

## **A robótica educacional e seu potencial como ferramenta de explicitação de invariantes operatórios relacionados a conceitos matemáticos**

Clodogil Fabiano Ribeiro dos Santos<sup>1</sup>

GDn°06 – Educação Matemática, Tecnologias e Educação à Distância

Resumo do trabalho. A utilização das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) têm sido objeto de discussão de diversos trabalhos na área de Educação Matemática. Em muitos desses trabalhos, a proposta apresentada envolve a abordagem das TDIC numa perspectiva problematizadora. Nesse conjunto de propostas, a Robótica Educacional se insere como uma opção com perspectivas interessantes, mas ainda não muito exploradas. O presente trabalho é parte de uma pesquisa que tem por finalidade identificar o potencial desses recursos tecnológicos em promover a explicitação de invariantes operatórios relacionados a conceitos matemáticos, em especial, funções e geometria analítica. Apresenta-se como problema de pesquisa o seguinte questionamento: quais as relações que se pode estabelecer entre o uso da robótica educacional e a explicitação dos invariantes operatórios mobilizados pelos sujeitos da pesquisa na resolução de problemas em matemática? Em especial, foram desenvolvidas atividades envolvendo o uso de um dispositivo robótico para analisar a geometria de um espaço fechado onde o citado dispositivo realizava medidas de distância com seu sensor ultrassônico enquanto executava um giro em torno de si mesmo. Os dados gerados foram usados para traçar gráficos, os quais foram apresentados aos sujeitos da pesquisa. Estes consistiram num grupo de catorze estudantes de um curso de licenciatura em matemática. Os resultados obtidos possibilitam identificar nas representações escritas dos pesquisados alguns invariantes operatórios, embora ainda seja uma constatação preliminar.

**Palavras-chave:** educação matemática; tecnologia; robótica; campos conceituais; invariantes operatórios.

### **Introdução**

O domínio de conceitos matemáticos por parte de futuros professores da área é uma temática que merece ser pesquisada e discutida no âmbito das instituições formadoras. Isso é fundamental principalmente porque todo professor de matemática deve conhecer muito bem esses conceitos, condição essencial para que possa elaborar o seu planejamento de forma a promover o interesse e potencializar a aprendizagem dos estudantes. Para isso, é importante buscar recursos didáticos que possibilitem ao estudante realizar experiências com materiais que suscitem a habilidade de resolver problemas e associar a essas experiências o conhecimento matemático aprendido durante as aulas.

---

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, e-mail: professorgil1968@gmail.com, orientador: Dr<sup>a</sup>. Nilcéia Aparecida Maciel Pinheiro.

No conjunto de recursos que possibilitam desenvolver estratégias didáticas de caráter mais investigativo destacam-se as tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC). Nesse conjunto incluem-se computadores, dispositivos móveis com tela sensível ao toque (*tablets* e telefones inteligentes ou *smartphones*), além dos dispositivos relacionados à automação e à robótica. Estes últimos são o objeto de estudo da pesquisa a partir da qual foi produzido o presente artigo.

Inicialmente, discute-se o conceito de robótica educacional e sua relação com o construcionismo de Seymour Papert (PAPERT, 1980 e 2008). Na sequência, buscou-se estabelecer uma relação entre essa temática e a Teoria dos Campos Conceituais, proposta por Vergnaud (1990 e 2009). Em seguida, é apresentada a experiência didática em que foi utilizado o dispositivo robótico proposto por Robo+Edu (2011), com adaptações próprias e programação desenvolvida pelo autor e um colaborador (bolsista de iniciação científica). Os dados gerados pelo dispositivo foram convertidos em documento do tipo planilha eletrônica, a partir do qual foram produzidos os gráficos. Esses gráficos foram objeto de análise pelos sujeitos pesquisados, os quais produziram registros escritos das discussões sobre os fatos observados.

Os dados da pesquisa foram obtidos a partir desses registros escritos, entendidos como representações simbólicas elaboradas pelos sujeitos pesquisados, por meio das quais buscou-se identificar possíveis invariantes operatórios no estabelecimento de relações entre a experiência com o robô, entendida como situação, e os resultados mostrados nos gráficos.

