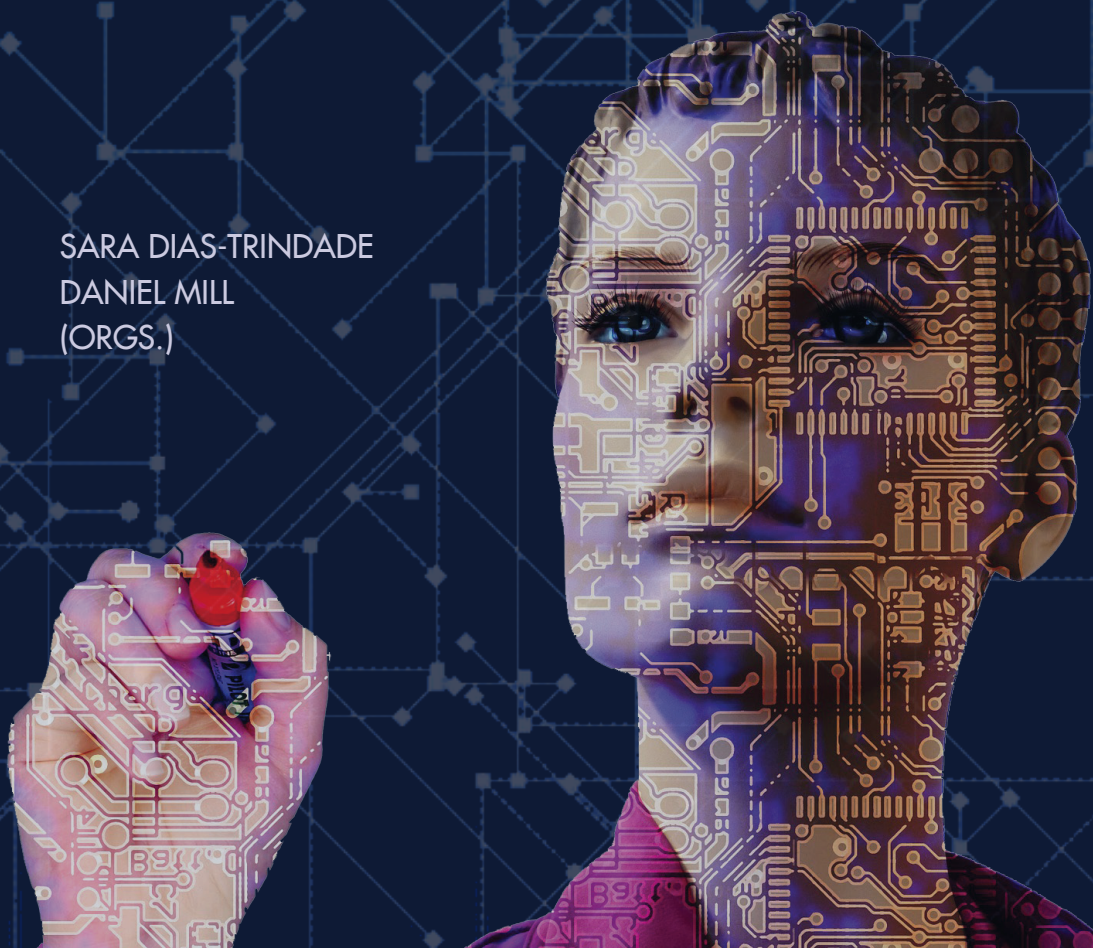


EDUCAÇÃO E HUMANIDADES DIGITAIS

IMPRESA DA
UNIVERSIDADE
DE COIMBRA
COIMBRA
UNIVERSITY
PRESS

APRENDIZAGENS,
TECNOLOGIAS E
CIBERCULTURA

SARA DIAS-TRINDADE
DANIEL MILL
(ORGS.)



ORTENIO OLIVEIRA

Universidade Federal de São Carlos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9411-6589>

DANIEL MILL

Universidade Federal de São Carlos

Centro de Estudos Interdisciplinares do Século XX – Universidade de Coimbra

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8336-3645>

ROBÓTICA PEDAGÓGICA COMO MEIO DE ENGAJAMENTO DO ESTUDANTE: ALGUMAS APROXIMAÇÕES

PEDAGOGICAL ROBOTICS AS A MEANS OF STUDENT ENGAGEMENT: SOME APPROACHES

RESUMO: Em tempos de cultura digital, em que ganham forças discussões como as metodologias ativas, a robótica emerge como estratégia potencial para atender às demandas da área educacional. Marcada por um forte discurso pelo seu potencial de inovação e de motivação do estudante, a robótica pedagógica instala-se como metodologia ativa para o aprendizado de diversos conteúdos curriculares, de modo multi e interdisciplinar, e para a constituição de ambientes de aprendizagem mais engajada. Nesse contexto, objetivando analisar a construção do conhecimento por meio da robótica, o presente trabalho apresenta a identificação e observação de duas experiências. Buscou-se compreender o lastro existente entre experiências pedagógicas envolvendo a robótica e as teorias construtivista (Jean Piaget), sociointeracionista (Lev Vygotsky) e construcionista (Seymour Papert). A robótica pedagógica foi apresentada como: a) metodologia para educação tecnológica (experiência 1), em que busca-se ensinar conceitos inerentes à robótica (eletrônica, programação, lógica, etc.); e b) como forma de implementar propostas de pedagogia por projetos, como meio de articulação disciplinar e motivação para a aprendizagem de conceitos científicos. Observou-se que a montagem dos dispositivos, sua programação e testes auxiliam no desenvolvimento psicomotor, cognitivo e afetivo dos alunos, especialmente em função do seu potencial de socialização (sentimento de pertença, interesse, engajamento, envolvimento e colaboração).

Palavras-chave: Robótica Pedagógica; Cultura Digital; Metodologias Ativas.

