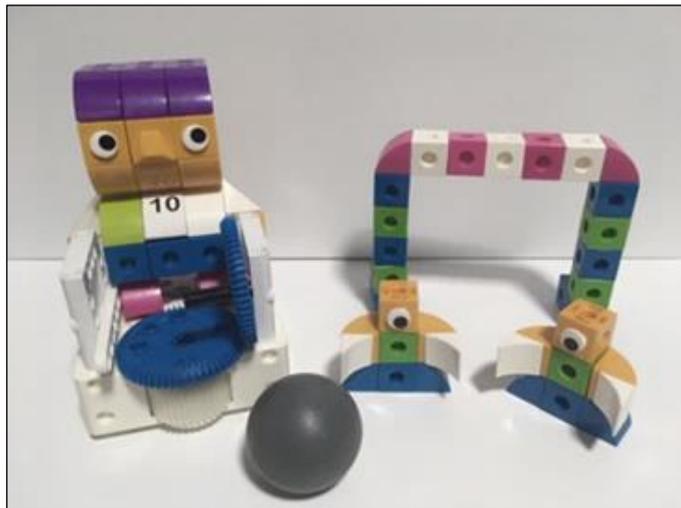
- Cartas com movimento de virar à direita e virar à esquerda;
- Cartas com giro da engrenagem no sentido horário, anti-horário, pausa da engrenagem e pausa do movimento;
- Cartas com efeitos sonoros;
- Cartas com efeitos luminosos;
- Cartas com números de 1 até 9;
- Cartas com *Loop*;
- Cartas com Função;
- Cartas com Condicionais (IF, DO, ELSE) e Operadores Lógicos (AND, OR).

Os experimentos com programação criados com a ferramenta *Kids First Coding & Robotics* foram divididos em dois grupos. O Grupo 1 (G1) é composto por quatro experimentos com o(a) ratinho(a) robô (E1, E2, E3 e E4). Já o Grupo 2 (G2) é constituído de cinco experimentos com o(a) jogador(a) de futebol (E6, E7, E8, E9), totalizando nove experimentos. Cada sujeito investigado escolheu um nome da sua preferência para designar os robôs. Na Figura 3, podemos observar a forma do robô ratinho e do robô jogador de futebol na Figura 4.

Figura 3: Ratinho robô do experimento 1 e 2 do Grupo 1



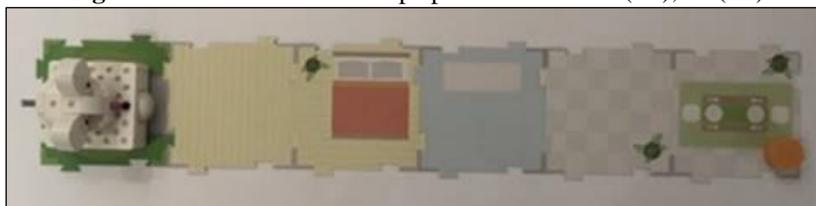
Fonte: Arquivo Próprio (2020)

Figura 4: Jogador de futebol robô do experimento 1 ao 6 do Grupo 2

Fonte: Arquivo Próprio (2020)

G1 - Experimento 1(E1): é apresentado para o sujeito o(a) ratinho(a) robô (Figura 3) e uma sequência de cinco quadrados dispostos em fileira que formam o mapa (Figura 2). É solicitado que o sujeito programe o robô colocando as cartas na grade. A primeira programação deve fazer com que o ratinho chegue até a “cozinha” dessa casa imaginária para pegar um queijo que está “esquecido” no chão. O mapa a ser percorrido pelo robô ratinho pode ser observado na Figura 5.

G1(E2): depois que o sujeito alcançar o êxito na primeira programação, é solicitado que faça uma programação para o ratinho, saindo do ponto inicial (*start*), vá até a “cozinha” “pegar” o queijo esquecido e retorne ao ponto inicial.

Figura 5: Ratinho robô e o mapa para realizar o G1(E1), G1(E2)

Fonte: Arquivo Próprio (2020)

G1(E3): quando o sujeito resolver o E2, é proposto um experimento com um novo mapa. O sujeito deverá realizar uma programação que leve o ratinho robô até a “cozinha” da casa imaginária, mas agora o trajeto será em zigue-zague conforme pode ser observado na Figura 6.

