

---

**Programa de Pós-Graduação em Educação  
Universidade do Estado do Pará  
Belém-Pará- Brasil**



---

Edição Especial N.5. Jan./Abr./ 2019 p. 197-213

ISSN: 2237-0315

**Dossiê: Linguagens e produções de sentidos como saberes culturais e práticas educativas**

---

**A robótica sustentável na educação: sucata e materiais elétricos como suporte  
para a formação do docente atual**

*The sustainable robotics in education: scrap and electrical materials as support for  
the current teacher training*

Luciano Frontino de Medeiros

Luana Priscila Wunsch

**Centro Universitário Internacional - UNINTER**

João Batista Bottentuit Junior

**Universidade Federal do Maranhão – UFMA**

São Luis-Maranhão- Brasil

**Resumo**

A robótica sustentável diferencia-se da robótica tradicional pela sua ideia central, que corresponde à bricolagem de materiais de sucata, recicláveis ou reutilizáveis, visando ao seu uso pedagógico em um aspecto mais acessível. Considera plataformas abertas e a diminuição de custos, ampliando o acesso às tecnologias necessárias na iniciação à robótica por parte dos professores. O artigo apresentado tem por objetivo principal apresentar a concepção de um curso de formação pelo qual foi possível disseminar o conhecimento da construção de protótipos de robôs, num processo de complexidade crescente, considerando elementos simples como inserção de motores movidos à pilha até plataformas robustas, tais como a Arduino. Explora-se, assim, uma série de elementos comuns e a apresentação de uma experiência em uma escola estadual de ensino fundamental e médio de Curitiba, Paraná, Brasil.

**Palavras-chave:** Robótica Sustentável; formação de professores; educação tecnológica.

**Abstract**

Sustainable robotics differs from traditional robotics with the central idea of the bricolage of scrap materials, recyclable or reusable, aiming at its pedagogical use in a more accessible aspect, considering open platforms and reducing costs, increasing access to the necessary technologies in the initiation to robotics by the teachers. The main objective of this article is to present the design of a training course through which it was possible to disseminate the knowledge of the construction of robot prototypes in a process of increasing complexity, considering simple elements such as insertion of motors moved to the stack to robust platforms such as Arduino. Thus, a series of common elements and the presentation of an experience in a state school of basic education in Curitiba-Paraná-Brazil are explored.

**Keywords:** Sustainable robotics; teacher training; technological education.

## **Introdução**

Nesta segunda década do milênio, o mundo experimenta uma disseminação sem igual das novas tecnologias por todos os meandros da sociedade. Constata-se que a Inteligência Artificial e seus produtos estão transformando as vivências do ser humano, em especial pelo uso de sistemas e ferramentas com maior inteligência embutida, permitindo tanto a eficiência na busca de informações, através de contextos massivos de dados na Internet, quanto um efeito disruptivo em determinados contextos, como a disseminação dos drones em diversos campos de atuação, e o uso de robôs em áreas nunca imaginadas, como a medicina cirúrgica.

Este artigo busca retratar a confluência das áreas da robótica e da sustentabilidade, propondo um meio alternativo para o aprendizado a partir do pensamento concreto, conforme a ótica construcionista, em uma linha mais aprofundada e com mais flexibilidade daquela tratada pela robótica educacional, que utiliza plataformas bem estabelecidas e tradicionais. Tal abordagem, na fronteira com a sustentabilidade por meio do uso de materiais recicláveis e reutilizáveis, reafirma a postura de conscientização ecológica e responsabilidade social, ao mesmo tempo em que trata conceitos mais avançados da área de tecnologia. O tratamento teórico da “simbiose” entre os dois conceitos permite a conversação entre o construcionismo de Papert e a bricolagem de Lévi-Strauss e Certeau, tendo como substrato a complementariedade nos processos de pensamento concreto e abstrato da epistemologia de Piaget.

Assim, no decorrer deste artigo são apresentados os conceitos de robótica como área de pesquisa e da robótica sustentável aplicada à Educação, cuja justificativa é a sua utilização como promotora de processos de ensino e aprendizagem aliados à fascinação que a área de robótica demonstra junto aos alunos dos mais variados níveis de escolaridade. A necessidade de capacitação de professores nessa área é também referenciada, pois deve ser considerado não apenas os aspectos relacionados à construção ou montagem, mas também a aplicabilidade frente às propostas pedagógicas dos currículos. Um estudo de caso é relatado no contexto do Ensino Médio, mostrando o envolvimento de professores e alunos em projetos de montagens com complexidade crescente, com apontamentos adicionais nas considerações finais.