ABSTRACT: In times of digital culture, in which discussions such as active methodologies gain strength, robotics emerges as a potential strategy to meet the demands of the educational field. Marked by a strong discourse for its potential for innovation and student motivation, pedagogical robotics establishes itself as an active methodology for the learning of diverse curricular contents, in a multi and interdisciplinary way, and for the constitution of more engaged learning environments. In this context, aiming to analyse the construction of knowledge through robotics, the present work presents the identification and observation of two experiments. It was tried to understand the existent ballast between pedagogical experiences involving the robotics and the constructivist theories (Jean Piaget), sociointeractionist (Lev Vygotsky) and constructionist (Seymour Papert). Pedagogical robotics was presented as: a) methodology for technological education (experience 1), in which we intend to teach concepts inherent to robotics (electronics, programming, logic, etc.); and b) as a way of implementing proposals for pedagogy by projects, as a means of articulating disciplinary and motivation to learn scientific concepts. It was observed that the assembly of the devices, their programming and tests help students to develop psychomotor, cognitive and affective, especially in function of their potential socialization (feeling of belonging, interest, engagement, involvement and collaboration).

Keywords: Pedagogical Robotics; Digital Culture; Active Methodologies.

Aproximações introdutórias

Transformações na sociedade têm sido observadas, ao longo dos anos, em grande parte, sob o protagonismo da ciência e da tecnologia. A noção de tecnologia, neste texto, transcende a ideia de fabricação e consumo de aparatos eletrônicos. Conforme indicou Kenski (2012), é mais adequada a ideia de tecnologia envolvendo tanto as máquinas quanto a totalidade de coisas que o homem foi capaz de conceber em todas as épocas, suas formas de uso e suas aplicações. Essa totalidade de coisas engloba, portanto, os recursos físicos, palpáveis, e processos, planejamentos e procedimentos para realização das mais variadas atividades. Nesse sentido, Pinto (2005) argumenta que

a palavra tecnologia é usada a todo o momento por pessoas das mais diversas qualificações e com propósitos divergentes. Sua importância na compreensão dos problemas da realidade atual agiganta-se, em razão justamente do largo e indiscriminado emprego, que a torna ao mesmo tempo uma noção essencial e confusa (Pinto, 2005, p. 219).

Essa evidência do papel das tecnologias é maior quando consideramos as tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), caracterizadas, sobretudo, pela emergência da informática e, posteriormente, pela internet. Para Pinheiro (2013), a informática nasceu da ideia de auxiliar o homem na realização de trabalhos repetitivos que poderiam ser automatizados com o uso do computador, disseminado nas últimas décadas, e a sociedade seria, então, resultado da evolução tecnológica a que foi submetida. Sobre a internet, Castells (2003) argumenta que este é o meio de comunicação que permite, pela primeira vez, a comunicação de muitos com muitos num momento escolhido, em escala global (Castells, 2003, p. 8). Até então TV e rádio eram os grandes representantes da comunicação de massa.

De modo similar, o desenvolvimento da ciência tem influenciado fortemente as sociedades, seja em aspectos sociais, culturais, econômicos ou outros. Para Hoffmann e Miotello (2013),

as práticas científicas, sociais e culturais, e as aplicações tecnológicas, usadas para melhorar ou aprimorar o desenvolvimento de diversas áreas do conhecimento, têm levado às várias transformações na sociedade, refletindo em mudanças nos comportamentos e carecendo da compreensão detalhada e aprofundada dos diversos desafios da nova relação da Ciência e Tecnologia com os anseios da sociedade (Hoffmann; Miotello, 2013, pp. 7-8).

Nesta relação entre Ciência e Tecnologia, buscamos neste estudo pontuar a construção do conhecimento científico por meio de experiências de robótica. Como um instrumento de mediação tecnopedagógica, analisamos como são elaboradas e executadas as experiências de robótica pedagógica como forma de abordar conhecimentos científicos.

Outrora restrita aos domínios industriais, a robótica notabilizou-se nos ambientes educacionais a partir dos trabalhos desenvolvidos pelo matemático-educador Seymour Papert, na década de 1960. O autor defende a introdução de computadores nas escolas, objetivando dar ao aprendiz mais autonomia e independência do adulto (Papert, 2008). Ainda nos anos 1980, o autor argumentava que a criança deveria programar o computador, pois, ao fazê-lo,

ela adquire um sentimento de domínio sobre um dos mais modernos e poderosos equipamentos tecnológicos e estabelece contato íntimo com algumas das ideias mais profundas da ciência, da matemática e da arte de construir modelos intelectuais (Papert, 1988, pp. 17-18).

Dessa forma, a sua abrangência tecnológica aborda tanto a ferramenta quanto o recurso material, utilizáveis em sala de aula. Como inovação pedagógica, consideramos na reflexão o ambiente de aprendizagem gerado pela robótica em seu caráter multi e interdisciplinar, em que a literatura da área indica residir grande potencial para abordagens mais complexas de ensino-aprendizagem. Nesse sentido, conforme defenderam Mill e César (2013), o estudo foi realizado tomando a noção de ambiente de aprendizagem como formado pelas possibilidades da robótica em criar ambientes mais dinâmicos para o ensino-aprendizagem voltado para aquisição de conhecimentos específicos da área (robótica, computação e afins) e, também, pela interseção de saberes, conhecimentos de outras áreas (ensino de ciências). O ambiente de aprendizagem em que professores e alunos planejam, discutem e executam montagem, automação e controle de dispositivos mecânicos que podem ser controlados pelo computador é denominado de Robótica Pedagógica ou Robótica Educacional (César; Bonilla, 2007, p. 240). Assim, ambas as áreas, tecnológica e pedagógica, podem ser utilizadas para modelagem e simulação ou experimentação de conceitos teóricos em situações reais do cotidiano.

Neste texto, apresentamos duas experiências de robótica no contexto educacional, desenvolvidas com perspectivas pedagógicas distintas, mas que indicaram, todavia, resultados muito interessantes. Buscamos também lastros entre as teorias de Jean Piaget (construtivismo), de Lev Vygotsky (sociointeracionismo) e Seymour Papert (construcionismo), como fomento aos fundamentos teóricos da robótica enquanto metodologia de ensino-aprendizagem.

Robótica pedagógica: uma breve revisão de literatura

Com base nas teorias que sustentam a robótica no contexto educacional, relatamos as atividades de duas experiências: i) uma com foco na participa-

ção em competições de robôs; e ii) outra com foco específico na aplicação da robótica para o ensino de ciências. Ambas foram realizadas no contraturno das aulas, em colégio particular, com alunos do 5º ano do ensino fundamental e faixa etária aproximada de 10 a 11 anos de idade. O estudo foi realizado no âmbito do Grupo Horizonte (Grupo de Estudos e Pesquisas sobre Inovação em Educação, Tecnologias e Linguagens) e do Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal de São Carlos. Cabe ressaltar que a investigação contou com amplo levantamento bibliográfico, realizado junto à base de teses da Capes, *Scopus* e *Web of Science*, além de anais de eventos promovidos pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC).