G1(E4): assim que o sujeito conseguir realizar a programação com êxito, é solicitado que faça uma programação para o ratinho, saindo do ponto inicial (*start*), vá até a cozinha em zigue-zague para “pegar” o queijo e retorne ao ponto inicial.

Figura 6: Mapa do G1(E3), G1(E4).



Fonte: Arquivo Próprio (2020)

G2(E1): agora um novo grupo de problemas foi desenvolvido. Inicialmente, é apresentado para o sujeito o jogador de futebol robô (Figura 4) e o mapa do “campo de futebol”. É solicitado que o sujeito programe o robô para se deslocar até a goleira. Na Figura 7, é possível observar o mapa do “campo de futebol” visto de cima.

Figura 7: Mapa do G2(E1), no canto inferior esquerdo está o jogador de futebol robô e no canto superior direito, a goleira



Fonte: Arquivo Próprio (2020)

G2(E2): depois que o sujeito alcançar o êxito é solicitado que programe o robô para se deslocar até a goleira e “chute” a bola na goleira. A bola é lançada ao gol através do movimento de uma engrenagem, também programável, que é acionada quando o sensor detecta a carta com a função “estrela azul” que é adicionada ao mapa inicial.

G2(E3): quando o sujeito resolve o problema, é solicitado que programe o robô para se deslocar até a goleira e “chute” a bola, mas quando o robô encontrar um adversário no percurso é necessário fazer um movimento de “drible”. O movimento deve ser incluído na programação através das cartas com a condicional IF – DO. O movimento é realizado quando o sensor detecta figuras no mapa onde estão os jogadores “adversários”, conforme pode ser observado na Figura 8.

G2(E4): assim que o sujeito realiza a programação com êxito, é solicitado que programe o robô para se deslocar até a goleira e “chute” a bola, mas agora, quando o robô encontrar um ou outro adversário no percurso, é necessário fazer o movimento de “drible”. O movimento é incluído na programação através das cartas com condicionais IF – DO e operador lógico OR.

Figura 8: Mapa do G2(E1)



Fonte: Arquivo Próprio (2020)

G2(E5): depois que o sujeito resolve o problema, é solicitado que programe o robô para se deslocar até a goleira e “chutar” a bola, mas quando o robô encontrar um e também o outro adversário no percurso é necessário fazer um movimento de drible. Enquanto isso, um efeito luminoso ou sonoro é executado. O movimento é incluído na programação através das condicionais IF - DO - ELSE e operador lógico AND. O mapa com a figura que aciona a função e as condicionais pode ser observado na Figura 8.

4 Resultados

Descreveremos, aqui, uma pequena síntese acerca dos resultados obtidos através das entrevistas com três sujeitos neste estudo-piloto e encerraremos com as conclusões.

Sujeito 1(S1): 5 anos e 5 meses de idade (5;5); Tempo total da entrevista: 01:02:56; (Etapa 1: 00:36:29; Etapa 2: 00:26:27).

Etapa 1: nas provas de conservação de quantidades físicas, S1 demonstrou a não consolidação da **reversibilidade** do pensamento, pois suas justificativas demonstram constatações baseadas somente na percepção. Por exemplo, quando a bolinha de massa de modelar foi transformada ($A \rightarrow B$), S1 disse que *“Agora tem mais aqui.”* (na bolinha) *“Porque é mais alta.”* (mostrando com os dedos da mão). O mesmo se repetiu na prova dos líquidos, disse que tinha mais líquido no recipiente alto. Na prova cognitiva de causalidade, as respostas variaram entre explicações de **finalidade e justificações**, mas sem **fabulações**. Sobre as provas cognitivas de espaço, seu desenho não situou a linha da água em relação à garrafa, pois, quando a garrafa foi inclinada para a direita, ele desenhou a inclinação também à direita e, quando foi solicitada a recolocação das árvores na montanha, essas foram recolocadas inclinadas, acompanhando a encosta da montanha. O conjunto das provas cognitivas do S1 demonstram que sua estrutura cognitiva se encontra no **estádio pré-operatório**, pois não apresenta, principalmente, a reversibilidade do pensamento, tão pouco os sistemas de **referência horizontal e vertical**.