### Breve Fundamentação sobre a Robótica

A raiz do termo “robô” advém da peça de teatro escrita por Karel Capek (1890-1938), denominada R.U.R (Rossum’s Universal Robots). No enredo está um cientista que inventa uma substância química para a fabricação de humanoides obedientes (AZEVEDO; AGLAÉ; PITTA, 2010). Apesar da proximidade histórica, é interessante ressaltar que, já na Grécia Antiga, o conceito de robôs estava relacionado à palavra “autômato” (*automatos*), cujo significado se refere à expressão “agindo pela vontade própria”. Na mitologia grega, Hefestos, o deus grego da metalurgia e construtor de máquinas vivas de três patas, foi obrigado por Zeus, seu irmão, a criar um guerreiro invencível. Assim, Hefestos, auxiliado pelos ciclopes, construiu Talos, um autômato de bronze que percorria três vezes por dia a costa de Creta, protegendo-a dos invasores. Na peça *Medéia*, de Eurípedes, Talos é destruído por Jasão, com a ajuda da feiticeira Medéia (ESCRIG, 2014).

Conforme Russel e Norvig (2004, p. 870), “os robôs podem ser considerados agentes físicos que executam tarefas e manipulam o mundo físico”. Para isso, eles utilizam sensores, que permitem perceber o ambiente ao redor, e efetadores (ou atuadores), que exercem forças físicas sobre tal ambiente. Essas forças são executadas por garras, rodas, articulações, pernas, dentre outros tipos. De maneira geral, os robôs podem ser enquadrados em três categorias (RUSSELL; NORVIG, 2004):

- **Robôs manipuladores:** são robôs que estão fisicamente ancorados, tais como os braços robóticos, que possuem um efetador que atua sobre o ambiente. É o tipo mais comum de robô;
- **Robôs móveis:** podem se deslocar no ambiente pela utilização de rodas, pernas ou mecanismos semelhantes. Enquadram-se nessa classificação os drones, por meio da movimentação com hélices;
- **Robôs híbridos:** considerados como um tipo híbrido dos dois tipos anteriores, sendo um robô móvel com atuadores. Incluem-se aqui os robôs humanoides, cuja estrutura física imita o torso humano.

A construção de robôs exige três elementos chaves: i) um planejamento acurado com relação ao ambiente físico onde ele irá operar; ii) a definição das tarefas que ele precisará executar; e iii) a forma com a qual o robô será programado para atuar. De

modo geral, robôs precisam atuar em ambientes que têm as seguintes características (RUSSELL; NORVIG, 2004, p. 871):

- **Parcialmente observáveis:** o ambiente apresenta a existência de ruídos e imprecisão no sensoriamento.
- **Estocásticos:** quando não é possível o determinismo na evolução dos estados do robô dentro do ambiente.
- **Dinâmicos:** o ambiente pode se alterar durante a execução dos estados do robô.
- **Contínuos:** o sensoriamento do ambiente é feito de forma contínua, sem mudanças de estados do robô de forma brusca.

A montagem dos robôs envolve uma série de componentes que são agregados de acordo com as funcionalidades desejadas. Esses componentes podem ser (AZEVEDO; AGLAÉ; PITTA, 2010, p. 7–8):

- **Controlador:** núcleo do robô, dotado de um microprocessador, memória e pinos de controle para conexão com dispositivos externos.
- **Sensores:** responsáveis pela detecção de sinais, podendo ser de toque, rotação, som, ultrassom, luz, cor, câmeras.
- **Atuadores:** motores de diversos, válvulas hidráulicas ou pneumáticas, relés.
- **Manipuladores:** braços ou garras.
- **Engrenagens:** elementos compostos de rodas dentadas para transmissão de movimento.
- **Eixo:** para o movimento das rodas.
- **Fonte de energia:** suporte com pilhas ou baterias para alimentação do controlador.
- **Fiação:** para a conexão dos diversos sensores ou atuadores ao controlador.
- **Estrutura:** chassi do robô, formado por peças variando conforme o tipo, formato e composição, bem como parafusos, rodas e placas.