Buscamos assento teórico nas ideias de construcionismo (Papert, 1988, 2008), construtivismo (Piaget, 1990) e sociointeracionismo (Vygotsky, 2007) – autores que, ao nosso ver, oferecem a referência necessária para reflexões sobre a robótica na educação. Conforme Paula e Mendonça (2009), as ideias de Piaget fundamentam a construção de conhecimentos científicos que passam pela (re)solução de problemas que se apresentam no desenrolar de qualquer atividade, guardando relação com as discussões piagetianas sobre o desenvolvimento cognitivo e psicomotor, pelo ciclo composto de ações de desequilíbrio, equilíbrio e acomodação, nesta ordem. Assim, no processo de desenvolvimento, ao confrontar um problema e superá-lo, o aprendiz não volta ao estágio anterior no qual se viu frente a esse “desequilíbrio”, à sua zona de conforto. Esse importante ponto da teoria construtivista – que prevê o aprendizado do sujeito, internamente, pelo contato com o objeto e sem necessariamente interagir com o meio à sua volta – é essencial nas reflexões sobre a robótica pedagógica.

Assim como a teoria de Piaget, as ideias de Vygotsky sobre o desenvolvimento seguem o princípio da alteridade, em que o sujeito não nasce pronto; ele vai agregando conceitos e aprendizados a partir da interação com as pessoas e o mundo à sua volta. Portanto, o desenvolvimento está no sujeito, para Piaget, enquanto para Vygotsky se situa no ambiente (socialmente, na interação do sujeito com o meio), por intermédio de elementos como a linguagem. Segundo Paula e Mendonça (2009), em Vygotsky as interações sociais são importantes para as pessoas, pois promovem novas ações, sendo significa-

tivo que as crianças compartilhem experiências, orientem e sejam orientadas por seus pares – é importante que influenciem e sejam influenciadas por outros. Conforme Castorina *et al.* (1990), Vygotsky entende que a inteligência da criança começa com o processo de interação social, e sua capacidade de aprender depende do grau da interação a que se expõe: é conversando, convivendo, trocando ideias, em meio a ambientes comuns e com culturas diferentes, que as crianças desenvolvem sua capacidade de aprendizagem.

O desenvolvimento, para Vygotsky (2007), constitui-se de três níveis:

- Nível de *desenvolvimento real*, em que a pessoa, criança ou adulto, é “medida” por sua capacidade real de resolução de problemas de maneira independente. O nível de desenvolvimento real define funções que já amadureceram;
- Nível de *desenvolvimento potencial*, que representa o que a pessoa é capaz de fazer no estágio de maturação atual; e
- *Zona de Desenvolvimento Proximal* (ZDP), que é a capacidade de uma pessoa resolver problemas sob orientação de outras. A ZDP configura a distância entre os níveis de desenvolvimento real e potencial.

A Pedagogia convencionou chamar essas contribuições de Vygotsky de sociointeracionismo ou socioconstrutivismo, em que a linguagem constitui um elemento essencial. Tanto o sociointeracionismo quanto a linguagem são essenciais em experiências de robótica pedagógica.

Também Papert (que trabalhou com Piaget) tem os mesmos princípios de construção autônoma do conhecimento e defende a ideia da aprendizagem mediada pelas tecnologias. Para Papert (2008), as crianças desenvolvem-se melhor quando envolvidas com planejamento e construção de objetos palpáveis, partindo das ideias do construtivismo. Essa é a proposta do construcionismo, por ele formulada e geralmente relacionada em experiências de robótica pedagógica.

Nas ideias de Vygotsky, Piaget e Papert, bem como em experiências educacionais com a robótica, estão presentes diversas características humanas – como a afetividade, a empatia, a criticidade –, que possibilitam o agir, colaborativa ou subjetivamente, desenvolvendo o aprendizado. Se a afetividade

aflora na interação social entre os estudantes quando se reúnem em grupos para a realização das respectivas ações, as experiências evidenciam a possibilidade de se adquirir as habilidades e exercitar as competências propostas por Delors (2003) nos quatro pilares da Educação (Quadro 1).

Quadro 1. Pilares da Educação, segundo Delors.

Pilar	Descrição
Aprender a conhecer	Implica o domínio dos próprios instrumentos do conhecimento. Pode ser considerado, simultaneamente, como um meio e como uma finalidade da vida humana (Delors, 2003, p. 90).
Aprender a fazer	Implica o desenvolvimento de habilidades psicomotoras e cognitivas, visando aquisição de competências que se traduzam em aprendizagem significativa para o sujeito, dando-lhe condições de resolver problemas que se apresentam no dia a dia (Delors, 2003, p. 93).
Aprender a ser	Implica atitudes e comportamentos que traduzem as qualidades pessoais de um sujeito. Todo o ser humano deve ser preparado, especialmente graças à educação que recebe na juventude, para elaborar pensamentos autônomos e críticos e para formular os seus próprios juízos de valor, de modo a poder decidir, por si mesmo, como agir nas diferentes circunstâncias da vida (Delors, 2003, p. 99).
Aprender a viver juntos	A realização de projetos comuns e preparação para gerir conflitos implicam o desenvolvimento da compreensão do outro e a percepção das interdependências no respeito pelos valores do pluralismo, da compreensão mútua e da paz (Delors, 2003, p. 102).

Fonte: baseado em Delors (2003).

Pelos argumentos do relatório de Delors (2003), têm importância tanto o produto (resultados) de determinada experiência quanto os processos executados para sua construção. Para César (2009, p. 23), as atividades de elaboração de propostas, construção de dispositivos robóticos, programação, testes e avaliações constituem-se na chave para a aquisição de competências por parte das pessoas envolvidas.

Sob as perspectivas teóricas dos autores citados anteriormente, a nossa investigação qualitativa identificou, observou e analisou a realização de atividades de robótica como estratégia pedagógica, para o ensino de conteúdos de ciências, além de valores subjetivos como a prática de trabalho em grupo,

interação social e alteridade. As experiências foram descritas conforme as ações executadas, com atenção ao desenvolvimento psicomotor, cognitivo e afetivo, por meio da montagem dos dispositivos, sua programação e testes.