Etapa 2: S1 estava totalmente à vontade com o material, visto que costuma brincar com materiais tecnológicos como esse, conforme relato da mãe. Ao ser questionado sobre o que é um robô, respondeu que não sabia explicar o que é, mas que gostava muito de robôs. Com relação ao movimento do robô, disse que *“O robô se movimenta promagando (programando)”*. Foi apresentado o ratinho robô, que foi chamado de “Oidi”, as cartinhas e o mapa. Em seguida, foi lançada a proposta do G1(E1). S1 disse: *“Eu já sei como é: reto, reto, reto, reto”*. Olhando para o mapa e o algoritmo, estabeleceu relação termo a termo com o movimento da sua própria cabeça. O sujeito constrói, salva a programação e coloca o robô no mapa para a execução. O robô não chega ao final do mapa. S1 observa e diz: *“Já sei!”*. Retira a carta vermelha do final do algoritmo e coloca mais uma carta (\rightarrow): *“Agora vai!”* e o robô chega ao final do mapa. É proposto, então, o G1(E2). S1 coloca o robô no final do mapa e liga o robô que emite sinal de erro. S1, com expressão confusa, olha para a pesquisadora que diz: *“Tem que sair do início, ir até lá pegar o queijo e voltar”*. S1, com expressão irritada, responde:

“*Não dá, só se colocar o mapa da bandeirinha (início) aqui (no final do mapa)*”. A pesquisadora repete que é necessário sair do início e voltar, S1 responde: “*Então não dá pra fazer!*”. A pesquisadora insiste para ter certeza da hipótese do sujeito: “*Tenta fazer com as cartinhas*”. S1 pergunta: “*Tem outra bandeirinha?*” se referindo à carta de início da programação. A pesquisadora responde: “*Não tem. Só tem uma*”. S1 responde quase gritando: “*Então não dá pra fazer!*”. A pesquisadora sugere, então, prosseguir para o terceiro experimento G1(E3), e o sujeito aceita. S1 constrói o algoritmo de programação, mas, logo no início da execução, o robô gira para fora do mapa. S1 refaz a sequência de códigos, mas agora o robô escapa para fora do mapa no segundo giro. S1 retira as cartas da grade e as coloca diretamente no mapa, realizando relação termo a termo, mas a hipótese não é suficiente, pois para cada quadrado do mapa são necessárias duas cartas (→ ↑) para resolver o problema. S1 diz que não quer continuar e a entrevista é encerrada.

Sujeito 2(S2): (9;5); Tempo total da entrevista: 01:03:21; (Etapa 1: 00:35:39; Etapa 2: 00:27:42).

Etapa 1: nas provas de conservação de quantidades, foi observado que S2 admite a possibilidade de transformação do objeto e as várias formas de **reversibilidade**, tanto na prova de correspondência termo a termo, quanto na prova de conservação de massa e líquidos. S2 representa, através da linguagem, a sua hipótese: “*Quando é mais alto ocupa mais pra cima, quando é mais largo ocupa mais pros lados*”. Na prova cognitiva da causalidade, S2 utilizou-se de **explicações causais** e algumas **fabulações**, por exemplo: “*Ouvi falar, em algum lugar, que as nuvens se movem por causa do mar*”. Na prova cognitiva de espaço/verticalidade, S2 também colocou as árvores na montanha acompanhando a encosta, não tão inclinadas quanto S1, mas ainda inclinadas. Na prova de espaço/horizontalidade, também desenhou a inclinação da água no mesmo sentido da inclinação da garrafa, demonstrando não ter consolidado as noções de **horizontalidade** e **verticalidade**. O conjunto das provas cognitivas demonstram que a estrutura cognitiva está em transição do **estádio pré-operatório** para o **operatório-concreto**, pois ainda que apresente reversibilidade do pensamento nas provas de conservação, não apresenta explicações do tipo lógicas, tampouco o sistema de coordenadas está consolidado.