A robótica na educação tem o seu início na década de 1980, com o advento da informática no contexto escolar. Seu principal objetivo é o ensino de programação a partir das pesquisas de Seymour Papert (1928-2016), com linguagem de programação LOGO. Inicialmente, o cursor da linguagem LOGO, a “tartaruga”, era utilizado para elaborar desenhos a partir de comandos de programação. Era um dispositivo físico que desenhava no solo as figuras geométricas. Apenas com o surgimento dos computadores pessoais é que a tartaruga deu lugar a um cursor virtual, dentro de um ambiente de programação.

Em meados da década de 1980, Papert mudou o foco, desistindo de tentar fazer as crianças aceitarem um mundo cibernético das tartarugas. Com efeito, Papert buscou meios de fazer com que a programação entrasse na vida delas, a partir da parceria da

linguagem LOGO com o Lego Group, fabricante dos brinquedos LEGO® (AZEVEDO et al., 2010, p. 26).

### **A Robótica Sustentável na Educação**

É interessante constatar que o próprio conceito de “robótica educacional”, de acordo com o Dicionário Interativo da Educação Brasileira (MENEZES; SANTOS, 2015), assinala algum significado de sustentabilidade.

Termo utilizado para caracterizar ambientes de aprendizagem que reúnem materiais de sucata ou kits de montagem compostos por peças diversas, motores e sensores controláveis por computador e softwares que permitam programar de alguma forma o funcionamento dos modelos montados.

Assim, sua própria definição deixa aberta a possibilidade do uso de materiais de sucata sem, no entanto, aprofundar-se em detalhes ou diferenciar tais materiais. Essa definição ainda se aplica ao termo composto “robótica pedagógica”, conforme os autores. Ressalta-se também o uso do termo composto “materiais alternativos” em experiências de robótica relatadas em Nascimento e Gonçalves (2014); no trabalho sobre as relações com o ludismo em Santos (2010); no ensino de programação em Almeida e Netto (2015); na exploração de conceitos matemáticos com a linguagem LOGO em Furletti (2010); no uso de Arduino relatado em Alves et al. (2012); e no conceito de “robótica livre” mencionado em Azevedo, Aglaé e Pitta (2010).

O trabalho envolvendo a robótica e a sustentabilidade merece a caracterização (e mesmo a diferenciação da própria robótica educacional ou pedagógica) a partir de uma série de elementos que possuem ramificações em estudos antropológicos. Tais estudos tratam sobre a forma como o ser humano desenvolveu o pensamento concreto ao longo do tempo, sendo significativas as contribuições dos antropólogos Claude Lévi-Strauss e Michel de Certeau, as quais possuem ramificações significativas com a abordagem construcionista de Papert.

Levi-Strauss (1908-2009) na sua obra “O Pensamento Selvagem” mencionava o modo como as sociedades primitivas desenvolviam uma ciência do “concreto”, ao invés de uma ciência analítica, classificação mais adequada à denominação de “primeira” do que de “primitiva” (LÉVI-STRAUSS, 2012, p. 33). Reforça-se, com isso, o conceito de “bricolage”, assinalando o papel do “bricoleur” como aquele que executa um trabalho com suas mãos, usando expedientes que denunciam a ausência de um planejamento prévio e que se afastam dos processos e normativas adotados pela técnica. O *bricoleur*

está em contraposição ao engenheiro, não subordinando as diversas tarefas à obtenção de matérias-primas e utensílios concebidos e demandados na medida do projeto. Seu universo instrumental é fechado e a regra do jogo é sempre lidar com um conjunto finito e heterogêneo de materiais em direção a um resultado contingente, o qual combina resíduos de construções e destruições prévias.

O conjunto de meios do bricoleur não é, portanto, definível por um projeto [...]; ele se define apenas por sua instrumentalidade e, para empregar a própria linguagem do bricoleur, porque os elementos são recolhidos ou conservados em função do princípio de que ‘isto sempre pode servir’. [...] Cada elemento representa um conjunto de relações ao mesmo tempo concretas e virtuais; são operações, porém, utilizáveis em função de quaisquer operações dentro de um tipo (LÉVI-STRAUSS, 2012, p. 33-34).