### **Alguns aspectos sobre robótica educacional**

Conforme se pode constatar por meio de pesquisas sobre o tema (ALTIN; PEDASTE, 2013; BASTOS; BORGES; D'ABREU, 2010; BENITTI, 2012; CABRAL, 2011; MARTINS, 2012), a Robótica Educacional (RE) é um recurso com potencial para contribuir significativamente para o processo de aprendizagem de conceitos matemáticos. Com esse recurso entende-se que é possível verificar algumas categorias de saberes mobilizados para dar conta de situações que envolvam conhecimentos matemáticos. Essa estratégia de intervenção didática se vale do uso de máquinas computacionais, que podem ser computadores, dispositivos móveis com tela sensível ao toque (*tablets* e telefones inteligentes ou *smartphones*), além dos dispositivos programáveis, em especial os relacionados à automação e à robótica.

Com o uso desses dispositivos, o aprendiz pode estabelecer um processo que é denominado “espiral da aprendizagem” (VALENTE, 2002; VALENTE, 2005). De acordo com o autor, “o computador não é mais o instrumento que ensina o aprendiz, mas a ferramenta com a qual o aluno desenvolve algo, e, portanto, o aprendizado ocorre pelo fato de estar executando uma tarefa por intermédio do computador.” (VALENTE, 1993, p.13).

Essa perspectiva foi proposta primeiramente por Seymour Papert (PAPERT, 1980 e 2008), que desenvolveu, entre outras coisas, a linguagem LOGO, junto ao Instituto de Tecnologia de Massachusetts (*MIT*). A partir da linguagem LOGO foram desenvolvidos diversos dispositivos, especialmente pela empresa LEGO, plataforma bastante utilizada no meio educacional, conforme é descrito em trabalhos utilizados no presente estudo (CUELLAR; PEGALAJAR, 2014; HADJIACHILLEOS; AVRAAMIDOU; PAPASTAVROU, 2013).

Também há trabalhos que envolvem o uso do *Scratch*, ambiente de programação que permite, entre outras coisas, o controle de dispositivos robóticos (BASTOS; BORGES; D'ABREU, 2010; D'ABREU; BASTOS, 2013; D'ABREU; RAMOS; MIRISOLA; BERNARDI, 2012). Em linhas gerais, o *Scratch* (MIT, 2016) é uma interface de programação em blocos de estrutura similar ao LOGO e que tem sido cada vez mais utilizada em escolas do mundo todo, inclusive no Brasil, como recurso auxiliar na aprendizagem de conceitos básicos de programação de computadores.

O *Scratch* serve de base para uma interface de programação em blocos disponível em outros ambientes de desenvolvimento (IDE), o que facilita sobremaneira a sua programação. Apesar das vantagens que a utilização dos *kits* LEGO trazem para os usuários, especialmente no que se refere à modularidade e facilidade de programação, entende-se que a citada plataforma carece de maior flexibilidade em comparação com outras plataformas de código aberto.

No presente trabalho foi utilizado o *kit* robótico concebido e elaborado pelo projeto Robo+Edu (2011), que utiliza uma placa microcontroladora Arduino (2016). Essa plataforma física, por ser de código aberto, permite uma imensa diversidade de elaborações, tendo em vista que não é destinada apenas para aplicações robóticas. A placa Arduino (2016) é baseada num dispositivo denominado microcontrolador, o qual é um pequeno computador que segue o conceito SoC (*System on a Chip*), ou seja, contém, dentro de um mesmo encapsulamento, processador, memória e periféricos que possibilitam aplicações relacionadas à automação de processos e à construção de dispositivos robóticos.

Tal equipamento permite desenvolver projetos com grande flexibilidade, o que permite desenvolver a criatividade e agregar significado aos conceitos matemáticos.

Seja qual for a plataforma robótica escolhida, o centro do processo é a experiência. Para Vergnaud, a experiência é a maior fonte de situações que se possa imaginar, pois “é ao longo da experiência que um indivíduo, adulto ou criança, encontra a maior parte das situações as quais ele deve se adaptar seja uma experiência cotidiana ou uma experiência profissional” (2009, p. 13). Acrescenta também que,

Se desejamos elaborar situações de aprendizagem, em classe, nos estágios de formação de professores ou nos próprios locais de trabalho, é preciso se dedicar a dar a essas situações características semelhantes àquelas que conduzem normalmente os indivíduos a desenvolver novas formas de atividade, sozinhos ou com ajuda (VERGNAUD, 2009, p. 14).