Etapa 2: S2 estava um pouco agitado e demonstrava certa ansiedade para realizar a atividade. Disse que queria fazer aulas de robótica com os amigos, mas que ainda não realizava. Ao ser questionado sobre como ele imaginava um robô, respondeu que imaginava um robô de metal, com olhos vermelhos ou azuis, vários botões no peito e garras. Com relação ao movimento, levantou da cadeira (demonstrando o movimento com

o próprio corpo) e disse “*Ele é meio lento, tem que programar tudo, ele dá um passo, depois outro passo*”. Foi apresentado o ratinho robô, que foi chamado de “Jailson” por S2, as cartinhas e o mapa. Foi explicada qual era a carta de início e fim da programação e também que uma carta para frente (→) corresponderia a movimentar um quadrado do mapa. Em seguida, foi lançada a proposta do G1(E1), e o sujeito logo respondeu, antes de fazer o algoritmo na grade: “*Já sei, são cinco cartinhas pra frente*”. S2 construiu e testou a programação obtendo êxito. Depois disso, quis inserir um efeito sonoro no final da programação. Foi proposto o G1(E2), e o sujeito rapidamente organizou a programação (→ 5 ← 5). No G1(E3), S2 organizou o algoritmo para que o robô chegasse até o final do mapa para buscar o queijo, mas, quando precisou pensar o algoritmo para fazer o robô retornar (G1(E4), S2 não ficou satisfeito com as opções de encaixe da grade, queria colocar as cartas em direções que não permitem o encaixe. S2 girava a carta nas mãos e movimentava o corpo. Demonstrando irritação, por não possuir a carta com a direção que desejava, começou a bater nas cartinhas sobre a mesa. Ainda assim, salvou a programação no robô e executou. No final do mapa (G1(E4), o robô girou 180° ficando de frente para retornar ao ponto inicial, mas S2 colocou uma carta para trás (←) e o robô foi para fora do mapa. S2 demonstrou irritação, jogou o robô na mesa e não queria continuar resolvendo os experimentos. Depois de alguma insistência da pesquisadora, ele retornou, modificou o algoritmo retirando uma carta de giro de 90° e testou. O robô andou para fora do mapa novamente. S2 ficou ainda mais irritado e disse que queria desistir. A pesquisadora sugeriu que tentasse resolver o próximo experimento (G2(E1), S2 concordou e o mapa foi disposto na mesa. A pesquisadora explicou o G2(E1). S2 chamou o robô jogador de futebol de Ricardo. Sinalizou com o dedo as várias possibilidades de deslocamento pelo mapa e iniciou a construção do algoritmo. Colocou quatro cartas na grade e disse, demonstrando irritação: “*Não quero mais fazer*”. A pesquisadora insistiu para ter certeza da hipótese do sujeito e S2 disse que não queria continuar. A entrevista foi encerrada.

Sujeito 3(S3): (12;5); Tempo total da entrevista: 02:03:45 (Etapa 1: 00:29:00; Etapa 2: 01:34:45)

Etapa 1: S3 demonstrou ter consolidada a **reversibilidade** do pensamento nas provas de conservação de quantidade. Utilizou-se de explicações como: “*Continua igual, não colocou nem tirou nenhuma ficha.*”; “*Continua igual, só está mais baixo, mais redondo e mais comprido.*”, referindo-se à transformação da bolinha de massa de modelar. Nessa explicação, observa-se que o sujeito não se engana pelo estado inicial e

final do objeto, levando em considerações as várias dimensões para justificar a manutenção da quantidade. Na prova de **espaço/verticalidade**, S3 colocou a primeira árvore no “pé” da montanha e ainda verificou movimentando a cabeça se estava exatamente na vertical. Na prova de espaço/horizontalidade, desenhou a linha d’água e o barquinho acompanhando a exata inclinação da garrafa. O conjunto das provas cognitivas demonstram que a estrutura cognitiva do período **operatório-concreto** está consolidada, construiu a reversibilidade do pensamento e evoluiu do egocentrismo para a descentração construindo os sistemas de referência vertical/horizontal.