Michel de Certeau (1925-1986), em “A Invenção do Cotidiano”, destaca a manipulação de produtos manufaturados por praticantes que não a fabricam. O homem comum foge à conformação por conta da razão técnica em torno dos usos condicionados pelos fabricantes, inventando artes de fazer, compondo bricolagens, manifestando técnicas de resistência por meio de astúcias sutis. Dessa forma, reapropria-se dos objetos à sua maneira. Assim, junto da intencionalidade original embutida nos produtos, existe uma produção secundária “escondida” nos processos de sua utilização (CERTEAU, 1994).

Papert acreditava que o tipo básico de pensamento humano é o intuitivo, considerando o pensamento lógico-formal um construto artificial útil, mas em segundo plano. Em relação à teoria dos estágios do desenvolvimento infantil de Piaget, o comprometimento de se passar tão rápido quanto possível do concreto para o abstrato acaba por resultar em uma dedicação mínima de tempo para o que ele assume como sendo o trabalho mais importante. O foco no pensamento concreto não deveria ser apenas um “trampolim” para o abstrato, o que posicionaria o pensamento abstrato como a forma mais elevada da tarefa de conhecer (PAPERT, 2008).

Assim, na visão de Papert, a supervalorização do abstrato bloqueia o progresso educacional e vicia a discussão das questões educacionais. Seria necessária a adoção de uma metodologia que possibilitasse a aproximação dos processos de ensino e aprendizagem às situações concretas. No entanto, isso não deveria ficar restrito apenas às idades mais tenras.

Minha estratégia é fortalecer e perpetuar o processo concreto típico até mesmo na minha idade. Em vez de pressionar as crianças a pensarem como adultos, faríamos melhor nos lembrando de que elas são grandes aprendizes e tentando seriamente nos tornar parecidos com elas (PAPERT, 2008, p. 148).

Portanto, enquanto a epistemologia tradicional baseia-se na proposição lógica intimamente ligada ao texto escrito e impresso, a bricolagem e o pensamento concreto sempre existiram, porém, sendo marginalizados por causa dos contextos de erudição promovidos pelo texto impresso. A partir dessa exposição e na convergência dos temas apresentados, apresenta-se um conceito de robótica sustentável como sendo a bricolagem de materiais de baixo custo e sucata, em combinação com módulos de automação e controle, visando à produção de autômatos e robôs para uso pedagógico, tendo como pano de fundo a valorização do pensamento concreto na aprendizagem.

Sob a lente do Construcionismo, a robótica com materiais recicláveis ou reutilizáveis pode aprofundar as possibilidades no lidar com o pensamento concreto, além do oferecido pelas plataformas robóticas com robôs pré-fabricados e bem orientados ao uso. Isso é possível devido a um nível de bricolagem mais profundo, que permite maior expressão da criatividade e descoberta de conhecimento por professores e alunos.

Em função das características apresentadas, pode-se perceber que a abordagem da robótica sustentável perpassa por três dimensões:

- **Dimensão tecnológica:** relacionada aos recursos e técnicas necessários para a construção de robôs nos mais diversos níveis de complexidade;
- **Dimensão social:** relacionada à interação dos professores, alunos e comunidade, levando em conta o desenvolvimento das habilidades sociais na prática;
- **Dimensão ambiental:** relacionada ao uso de materiais recicláveis e reutilizáveis e sua adequação às montagens dos robôs.

Com efeito, o uso da robótica tem se intensificado como alternativa interdisciplinar no contexto da Educação. Nesse âmbito, pode-se elencar alguns fatores facilitadores relacionados às dimensões mencionadas anteriormente:

- **Modularização:** o nível de conhecimento para uso de kits de laboratório não requer estudo profundo de eletrônica ou automação. As plataformas oferecem hoje em dia kits na forma de módulos que encapsulam funções mais complexas, fazendo com que operem como “caixas-pretas”. Por exemplo, na plataforma

Arduino, há o conceito de *shield*: dispositivos com função específica que compartimentam a complexidade dos circuitos, “isolando-os da montagem de alto nível do kit” (MCROBERTS, 2011, p. 24). Portanto, é necessário somente o conhecimento operacional das entradas e saídas para conectá-los ao sistema de montagem pelo usuário final. Como exemplos de *shields*, têm-se os sensores de ultrassom, controladores para motores e conectividade por *bluetooth*. Tal condição reforça o aspecto sistêmico no desenvolvimento de soluções educacionais com a mesma;