Vergnaud insiste na ideia de que a experiência é incontornável e relaciona essa experiência à formação, seja ela inicial ou contínua (2009, p. 18). Defende também que

Uma boa formação inicial permite retirar da experiência mais aprendizagem do que uma formação de nível fraco. Da mesma forma, a formação contínua permite interpretar de outra forma a experiência profissional, de fazer uma outra leitura dela e de lhe atribuir um estatuto diferente daquele de experiência bruta. (VERGNAUD, 2009, p. 18).

O autor acrescenta também que não basta limitar-se a palavras e textos: “a confrontação a situações é indispensável” (id., p. 19). Essa confrontação, segundo defende Vergnaud, ocorre no processo de transposição didática. Na sua concepção, a didática deve ter como tarefa principal a elaboração de situações devidamente adaptadas aos aprendizes, focando nos “conhecimentos que se deseja vê-los adquirir” (p. 19). Nesse contexto, o professor, enquanto mediador do processo de aprendizagem, tem como função “analisar sua atividade em situação, o melhor possível” (p. 19).

Como se trata de uma fase preliminar do trabalho de pesquisa, os sujeitos aqui pesquisados ainda não se dedicaram ao processo construtivo. A proposta era realizar interpretações sobre o funcionamento, o que requer a mobilização de ações de decodificação do processo para poder compreender os resultados mostrados na forma de gráficos e tabelas de dados. Num segundo momento, ainda em fase de elaboração, os sujeitos da pesquisa serão desafiados a construir e programar os dispositivos para resolver problemas inerentes a situações propostas.

### **Alguns aspectos da Teoria dos Campos Conceituais**

Quando se defronta com uma situação problemática, o sujeito mobiliza esquemas próprios de resolução os quais, muitas vezes, permanecem implícitos nas suas ações. Nesse aspecto, a Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud se mostra pertinente para este estudo, pois identifica a conceitualização como ação principal no processo de construção do conhecimento. A conceitualização consiste, portanto, no processo de construção de um conceito sobre uma situação com a qual o sujeito se defronta. De acordo com Moreira:

Vergnaud define conceito como um triplo de três conjuntos: 1) um conjunto de situações que dão sentido ao conceito; 2) um conjunto de invariantes (propriedades, relações, objetos) sobre os quais repousa a operacionalidade do conceito, ou seja, um conjunto de invariantes que podem ser reconhecidos e usados pelos sujeitos para analisar e dominar as situações do primeiro conjunto; 3) um conjunto de representações simbólicas (linguagem natural, gráficos e diagramas, sentenças formais, etc.) que podem ser usadas para indicar e representar esses invariantes e, conseqüentemente, representar as situações e os procedimentos para lidar com elas. (2003, p.5).

Esses três conjuntos são indissociáveis, tendo em vista que não há possibilidade de interpretar as situações do primeiro conjunto sem os invariantes operatórios do segundo conjunto, que por sua vez não teria utilidade sem que seja estabelecida a relação com o primeiro. Por sua vez, o segundo conjunto necessita das representações pertencentes ao terceiro, pois, sem elas, não haveria como comunicar significados.

Segundo o citado autor, é possível distinguir:

- i) classes de situações para as quais o sujeito dispõe em seu repertório, em um momento dado de seu desenvolvimento e sob certas circunstâncias, de competências necessárias para o tratamento relativamente imediato da situação;
- ii) classes de situações para as quais o sujeito não dispõe de todas as competências necessárias, o que lhe obriga a um tempo de reflexão e exploração, de dúvidas, tentativas abortadas, e lhe conduz eventualmente ao êxito ou ao fracasso. (VERGNAUD, 1990, 134).

Contudo, para dar sentido às situações, processo básico para a construção do significado, “Vergnaud retoma o conceito piagetiano de esquema” (MOREIRA, 2003, p.6). Segundo o autor, o esquema é um invariante empregado para dar conta de uma série de situações. Além disso, “pode gerar diferentes sequências de ação, de coleta de informações e de controle, dependendo das características de cada situação particular.” (id., p. 6). O autor enumera quatro ingredientes dos esquemas: (1) metas e antecipações; (2) regras de ação do tipo “se...então”; (3) possibilidades de inferência (ou raciocínios); (4) invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação). (MOREIRA, 2003, p. 6). Dentre tais

ingredientes, o autor destaca que o mais fundamental é o quarto, ou seja, os invariantes operatórios.