Experiências com robótica pedagógica: noções em disputa ou complementares?

As experiências observadas foram realizadas em instituição particular, situada no sul de Minas Gerais. O ambiente em que são elaborados e realizados os projetos que analisamos é laboratório destinado às atividades de informática e robótica, contando com 20 computadores (desktops), tablets, acessórios para prototipagem, entre outros. O objetivo dos projetos é a preparação dos alunos para participar de uma competição de robótica (Olimpíada Brasileira de Robótica), constituindo um modelo que se configura em aprendizagem pela competição, articulando o processo com o estudo dos biomas brasileiros. Por meio da pedagogia de projetos, a instituição busca abarcar a disciplina de ciências, envolvendo inclusive disciplinas como a geografia e a história, além de outros assuntos (com destaque para o tema “pesquisas”).

Caracterizando a aprendizagem pela competição em ambientes extraescolares, a Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR) é uma iniciativa nacional que pode servir de referência na adoção da robótica como estratégia pedagógica nas escolas. Segundo Aroca *et al.* (2016), desde a primeira edição, em 2007, a participação das instituições de ensino no evento tem crescido progressivamente. Com metodologia própria, a OBR busca promover a educação tecnológica no sistema educacional brasileiro, despertando o interesse dos estudantes pela ciência e tecnologia. Para isso, conta com atividades divididas em duas modalidades, teórica e prática, nas quais instituições de ensino fundamental e médio podem inscrever seus alunos e participar, ainda que sem conhecimentos prévios de robótica. Conforme Aroca *et al.* (2016), os exames teóricos são projetados para servirem, também, como forma de avaliação de conhecimentos técnicos – além de proporcionar aos alunos conhecimento e contextualização sobre robótica e disciplinas relacionadas. Embora seja uma competição, a estratégia da OBR tem se mostrado um método de aprendiza-

gem ativa com bons resultados, sobretudo porque ajuda os alunos a perceberem aplicações reais de seus estudos e, também, motiva professores, pais e tutores.

Em estudo conduzido por Benke (2012), questiona-se como as aprendizagens em experiências com a robótica, enquanto competição, podem ser incorporadas às salas de aula de ciências, mantendo a motivação, o engajamento e a qualidade do aprendizado. Como contextualização, o estudo traz questões conhecidas – como o pouco interesse dos alunos pelas ciências, devido ao papel passivo que estes normalmente se sujeitam na relação ensino-aprendizagem dentro das salas de aula. No entanto, conforme o autor, quando participam de competições de robótica apresentam interesse por aquilo que estão fazendo, sendo esse o diferencial entre os dois ambientes em que a aprendizagem é o foco. Pela robótica pedagógica, argumenta Benke (2012), o aluno é induzido a tomar a posição de sujeito ativo da sua aprendizagem com capacidades de construir seu conhecimento, numa perspectiva construtivista.

a) Experiência 1 – Robótica pedagógica e competições: motivação e desafios cotidianos

Na primeira experiência observada, o desenvolvimento do projeto utilizou dispositivos robóticos elaborados a partir de placas de prototipagem Arduino, possibilitando maior flexibilidade no design e criação e, ao mesmo tempo, exigindo maior dedicação e exercício de criatividade, uma vez que seriam criados sem um modelo comparativo a ser seguido. Isso é importante considerando a conclusão de Altin e Pedaste (2013), que analisam a história dos robôs educacionais e argumentam que, por serem orientados por plataforma, o fabricante determina o que pode ser desenvolvido com aquela plataforma.

Os alunos foram convidados a participar das atividades a serem realizadas no contraturno das aulas, constituindo um ambiente de aprendizagem no modelo extracurricular. Esses alunos participavam de atividades de programação, também extracurricular, em horário diferente ao da robótica. A participação não era obrigatória, mesmo após estar inscrito na atividade. Foram criados dois grupos de cinco alunos cada (média de alunos presentes nas atividades), e ambos deveriam executar a mesma tarefa: construir um veículo autônomo

para percorrer um dentre três trajetos, seguindo os procedimentos descritos previamente (em edital). Pelo edital, os participantes tomaram conhecimento das regras gerais da competição, e o professor informou ainda sobre quais recursos teriam à disposição para executar o projeto. Assim, conheceram os obstáculos a serem superados, selecionaram o trajeto a ser percorrido e iniciaram o planejamento para construção do veículo.

Um esboço inicial do veículo foi feito em papel, por um dos grupos. O professor questionou sobre o uso de alguns mecanismos, como seriam construídos, onde seriam colocados os sensores, obedecendo a certas regras para sua confecção. Por exemplo, em dimensão, o veículo não poderia ultrapassar 30 cm de altura. Nas primeiras aulas realizadas, os alunos formaram os grupos e, sob orientação do professor, foram para os computadores pesquisar na web possíveis desenhos (design) para os seus robôs. O formato do robô era importante porque não poderia tombar nos obstáculos (como rampas, descidas e relevos), sendo necessários ajustes para maior equilíbrio do robô. Conhecimentos matemáticos foram fundamentais para resolver essa questão. Essa fase estendeu-se por algumas semanas, e depois de construído o veículo e inserida sua programação foi feito o teste em uma pista. Tanto as adequações de design do protótipo quanto eventuais falhas na programação foram identificados e alterados. Após as discussões e realização das atividades propostas, nos dez minutos finais de cada aula, os grupos resolviam um problema sugerido pelo professor, normalmente de lógica.

Em uma das aulas, outras características do projeto foram apresentadas: como seria a pista a ser percorrida com o robô, as regras de execução do percurso etc. No caso, o veículo deveria sair de um ponto demarcado na pista, carregando uma bolinha de pingue-pongue, subir uma pequena rampa ou passar por pequenas elevações (de altura de 1 cm, dispostas ao longo de 1 m a uma distância de 25 cm cada), com trechos sem obstáculos. Ao final, a bolinha deveria ser colocada em um compartimento de 30 cm de altura.