Etapa 2: S3 verbalizou que o robô é uma máquina que é programada para fazer “certas coisas”. Com relação ao movimento do robô, o sujeito respondeu que pensava que o robô se movimentava por comandos de voz. Iniciou construindo o algoritmo para resolver o problema G1(E1) com êxito. Ao ser proposto o G1(E2), o sujeito construiu o algoritmo somente para voltar ($\leftarrow \leftarrow \leftarrow \leftarrow \leftarrow$). A pesquisadora questionou: “*Com essa programação ele vai e volta?*”. S3 perguntou: “*Mas ele sai daqui (fim) ou daqui (início)?*”. A pesquisadora repetiu a orientação. S3 respondeu: “*Ah não, então tá errado*”. S3 corrigiu o algoritmo e testou, obtendo êxito. Ao realizar o G1(E3), S3 encontrou rapidamente a solução. Observou-se que também tentou encaixar a carta na grade de programação em direções que a grade não possibilitava como S2, olhou para o robô, olhou para a grade, riu e disse: “*Ah, já sei, ele tem que ir reto, então é essa (carta)*”. S3 resolveu também o G1(E4). No segundo grupo de experimentos, S3 colocou o nome no robô de “Neymar” e resolveu G2(E1) e G2(E2) com êxito. Quando passou para G2(E3), a pesquisadora colocou na grade de programação a carta com IF -  - DO e pediu que o sujeito colocasse apenas as cartas que realizariam o movimento de drible do robô ($\uparrow \downarrow$), mas o sujeito demonstrava não ter compreendido o que era para fazer. Mexeu nas cartas da caixa, parou, olhou, mexeu novamente. A pesquisadora explicou mais algumas vezes o experimento até que S3 construiu o algoritmo com êxito. No G2(E4), o sujeito ficou pensando por longo período e não resolveu o experimento. Observou-se que estava com os olhos cheios d’água. Pediu para parar de fazer, e a entrevista foi encerrada.

5 Conclusões

A principal dificuldade encontrada pelo S1 em avançar na resolução dos experimentos envolvendo programação se relaciona com a ausência da reversibilidade do seu pensamento, típico do período pré-operatório. Essa limitação temporária o impediu

de admitir como possibilidade de resolução do problema a operação inversa, ou seja, se $A \rightarrow B$ então $B \rightarrow A$. Já S2 demonstrou muita irritação ao não conseguir resolver G1 (E4), a qual pode estar relacionada com a limitação temporária do esquema de coordenadas horizontal/vertical que impossibilita o deslocamento do seu ponto de vista para o “ponto de vista” do objeto tangível. O movimento que realizou girando as cartas nas mãos e o movimentando o próprio corpo demonstram que o sujeito está bastante centrado no seu ponto de vista, não conseguindo realizar o deslocamento para o “ponto de vista” do robô. É importante lembrar que S3 também manifestou a mesma dificuldade, mas em determinado momento disse: *“Ah, já sei, ele tem que ir reto, então é essa (carta).”*, indicando que foi necessário a tomada de consciência para resolver o problema. Ainda, S3 demonstra dificuldade para resolver os experimentos finais do G2, especialmente G2(E4) e G2(E5), que envolve a inclusão das condicionais e operadores lógicos. Tal resultado demonstra a necessidade de incluir mais uma faixa etária na pesquisa para que se possa investigar os sujeitos com mais idade e que se encontrariam no estágio operatório-formal como nos mostrou o estudo de Morais (2016) e que possam resolver os experimentos envolvendo condicionais e operadores lógicos.

Com o estudo-piloto inicial, pensou-se que as dificuldades de resolução dos problemas demonstrado pelo S1 poderiam ser atribuídas a sua estrutura cognitiva do estágio pré-operatório, posto que a reversibilidade do pensamento ainda não é uma possibilidade. Já S2, que se encontra em transição do período pré-operatório para o período operatório-concreto, apresenta dificuldades para descentrar seu ponto de vista para o ponto de vista a partir da posição do robô, o que dificultou a resolução dos problemas. S3, por sua vez, apresentou maior dificuldade para resolver os problemas relacionados com as condicionais e operadores lógicos, o que pode estar relacionado com sua estrutura cognitiva (operatório-concreto) ou a necessidade de mais experiência com o objeto. Contudo, todas essas são conclusões parciais que serão aprofundadas na medida em que a pesquisa avançar em suas fases e o número total de 30 sujeitos for entrevistado.