Eles fazem a articulação essencial entre teoria e prática, pois a percepção, a busca e a seleção de informações, para dar sentido às situações, baseiam-se inteiramente no sistema de conceitos-em-ação disponíveis para o sujeito (objetos, atributos, relações, condições, circunstâncias,...) e nos teoremas-em-ação subjacentes à sua conduta. (MOREIRA, 2003, p. 6).

Os invariantes operatórios, portanto, formam o núcleo da representação de uma situação, levada a efeito pelo esquema. Contudo, em situações de ensino, os estudantes têm dificuldades para exteriorizar esses invariantes por meio de procedimentos de comunicação, ou seja, fazer com que tais invariantes apareçam em suas representações simbólicas. “Em geral, os alunos não são capazes de explicar ou mesmo expressar verbalmente seus teoremas e conceitos-em-ação” (id., p. 6). Nesse momento, segundo o autor, entra o papel do ensino: “ajudar o aluno a construir conceitos e teoremas explícitos, e cientificamente aceitos, a partir do conhecimento implícito.” (id., p. 7).

Alguns trabalhos buscaram estabelecer esse processo de explicitação de invariantes operatórios (GRINGS; CABALLERO; MOREIRA, 2006; TAUCEDA; NUNES; PINO, 2013). A ideia por trás desse processo de explicitação passa por uma tentativa de identificação desses invariantes operatórios nas representações simbólicas apresentadas pelos sujeitos da pesquisa. No presente trabalho, tais representações foram buscadas em suas produções escritas.

Diante do exposto, o presente estudo se dispôs a fazer um levantamento das ações do sujeito que possam ser relacionadas a invariantes operatórios. Como não há como desvincular os três conjuntos envolvidos no processo de conceitualização, entende-se que a descrição e a demonstração do experimento com o dispositivo robótico figura como situação proposta. Os dados obtidos a partir dos sensores do citado dispositivo seriam a representação simbólica, cuja interpretação pelos sujeitos da pesquisa hipoteticamente determinará a mobilização de alguns invariantes operatórios.

### **Aspectos metodológicos da pesquisa**

O presente trabalho busca descrever e analisar as produções dos sujeitos pesquisados frente a uma situação proposta. Tal situação envolveu a análise do funcionamento de um

dispositivo robótico (ROBO+EDU, 2011), o qual sofreu algumas adaptações para servir ao propósito estipulado. Participaram da pesquisa catorze estudantes de licenciatura em matemática de uma universidade pública do interior do Paraná. Os estudantes foram escolhidos segundo um critério de pouca experiência com os dispositivos manipulados, além de já terem passado por componentes curriculares que lhes permitam ter o mínimo de instrumentalização necessário para interpretar os dados obtidos pelos sensores do robô.

A abordagem de pesquisa escolhida para este estudo é qualitativa, de natureza descritiva e interpretativa. A escolha por esse tipo de abordagem se deu pela compatibilidade com o tipo de dados obtidos, tendo em vista serem essencialmente qualitativos e necessitarem de interpretação.

Após visualizarem a realização da experiência, os estudantes receberam três gráficos. A sua tarefa seria reconhecer a figura geométrica que os gerou. Tais gráficos são gerados pelo dispositivo robótico por meio de um sensor ultrassônico em sua face frontal. No experimento, esse dispositivo realiza uma rotação em torno do seu eixo central, numa simetria horizontal, no interior de uma caixa construída segundo uma determinada geometria, realizando a medida dos parâmetros. A configuração é mostrada na figura 1(a).

O dispositivo foi programado para, ao executar um giro, iniciar a contagem de tempo, em milissegundos, enquanto o sensor ultrassônico mede a distância em centímetros até a parede da caixa. Enquanto gira, os dados de tempo e distância são mostrados no monitor serial, um recurso existente na própria interface de programação. Ao concluir a rotação, os dados mostrados são convertidos num arquivo do tipo CSV (extensão que significa “valores separados por vírgulas” ou, em inglês, “*comma separated values*”), que pode ser aberto numa planilha eletrônica, permitindo, inclusive, gerar gráficos, que são mostrados na figura 1(b). O experimento foi inspirado na proposta de atividade apresentada por Borba e Penteado (2015), na qual é utilizado um dispositivo ultrassônico acoplado a uma calculadora gráfica.