Inicialmente, a ideia era trabalhar essa atividade tendo como base tecnológica a placa de prototipagem Arduino, que necessita de conhecimentos de programação e eletrônica para o aproveitamento adequado de seu potencial. Observou-se que o tempo exíguo para realizar o processo de construção do robô (estrutura e programação), a tempo de participar da competição, dre-

nou o interesse dos alunos. De acordo com Coll, Marchesi e Palacios (2004), o aluno só consegue enfrentar desafios quando tem claro o que é preciso fazer e entende adequadamente as explicações do professor. Para os autores, também é importante considerar que, às vezes, o problema se instala “quando as demandas da tarefa estão muito acima das possibilidades do aluno” (Coll; Marchesi; Palacios, 2004, p. 133).

Nessa ocasião, foi apresentada ao professor a placa de prototipagem Pete, já montada em uma estrutura que poderia ser utilizada em testes no laboratório (Figura 1). Também foi adquirida para as aulas uma rampa com as mesmas características da que seria utilizada na competição.

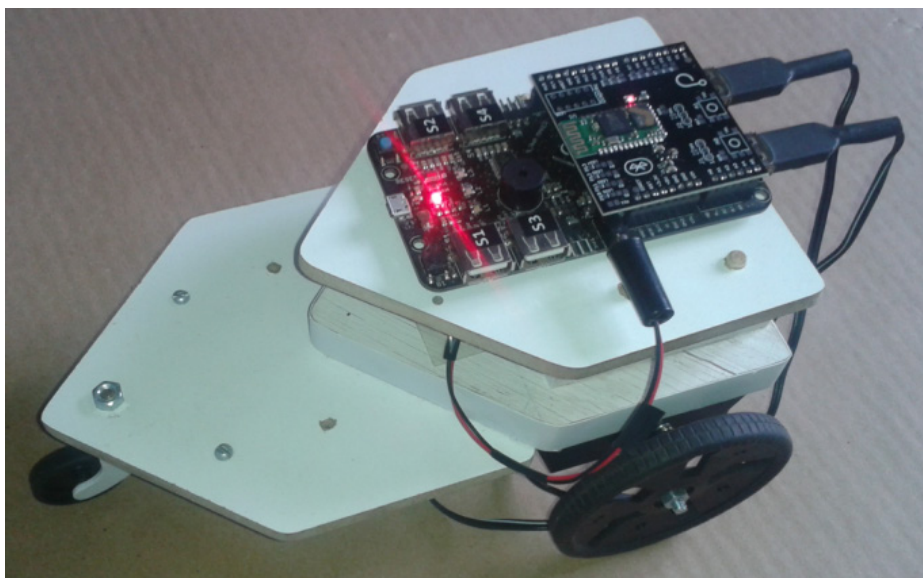


Figura 1. Veículo (robô) criado com placa de prototipagem Pete, usado nos testes em laboratório.

Fonte: fotografia de autoria própria.

Foi grande o interesse demonstrado pelos alunos no processo de interação com a novidade, mesmo sendo o primeiro contato com um robô funcional. Percebeu-se envolvimento dos alunos na apreensão de alguns conceitos e ações, destacando-se: pesquisa (para conhecer as funcionalidades daquele novo dispositivo), design (para elaborar um dispositivo que

tivesse as mesmas características físicas) e lógica de programação (conceitos de cinemática e matemática, fundamentais nos primeiros movimentos do robô).

As atividades de programação foram facilitadas pela interface que acompanha a placa de prototipagem. Observou-se que a possibilidade prática, promovida pela experiência com o robô, de aplicar os conceitos teóricos recebidos em sala de aula facilitou o entendimento dos conteúdos em decorrência da visualização concreta da sua aplicação. O trabalho em equipe, a prática de conceitos abstratos estudados em sala de aula, a capacidade de assimilação do erro cometido e a busca pela solução do problema com outras alternativas foram algumas das habilidades incentivadas e que ficaram acessíveis nas aulas de robótica. Habilidades importantes, como argumenta César (2013), porque essas ações possibilitam ao aluno vivenciar e compreender o erro como parte do processo de aprendizagem.

Vale destacar que, embora o projeto fosse voltado à aprendizagem pela competição (a atividade objetivou a participação da equipe no evento de robótica), as atividades em laboratório não eram de caráter competitivo entre os grupos. Nessa fase, apesar de não ter sido observada referência direta à aprendizagem de conhecimentos científicos ou integração com outras disciplinas curriculares, percebemos que a atividade demonstrou relevante potencial para o processo ensino-aprendizagem colaborativo e grandes possibilidades de integração com outras disciplinas. Igualmente importantes foram o interesse dos alunos e a disposição do professor em promover o desenvolvimento cognitivo no ambiente lúdico, constituído a partir da experiência desafiadora envolvendo a robótica.

b) Experiência 2 – Robótica pedagógica e aprendizagem por projetos: engajamento e autonomia

A segunda experiência pautou-se na noção de Pedagogia de Projetos – que, segundo Prado (2005), é uma metodologia de aprendizagem ativa a qual possibilita ao aluno, sujeito ativo da aprendizagem, aprender ao fazer, levantar e testar ideias, experimentar, aplicar conhecimentos e representar o pensamento. Visando inverter a lógica existente nas grades de conteú-

dos temáticos estanques e colocar em prática estratégias de aprendizagens ativas e integradas,

é fundamental que o professor compreenda as potencialidades, as implicações e as exigências do desenvolvimento de projetos em sala de aula, nos quais os alunos são sujeitos ativos da aprendizagem, procurando propor estratégias e reflexões que contemplem a autoria dos alunos e preservem a função essencial da escola: o desenvolvimento da autonomia do ser humano, a produção de conhecimentos e a construção da cidadania (Prado, 2005, p. 10).

Conforme Moreira (1999), a pedagogia por projetos faz referência à aprendizagem significativa, formulada por David Ausubel, em que a interiorização de uma nova informação se relaciona com algum conceito que já faz parte da estrutura do sujeito. Em outras palavras, o sujeito aprende, mais facilmente, algo no qual tenha interesse, que tenha algum significado ou a que dê alguma importância.

Com essa premissa, a instituição de ensino iniciou, em abril de 2017, uma atividade com robótica, denominando-a como Projeto Biomas Brasileiros. De caráter interdisciplinar, o projeto buscou inserir os alunos de ensino fundamental nos contextos dos biomas nacionais, explorando atividades de pesquisa e resolução de problemas pertinentes a esses ecossistemas, tendo mediação da robótica como eixo norteador, de motivação e interlocução das disciplinas e atividades.