Com relação aos experimentos criados, observou-se que será necessário, para as próximas etapas da pesquisa, a inclusão de um experimento entre G1(E2) e G1(E3), pois nos pareceu que o nível de dificuldade aumentou muito e bruscamente, não ficando exatamente claro se a dificuldade, especialmente de S2, ocorreu em função do experimento ou da sua própria estrutura cognitiva. Provavelmente, será incluído um experimento com um mapa com apenas uma curva e depois avançar para o mapa em zigue-zague, que não terá o retorno. Assim, ficará mais claro se a dificuldade ocorre em

função da construção da noção de espaço ou pelo nível de dificuldade do experimento. Nos pareceu necessário incluir também um experimento “livre” para finalizar a entrevista, para que o sujeito não encerre esse momento com a sensação de fracasso ou irritado, como aconteceu com S2 e S3.

Com relação às provas cognitivas realizadas na Etapa 1 da entrevista, será necessário incluir uma prova cognitiva sobre classificação e uma prova sobre seriação, pois essas são estruturas lógicas elementares do sujeito e sua análise se faz fundamental para a construção de uma teoria sobre a psicogênese da noção de algoritmo. Além disso, será necessário incluir provas operatórias de peso, volume e combinatória para verificar a estrutura operatório-formal dos sujeitos com mais idade.

Por fim, a análise dos resultados obtidos com os experimentos nos fez pensar sobre o conceito de pensamento computacional que envolve abstrações e/ou um pensamento abstrato (VICARI; MOREIRA; MENEZES, 2018), além dos quatro pilares: decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos. Talvez esse conceito não seja suficiente para referenciar parâmetros de ensino, especialmente para as crianças menores como as da Educação Infantil, quando o pensamento se encontra no estágio pré-operatório com ausência de representação e reversibilidade. Possivelmente tenhamos que, mais uma vez, repensar o conceito de pensamento computacional e aproximar, cada vez mais, com os estádios do desenvolvimento cognitivo do sujeito.

Os resultados obtidos até aqui ainda são bastante iniciais por se tratar de um estudo-piloto que será aprofundado nas próximas fases da investigação.

Agradecimentos

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

Referências

BERS, M. Coding, Playgrounds and Literacy in Early Childhood Education: the Development of KIBO Robotics and ScratchJr. **IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)**, Santa Cruz de Tenerife/Espanha, 2018. Disponível em: <http://sites.tufts.edu/devtech/files/2018/05/EDUCON.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

BOCCONI, S. *et al.* **Developing Computational Thinking in Compulsory Education: implications for policy and practice**. Luxemburg: European Union, 2016. Disponível em: http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC104188/jrc104188_compu_thinkreport.pdf. Acesso em: 20 out. 2020.