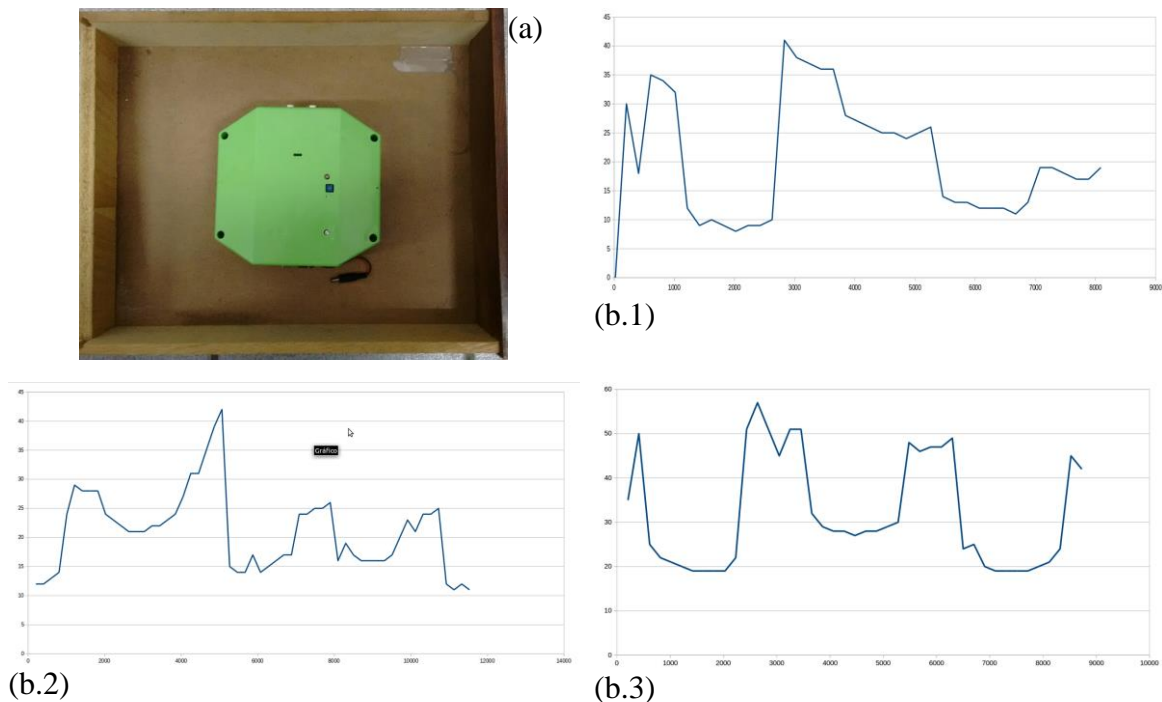
#### *Descrição dos resultados obtidos*

Os gráficos obtidos foram apresentados para os sujeitos pesquisados, os quais, reunidos em equipes de dois ou três componentes, puderam discutir sobre o que viram, buscando estabelecer relação com os gráficos. Após análise e discussão nos grupos, os sujeitos pesquisados descreveram por escrito as suas representações. Essas produções escritas,



conforme foi dito anteriormente, hipoteticamente contêm as representações simbólicas construídas pelos sujeitos, numa tentativa de explicar o fenômeno vislumbrado no experimento.

**Figura 1: (a) Configuração utilizada no experimento, no qual o robô executa uma rotação dentro da caixa. (b) Gráficos gerados pelas leituras do sensor ultrassônico do robô quando a caixa era um trapézio (b.1), um retângulo (b.2) e um triângulo (b.3).**



Fonte – Dados da pesquisa.

No primeiro momento, não foi possível para os sujeitos da pesquisa reconhecerem as formas geométricas relacionadas aos gráficos. Essa primeira constatação remete ao que Vergnaud descreve como sendo “classes de situações para as quais o sujeito não dispõe de todas as competências necessárias”. Como nunca se manipularam dispositivo similar ao que lhes foi apresentado, não conseguiram, no primeiro momento, estabelecer as conexões entre os saberes matemáticos que já dominavam, como os conceitos de geometria analítica, e os gráficos produzidos na experiência. Diante disso, foram reveladas quais eram as formas geométricas, mas sem estabelecer relação com os gráficos, o que ficou a cargo dos pesquisados.