Seguindo planos de aulas elaborados especificamente com foco no projeto, os alunos teriam que, na disciplina de ciências, desenvolver as atividades para cada bioma: pesquisar características de fauna e flora, listar os problemas característicos da região e apresentar soluções, definir tarefas para que o robô resolva os problemas relacionados etc. Foram estudados os seis biomas: bioma Amazônia, bioma Caatinga, bioma Cerrado, bioma Pantanal, bioma Mata Atlântica e bioma Pampa.

Em cada um dos biomas, o robô precisa ser acionado para resolver problemas típicos de cada bioma, identificados na pesquisa prévia. Entre esses problemas estão as queimadas no cerrado, alterações da biodiversidade do bioma Amazônia, alagamentos de grandes áreas no bioma Pantanal, a caça e a pesca

predatória etc. As intervenções do robô sobre esse ecossistema seriam executadas em um mapa do Brasil, criado pelos alunos na forma de painel (tapete), no qual estariam identificadas as características dos biomas (Figura 2).



Figura 2. Painel estampado com os biomas brasileiros.
Fonte: fotografia do painel fornecido pelo Colégio Alfa.

O robô foi construído com a placa de prototipagem do kit Pete com sua interface de programação, sensores de luz e de cor, um módulo *bluetooth* e sucata eletrônica, despertando nos alunos a necessidade de cuidados com a sustentabilidade. Nesse sentido, autores como César (2013) e Silva (2009) afirmam que a sucata eletrônica que faz parte das experiências de robótica pedagógica envolve:

o material para montagem dos protótipos pode ser obtido de equipamentos eletroeletrônicos obsoletos inutilizados, que não justificam sua manutenção. Esses equipamentos costumam conter dispositivos eletromecânicos, tais como motores e sensores, além de materiais que podem ajudar o educando na montagem de seus projetos de controle dos dispositivos, como eixos, roldanas, engrenagens, fiações, resistores, transistores, reguladores de tensão etc. (Silva, 2009, p. 38).

No decorrer das aulas, foram atribuídas duas atividades aos alunos, organizados em duas equipes. A primeira equipe ficou encarregada de selecionar a sucata dos equipamentos recolhidos, enquanto a outra teve a responsabilidade de pesquisar na web um modelo de robô e discutir, com os demais estudantes e com os professores, a viabilidade de sua construção. Em um segundo momento, essas atribuições inverteram-se.

De acordo com o plano de aulas, após os alunos separarem as peças da sucata eletrônica, agora unidos em uma única equipe, passou-se à fase de design do robô (Figura 3). Como argumenta César (2013), a elaboração do projeto dos dispositivos robóticos, a montagem do artefato e a criação de movimentos a partir de um programa de computador podem exigir um nível de raciocínio lógico-matemático extremamente elaborado e complexo. De modo geral, a ação predominante observada na fase de montagem do robô corrobora as reflexões sobre o desenvolvimento psicomotor. Segundo Silva (2009), a montagem permite o desenvolvimento da coordenação motora e do pensamento sequencial.

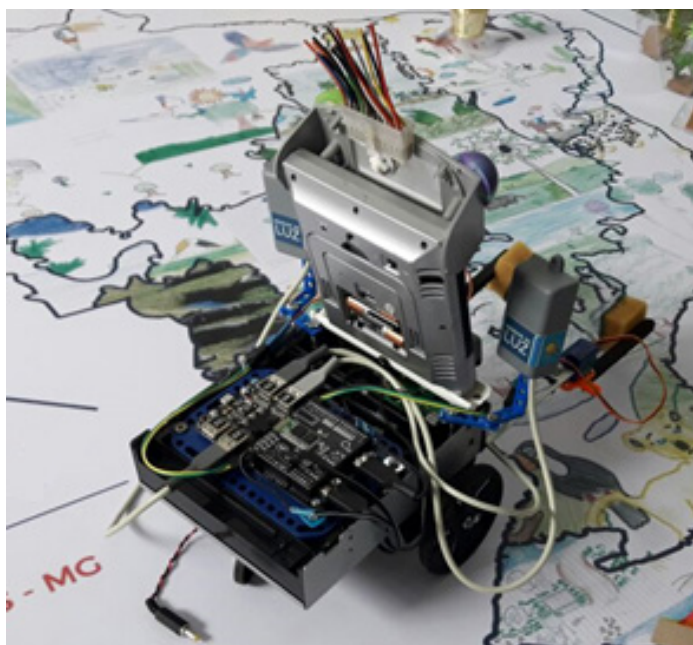


Figura 3. Robô montado com sucata eletrônica e kit Pete.

Fonte: fotografia da experiência do Colégio Alfa.

Uma vez montado o robô, foi incluída a codificação para que ele executasse as ações para as quais foi projetado. Observa-se que a programação tem grande destaque como ferramenta educacional, pois, por intermédio da resolução de problemas, via uma linguagem de programação, tem-se a descrição do processo utilizado pelo aluno para resolver uma tarefa (Baranauskas *et al.*, 1999). Isto foi observado na experiência, mas cabe a ressalva de que os alunos participantes do projeto já participavam de aulas extracurriculares de programação, estando, então, já familiarizados com essa prática. As aulas em laboratório foram utilizadas, na maior parte do tempo, para discussões e desenvolvimento do aspecto físico do robô e testes posteriores.

O formato dos robôs foi o tema que promoveu mais discussões no decorrer do projeto, especialmente em função da visão estereotipada do que seja um robô. Geralmente, os robôs criados para as primeiras experiências educacionais são veículos sobre rodas, contrapondo a visão vinda do campo ficcional cujo aspecto é de humanóide. Todavia, nas discussões foi pontuado que nem sempre essa noção de robôs humanoides explorada em filmes é a melhor concepção para os robôs a serem utilizados em atividades pedagógicas.

Análise das experiências

Cada uma das experiências analisadas guarda determinadas peculiaridades. No projeto elaborado para participar da competição, o material adotado (kit de robótica baseado na placa de prototipagem Arduino) parece conduzir a uma aprendizagem mais orientada à educação tecnológica, caracterizando a aprendizagem baseada na competição (*competition-based learning*). Com base em outros autores, Altin e Pedaste (2013) dizem que

a aprendizagem baseada na competição é uma metodologia em que os resultados de aprendizagem são alcançados através de competições. Foi aplicado com sucesso em vários estudos no contexto da educação científica com tecnologia avançada. No entanto, as competições são dirigidas apenas a um grupo limitado de alunos, uma vez que as competições de robótica são bastante dispendiosas e o número de participantes tende a ser limitado (Altin; Pedaste, 2013, p. 366, tradução nossa).