- CABRAL, C. P. **Robótica Educacional e Resolução de Problemas: uma abordagem microgenética da construção do conhecimento**. 2010, Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- CARRAHER, T. N. **O Método Clínico: usando os exames de Piaget**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 1998.
- CENTRO DE INOVAÇÃO PARA A EDUCAÇÃO BRASILEIRA (CIEB). **Referencial para a Construção do Currículo em Tecnologias e Computação na Educação Básica**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://curriculo.cieb.net.br/#>. Acesso em: 20 out. 2020.
- DELVAL, J. **Introdução à Prática do Método Clínico: descobrindo o pensamento das crianças**. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- FAGUNDES, L. C. (org.). **Informática na Escola: pesquisas e experiências**. Brasília: MEC/UNESCO, 1994.
- FAGUNDES, L. C. **Psicogênese das condutas cognitivas da criança em interação com o mundo do computador**. 1986. Tese (Doutorado em Psicologia) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.
- GÖTZ, R. L.; EICHLER, M. L. Os Estádios do Desenvolvimento Intelectual da Criança e do Adolescente [tradução]. **Revista Schème**, Marília/SP, v. 10, n. 1, p. 204-219, jan./jul. 2018.
- INHELDER, B. *et al.* **O desenrolar das descobertas da criança: um estudo sobre as microgêneses cognitivas**. Reimpressão Revisada. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- INHELDER, B.; PIAGET, J. **Da lógica da criança à lógica do adolescente**. São Paulo: Pioneira, 1976.
- MIT MEDIA LAB. **Scrath**. 2019. Disponível em: <https://scratch.mit.edu/>. Acesso em: 20 out. 2020.
- MORAIS, A. D. **O Desenvolvimento do Raciocínio Condicional a Partir do Uso de Teste no Squeak Etoys**. 2016. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Programa de Pós-graduação em Informática na Educação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- PAPERT, S. **A Máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática**. Edição Revisada. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- PAPERT, S. **LOGO: computadores e educação**. São Paulo: Brasiliense, 1980.
- PIAGET, J. **A Construção do Real na Criança**. São Paulo: Ática, 2006.
- PIAGET, J. **A Linguagem e o Pensamento da Criança**. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- PIAGET, J. Development and Learning. *In*: LAVATELLY, C. S.; STENDLER, F. **Reading in child behavior and development**. New York: Hartcourt Brace Janovich, 1972. p. 7-19.
- PIAGET, J. **O nascimento da inteligência na criança**. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.

PIAGET, J. Problemas de Psicologia Genética. *In*: PIAGET, J. **A epistemologia genética: sabedoria e ilusões da filosofia; problemas de psicologia genética** (Coleção Os Pensadores). São Paulo: Abril Cultural, 1978. p. 209-204.

PIAGET, J. **Seis estudos de Psicologia**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1980.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **A Psicologia da Criança**. 16. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **A representação do Espaço na Criança**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **Gênese das Estruturas Lógicas Elementares**. Rio de Janeiro: Zahar, 1971.

RESNICK, M. A tecnologia deve levar o aluno a ser um pensador criativo. Entrevista concedida a Daniele Pechi. **Nova Escola**, São Paulo, ano 29, n. 274, jul. 2014. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/905/mitchel-resnick-a-tecnologia-deve-levar-o-aluno-a-ser-um-pensador-criativo>. Acesso em: 20 out. 2020.

RESNICK, M. **Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity through Projects, Passions, Peers, and Play**. Cambridge: MIT Press, 2017.

RESNICK, M. *et al.* **Programmable Bricks: toys to think with** Accepted for publication April 4, 1996. 1996. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5387219>. Acesso em: 20 out. 2020.

RIBEIRO, L.; FOSS, L.; CARVALHO, S. A. C. Pensamento Computacional: fundamentos e integração na Educação Básica. *In*: JORNADA DE ATUALIZAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 8., 2019, Brasília/DF. **Anais...** Brasília: E-book, 2019. p. 25-63. Disponível em: <https://www.br-ie.org/pub/index.php/pie/article/view/8699>. Acesso em: 20 out. 2020.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO (SBC). **Diretrizes de ensino de computação na educação básica**. 2018. Disponível em: <http://www.sbc.org.br/educacao/diretoria-de-educacao-basica>. Acesso em: 20 out. 2020.

VALENTE, J. A. (org.). **Computadores e Conhecimento: repensando a educação**. Campinas: UNICAMP, 1993.

VALENTE, J. A. (org.). **O Professor no Ambiente Logo: formação e atuação**. Campinas: UNICAMP/NIED, 1996.

VICARI, R.; MOREIRA, A.; MENEZES, P. B. **Pensamento Computacional: revisão bibliográfica**. Porto Alegre: UFRGS; MEC, 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/197566#>. Acesso em: 20 out. 2020.

WING, J. Computational Thinking. **Communications of The ACM**, USA v. 49, n. 3, p. 33-35, mar. 2006.

YIN, R. K. **Pesquisa Qualitativa do início ao fim**. Reimpressão. Porto Alegre: Penso, 2016.

Recebido em: 29 de janeiro de 2021.

Aceito em: 04 de março de 2021.