No processo de reconhecimento dos gráficos, alguns dos sujeitos da pesquisa se valeram do termo “oscilações”, por meio do qual perceberam diferenças entre os gráficos dos



quadriláteros e o do triângulo. A diferenciação entre o gráfico do retângulo e o gráfico do trapézio ficou por conta da percepção da regularidade das “oscilações”, apesar de que tal diferença só foi verificada após descartarem o gráfico do triângulo da categoria que englobava os dois primeiros gráficos. De acordo com os registros escritos dos sujeitos pesquisados, o que possibilitou o reconhecimento do gráfico do triângulo foi a existência de apenas três “oscilações”, diferentemente dos primeiros gráficos que mostram quatro.

Pode-se perceber que os pesquisados se utilizaram de esquemas cognitivos próprios, procurando construir relações com a nova situação somente após o fornecimento de pistas sobre o processo de obtenção dos gráficos, principalmente a revelação de que foram obtidos a partir das três formas geométricas identificadas, de forma que a situação passou a se apresentar como pertencente à primeira classe descrita por Vergnaud (1990, p.134), ou seja, “classes de situações para as quais o sujeito dispõe em seu repertório, em um momento dado de seu desenvolvimento e sob certas circunstâncias, de competências necessárias para o tratamento relativamente imediato da situação”. Isso demonstra que houve um estabelecimento de conexões entre a experiência e os resultados obtidos, em especial o reconhecimento do funcionamento do dispositivo e do processo de geração dos gráficos, revelando que os sujeitos mobilizaram competências relacionadas à elaboração de modelos matemáticos, no caso em questão, os gráficos. O processo de conceitualização aparece no momento em que as relações entre a experiência e as suas representações simbólicas, no caso os gráficos, são objeto de discussão e descrição por parte dos sujeitos. De fato, as produções escritas revelam que conceitos relacionados à interpretação analítica dos gráficos, ou seja, à decodificação do seu significado, foram utilizados pelos sujeitos, o que permite inferir que há indícios de invariantes operatórios que foram mobilizados para executar tais ações.

### **Considerações finais**

Como já foi dito anteriormente, este estudo ainda é preliminar e pode ser aprofundado ainda mais, no sentido de identificar e explicitar os invariantes operatórios mobilizados pelos sujeitos para resolver problemas associados a situações como as que foram apresentadas. Os dados obtidos nessa experiência revelam que há vários aspectos a serem investigados nesse sentido. Entretanto, tais resultados permitem apontar alguns caminhos de utilização de dispositivos robóticos no processo de explicitação de invariantes

operatórios. Um desses caminhos é a constatação de que o dispositivo permite visualizar o processo de constituição de um modelo matemático a partir de uma experiência.

Os próximos passos da pesquisa serão no sentido de permitir ao sujeito a modificação dos parâmetros de programação e verificar sua influência no processo de obtenção dos modelos matemáticos. Para isso, será necessário um período de aprendizagem para que os pesquisados possam identificar a ação de cada comando componente do roteiro de programação.

### **Agradecimentos**

Esta pesquisa somente foi possível graças ao apoio da orientadora, Prof<sup>ª</sup>. Nilcéia, e à colaboração do acadêmico do Curso de Ciência da Computação da UTFPR, Murillo, especialmente por conta do auxílio no processo de elaboração da programação do dispositivo robótico.

### **Referências**

ALTIN, H.; PEDASTE, M. Learning approaches to applying robotics in science education. **Journal of Baltic Science Education**, v. 12, n. 3, 2013, p. 365-377.

ARDUINO, site Arduino. <http://www.arduino.cc>, acesso em 24/09/2016.

BASTOS, B. L.; BORGES, M.; D'ABREU, J. V. Scratch, Arduino e o construcionismo: ferramentas para a educação. SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA EDUCACIONAL DE ARAUCÁRIA (STED), 1. **Anais**. Araucária, 24 e 25 de junho de 2010. Disponível em <http://www.ft.unicamp.br/liag/robotica/downloads/a12.pdf>, acesso em 04/11/2013.