Embora seja um modelo mais inclinado à educação tecnológica, Altin e Pedaste (2013) também afirmam que a aprendizagem baseada na competição por meio da robótica tem sido uma das maneiras mais eficazes de se conseguir que os alunos apliquem conhecimentos científicos envolvendo matemática, física e outros assuntos. Em nosso estudo, observamos que a aprendizagem da tecnologia envolvida em projetos com o Arduino foi relativamente alta para alunos da faixa etária que participaram do projeto, mesmo quando não tiveram contato anterior com a tecnologia. Observamos ainda que o (pouco) tempo foi o maior limitador para a conclusão do projeto, refutando a nossa hipótese de que o maior obstáculo seriam os conhecimentos em programação por parte dos alunos – embora a integração das atividades de programação com o *hardware* (Arduino) tenha sido, de fato, um pouco mais complexa.

No segundo projeto, Biomas Brasileiros, o planejamento favoreceu a condução do aprendizado e, pela utilização de um kit, facilitou as atividades dos professores na criação do robô e motivação dos alunos. Os alunos absorveram bem a proposta e mostraram muita disposição, desde a desmontagem da sucata eletrônica até a apresentação do trabalho final para a comunidade escolar. Conforme os professores que conduziram a execução da experiência, foram seguidas todas as etapas do planejamento, embora a forma como alguns passos se desenvolveram tenha fugido da previsão inicial. No mesmo sentido, a professora de ciências disse ter ficado surpresa, por exemplo, com a curiosidade dos estudantes com os componentes internos do computador e com o seu funcionamento. Conforme disse ela: “quando foi solicitado que trouxessem sucata eletrônica para ser desmontada, não se imaginava que fossem gostar tanto. Isso foi algo que despertou a curiosidade dos alunos para além do planejado”. Ademais, as atividades de pesquisa também aguçaram a curiosidade e o desejo por buscar o que mais interessava a cada um.

Os professores também chamaram a atenção para o perceptível espírito de autonomia com que os alunos mostraram estar imbuídos nas atividades. Segundo a professora de ciências:

Eles foram direcionados a executar determinada atividade e, em certo momento, foram se separando, e cada um foi fazendo aquilo no qual tinha maiores habilidades: quem gostou de desmontar as máquinas foi desmontar; quem tinha aptidão

para desenho foi desenhar; uma turma foi para o computador, outra para o papel. Eles começaram a se organizar de modo que não havia sido imaginado por nós quando planejamos (Professora do Projeto Robótica Pedagógica).

Em nossas observações *in loco*, conforme noção da aprendizagem por projetos, percebemos que foi dada liberdade aos alunos para a execução das atividades, visando à colaboração de forma mais eficiente. Desde a divisão das equipes e definição das atribuições de cada membro do grupo, observamos que cada aluno optou por executar aquela tarefa que mais o atraía ou para a qual tinha habilidades: aptidão para desenho/design do robô, programação das unidades de controle dos robôs etc. Desta forma, foi possível analisar, em cada estudante, as capacidades mais afloradas e as que necessitavam de mais desenvolvimento. Quando questionadas sobre as riquezas e limitações dessas experiências *versus* aquelas de robótica pedagógica para competições, argumentaram que essa construção autônoma do conhecimento – bem como a possibilidade de cada professor envolvido observar possíveis aspectos por serem trabalhados em sala de aula – não seria possível (ao menos não seria fácil) em experiências voltadas às competições.

Além disso, os professores entendem que o trabalho mais livre e direcionado a conteúdos curriculares, explorando a autonomia do estudante, possibilita analisar e auxiliar dificuldades diversas, tais como: controle de ansiedade por alguns estudantes, resolução de conflitos entre alunos, socialização de estudantes mais tímidos ou mais arrogantes, superação/redução de preconceitos, amenização de possíveis dissidências nas percepções etc. Isto é, a experiência de robótica pedagógica, nessa perspectiva da pedagogia por projetos, criou um ambiente de aprendizagem que levou o estudante a desenvolver uma visão diferente em termos de socialização, em que todos (ou a maioria) se soltaram e se mostraram mais dispostos a expor suas ideias, falar, questionar, ouvir o outro e pensar juntos. Essas práticas, segundo os envolvidos na experiência, normalmente não são feitas em outras situações de ensino-aprendizagem em sala de aula.

Do ponto de vista de conteúdos, o projeto estimulou a busca por conhecimentos de engenharia, de programação e de outras áreas, ficando perceptível o desenvolvimento do raciocínio lógico ao longo das atividades. Vale

destacar também que a apresentação da proposta para a comunidade revelou novas possibilidades para futuros projetos interdisciplinares por meio da robótica, envolvendo conteúdos diversos, trabalhados em diferentes faixas etárias (inclusive alunos em processo de alfabetização). De modo mais específico, o nosso estudo demonstra que as aulas de ciências foram enriquecidas sobremaneira com o uso do robô, com o contato com *hardware* e *software* da robótica pedagógica. Vale ressaltar, por fim, o lastro existente entre esse tipo de experiência pedagógica e as teorias construtivistas (Jean Piaget), interacionistas (Lev Vygotsky) e construcionistas (Seymour Papert). São teorias imprescindíveis para o desenvolvimento de iniciativas de robótica pedagógica de qualquer natureza.

Considerações finais

Neste texto, exploramos algumas possibilidades de desenvolvimento pedagógico de experiências com a robótica. Com base em duas iniciativas distintas, tecemos argumentos favoráveis e indicamos também limitações de cada experiência. Por um lado, apresentamos a robótica pedagógica como educação tecnológica, em que se busca ensinar conceitos inerentes à robótica (eletrônica, programação, lógica, física etc.); e, por outro, descrevemos e analisamos uma situação em que a robótica foi tomada como meio de articulação disciplinar e motivação para a aprendizagem de conceitos científicos. Acreditamos que uma terceira situação seria interessante, como resultante da mescla das duas possibilidades anteriores: criar projetos que contemplem o ensino das disciplinas científicas, do currículo formal, usando robótica, de modo interdisciplinar, desde o planejamento da aula até a sua concretização em robôs funcionais, seja para competições ou não.