BENITTI, F. B. V. Exploring the educacional potential of robotics in schools: a systematic review. **Computers & Education**, v. 58, i. 3, 2012, p. 978-988.

BORBA, M. C.; PENTEADO, M. G. **Informática e educação matemática**. 5.ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2015.

CABRAL, C. P. **Robótica educacional e resolução de problemas**: uma abordagem microgenética da construção do conhecimento. 2011. 142f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação, 2011.

CUELLAR, M. P. PEGALAJAR, M. C. Design and implementation of intelligent systems with LEGO Mindstorms for undergraduate computer engineers. **Computer Application in Engineering Education**, v. 22, i. 1, march 2014, p. 153-166.

D'ABREU, J. V. V.; BASTOS, B. L. Robótica Pedagógica: uma reflexão sobre a apropriação de professores da escola Elza Maria Pellegrini de Aguiar. WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA (WIE), 19. **Anais...** Campinas (SP), 25 a 29 novembro 2013.

D'ABREU, J. V. V.; RAMOS, J. J. G.; MIRISOLA, L. G. B.; BERNARDI, N. Robótica educativa/pedagógica na era digital. CONGRESSO INTERNACIONAL TIC E EDUCAÇÃO, 2. **Anais...** Lisboa, 30 novembro – 2 dezembro 2012.

DALLA VECCHIA, R. **A modelagem matemática e a realidade do mundo cibernético**. 2007. 275f. Tese (Doutorado em Educação Matemática). Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2012.

GRINGS, E. T. O.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 463–471, 2006.

HADJIACHILLEOS, S.; AVRAAMIDOU, L.; PAPASTAVROU, S. The use of LEGO technologies in elementary teacher preparation. **Journal of Science Education and Technology**, v. 22, i. 5, october 2013, p. 614-629.

MARTINS, E. F. **Robótica na sala de aula de matemática: os estudantes aprendem matemática?** 2012. 168f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática. Porto Alegre, 2012.

MIT, Massachusetts Institute of Technology. **Scratch**. Boston: MIT Media Lab, 2016. Disponível em <http://scratch.mit.edu>, acesso em 24/09/2016.

MOREIRA, M. A. Linguagem e aprendizagem significativa. **IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa** (Conferência de encerramento), Maragogi, AL, Brasil, 8 a 12 de setembro de 2003. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/linguagem.pdf>, acesso em 04/11/2013.

PAPERT, S. **Mindstorms: children, computers, and powerful ideas**. New York: Basic Books, Inc., 1980.

\_\_\_\_\_. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Tradução de Sandra Costa. Porto Alegre: Artes Médicas, 2008.

ROBO+EDU. **Contribuição em robótica educacional**. Porto Alegre, Instituto de Informática/UFRGS, 2011. Disponível em <http://www.ufrgs.br/robomaisedu/projeto/>, acesso em 24/09/2016.

TAUCEDA, K. C.; NUNES, V. M.; PINO, J. C. D. O desenvolvimento de possíveis indicadores de invariantes operatórios por estudantes do ensino médio na disciplina de

biologia. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 1, p. 98–110, 2013.

VALENTE, J. A. Diferentes usos do computador na educação. In: **Computadores e conhecimento: repensando a educação**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1993.

\_\_\_\_\_. A espiral da aprendizagem e as tecnologias da informação e comunicação: repensando conceitos. In JOLY, M. C. (Ed.) **Tecnologia no ensino: implicações para a aprendizagem**. São Paulo: Casa do Psicólogo Editora, 2002, p.15-37.

\_\_\_\_\_. **A espiral da espiral de aprendizagem: o processo de compreensão do papel das tecnologias de informação e comunicação na educação**. 2005. 232f. Tese (Livre Docência). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2005.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, Vol. 10, n. 2, 3, pp. 133-170, 1990. Disponível em <http://rdm.penseesauvage.com/La-theorie-des-champs-conceptuels.html>, acesso em 11/07/2014.

\_\_\_\_\_. O que é aprender? In: **A aprendizagem matemática na perspectiva da teoria dos campos conceituais**. BITTAR, M.; MUNIZ, C. A. (orgs.). Curitiba: CRV, 2009.