Observamos ainda que as atividades, realizadas em grupos, propiciaram momento de convivência, em que os alunos se viam mais à vontade, dialogando com os colegas e compartilhando diferentes tipos de informação (não restritos aos assuntos da aula). Seja com o apelo motivacional das competições ou com as prerrogativas da pedagogia por projetos, as experiências de robótica pedagógica mostraram-se ímpares quando o objetivo foi criar

ambientes educacionais mais propícios à aprendizagem coletiva e com envolvimento intenso dos estudantes. Percebe-se que um sentimento de pertença faz emergir maior engajamento e envolvimento com algo que está sendo construído por eles.

Apesar do seu alto potencial para engajamento de estudantes (e de professores), as experiências observadas demonstraram que, todavia, são muitos os desafios a serem superados pelos envolvidos com a robótica pedagógica. Questões técnicas, financeiras, culturais, organizacionais, pedagógicas, de cronograma, de trabalho em equipe, de conhecimentos prévios etc. mostraram-se como obstáculos aos professores e estudantes, desafiando o andamento e a conclusão do planejamento feito inicialmente. Em ambos os casos, educadores e educandos provaram ser possível obter resultados significativos mesmo frente aos obstáculos e imprevistos cotidianos.

Referências bibliográficas

- ALTIN, H.; PEDASTE, M. – Learning approaches to applying robotics in science education. *Journal of Baltic Science Education*. ISSN 1648-3898. 12:3 (2013) 365-377.
- AROCA, R. V. [et al.] – Brazilian Robotics Olympiad: A successful paradigm for science and technology dissemination. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. DOI 10.1177/1729881416658166. 13:5 (2016) 1-8.
- BARANAUSKAS, M. C. [et al.] – Uma taxonomia para Ambientes de Aprendizado Baseados no Computador. In VALENTE, J. A. (Org.) – *O computador na sociedade do conhecimento*. Campinas: Unicamp/Nied, 1999. ISBN 978- 8588833026. p. 45-68.
- BENKE, G. – Robotics competitions and science classrooms. *Cultural Studies of Science Education*. ISSN 1871-1502. 7:2 (2012) 417-423.
- CASTELLS, M. – *A galáxia da internet: reflexões sobre a internet, os negócios e a sociedade*. Rio de Janeiro: Zahar, 2003. ISBN 978-8571107403.
- CASTORINA, J. A. [et al.] – *Piaget, Vygotsky: Novas Contribuições para o Debate*. São Paulo: Editora Ática, 1990. ISBN 978-8508056538.
- CÉSAR, D. R. – *Potencialidades e limites da robótica pedagógica livre no processo de (re)construção de conceitos científico-tecnológicos a partir do desenvolvimento de*

- artefatos robóticos*. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2009. 135 f. Dissertação de Mestrado.
- *Robótica pedagógica livre: uma alternativa metodológica para a emancipação sociodigital e a democratização do conhecimento*. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2013. 220 f. Tese de doutoramento.
- CÉSAR, D. R.; BONILLA M. H. S. – Robótica Livre: Implementação de um Ambiente Dinâmico de Robótica Pedagógica com Soluções Tecnológicas Livres no Cet CEFET em Itabirito – Minas Gerais – Brasil. In WORKSHOP SOBRE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 13, Rio de Janeiro, 2007 – *Anais do XXVII Congresso da SBC*. Rio de Janeiro: WIE, 2007.
- COLL, C.; MARCHESI, A.; PALACIOS, J. (Orgs.) – *Desenvolvimento psicológico e educação*. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. ISBN 9788536302270.
- DELORS, J. – *Educação: um tesouro a descobrir*. 2ª ed. São Paulo: Cortez; Brasília: MEC/ UNESCO, 2003. ISBN 9788524906732.
- HOFFMANN, W. A. M.; MIOTELLO, V. (Orgs.) – *Diálogos em Ciência, Tecnologia e Sociedade*. São Carlos: Pedro & João Editores, 2013. ISBN 978-85-7993-164-2.
- Kenski, V. M. – *Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação*. 8ª ed. Campinas: Papirus, 2012. ISBN 978-8530808280.
- MILL, D. – *Escritos sobre Educação: desafios e possibilidades para ensinar e aprender com as tecnologias emergentes*. 1ª ed. São Paulo: Paulus, 2013. ISBN 978-85-3493-372-8.
- MILL, D.; CÉSAR, D. – Estudos sobre dispositivos robóticos na educação: sobre a exploração do fascínio humano pela robótica no ensino-aprendizagem. In MILL, D. (Org.) – *Escritos sobre educação: desafios e possibilidades para ensinar e aprender com as tecnologias emergentes*. São Paulo: Paulus, 2013. ISBN 978-85-3493-372-8. p. 269-294.
- MOREIRA, A. M. – A teoria da Aprendizagem significativa de Ausubel. In *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999. ISBN 9788512321806. p. 151-165.
- PAPERT, S. – *LOGO: Computadores e educação*. São Paulo: Editora Brasiliense, 1988. ISBN 978-8511270019.
- *A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática*. Porto Alegre: Artmed, 2008. ISBN 9788536310589.
- PAULA, E. M. A.; MENDONÇA, F. W. – *Psicologia do Desenvolvimento*. 3ª ed. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2009. ISBN 978-85-7638-585-6.
- PIAGET, J. – *Linguagem e pensamento da criança*. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1990. ISBN 9788533610422.

- PINHEIRO, P. P. – *Direito Digital*. 5^a ed. São Paulo: Saraiva, 2013. ISBN 978-8502635616.
- PINTO, A. V. – *O conceito de tecnologia*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005. 2 vol. ISBN 978-8585910679.
- PRADO, M. E. B. – Pedagogia de projetos: fundamentos e implicações. In ALMEIDA, M. E. B.; MORAN, J. M. – *Integração das Tecnologias na Educação: Salto para o Futuro*. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação a Distância, 2005. ISBN 978-1624497629 p. 12-17.
- SILVA, A. F. – *RoboEduc: Uma metodologia de aprendizado com robótica educacional*. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte/Centro de Tecnologia/Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia Elétrica, 2009. 133 f. Tese de doutoramento.
- VYGOTSKY, L. S. – *A formação social da mente: a formação dos processos psicológicos superiores*. 7.^a ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007. ISBN 9788533622647.