- **Plataformas abertas (*open source*):** as plataformas dos kits se popularizam na medida em que são oferecidas sem reserva de propriedade intelectual por parte dos fabricantes, como acontece na plataforma italiana Arduino, por exemplo;
- **Diminuição do custo:** a grande proliferação de módulos e kits em diversos tipos por vários fabricantes permite que se construam protótipos e exercícios de laboratório com baixo custo;
- **Compartilhamento do conhecimento:** há uma enorme gama de materiais didáticos, páginas específicas, vídeos, experiências relatadas e exercícios de laboratório que são compartilhados na *web*. Isso permite que qualquer professor ou aluno tenha acesso a uma série de informações para assegurar o sucesso nas montagens dos exercícios de laboratório;
- **Uso de materiais reutilizáveis:** a obsolescência de equipamentos, tais como computadores *desktop*, permite que se reutilizem componentes que estão em bom estado de uso, como motores de drives de CD ou de disquetes e fontes de alimentação. Com pouco conhecimento, pode-se fazer o aproveitamento desses componentes e utilizá-los em montagens com kits robóticos de plataforma aberta.

Quanto aos recursos, classificam-se os diferentes tipos de materiais a serem utilizados em robótica sustentável em:

- **Módulos de controle e alimentação:** relacionado aos circuitos para controle dos robôs e de seus componentes (ex.: microprocessador, placas de controle de motores, suporte de pilhas e baterias);

- **Materiais recicláveis:** uso de materiais reprocessados para a produção de novos materiais (ex.: palitos de picolé, tampas de plástico);
- **Materiais reutilizáveis:** peças e componentes que são reaproveitados (ex.: motores de acionadores de disquete e CD/DVD);
- **Materiais para bricolagem em geral:** materiais utilizados em artesanato (ex.: cola, papel e EVA);
- **Materiais manufaturados por demanda:** peças e componentes que podem ser montados a partir de impressoras 3D (ex.: suportes, ornamentos, etc.).

É importante destacar a distinção entre os termos “reciclável” e “reutilizável”, fato que tem base no conceito de ciclo de vida presente na sustentabilidade (UNEP, 2007). Na representação do ciclo de vida, um material qualquer, após o seu uso no produto de origem, passa por um processo de “descarte”, o qual pode ser reciclado e passar por uma transformação, voltando novamente à fase de design e produção de novos produtos. Ademais, pode ser reutilizado sem ser transformado em sua essência para outros fins.

#### **A formação de professores para o uso da Robótica**

Com a melhoria do acesso aos recursos para montagens em robótica, é necessário capacitar os professores para que possam lidar habilmente com eles. Conforme os objetivos postos pela proposta interdisciplinar que envolve a robótica sustentável, podem-se buscar soluções embutindo diversos níveis de complexidade, indo desde as mais simples até as soluções que utilizam *kits* com microprocessadores.

Barreto (2004) afirma que a Educação como um todo, em especial o trabalho docente, estão sendo reconfigurados. A escola precisa romper com sua forma histórica atual e fazer frente a novos desafios. Nesse movimento de reconfiguração docente, as TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação) têm sido apontadas como elemento definidor dos atuais discursos do e sobre o ensino. O paradigma emergente se associa ao afastamento de objetivações supostamente marcadas pela simplicidade, e parte em direção à complexidade.

No âmbito da inclusão de quaisquer recursos na escola é preciso pensar como os mesmos serão trabalhados em prol da melhoria da qualidade da prática do professor, da aprendizagem do mesmo e, em especial, do seu aluno (PINTO; ELIA; SAMPAIO, 2012).

Assim, não é descabido afirmar sobre a necessidade de se pensar na promoção de ações que apoiem a competência docente, a qual pode estar associada a dois caminhos: por um lado, uma visão técnica e, por outro, aquela que encara processos individuais e coletivos, tendo correspondência para colocar em prática eficazmente as respostas apropriadas ao contexto na realização de um projeto na educação.

As competências docentes, como objetos de aprendizagem, assumem-se enquanto idealizadores de “conhecimentos ou saberes” (VALLEJO, 2008). Pensar nas competências necessárias para o professor significa, portanto, convidar a encarar “um meio de articulação para diferentes graus de formalização de ação educativa e valoriza a articulação entre modalidades de auto, eco e heteroformação” (CANÁRIO, 2000, p. 155), remetendo para uma concepção larga do currículo, a qual se encaixa com o raciocínio lógico que a robótica possibilita.

A partir desse cenário, os elementos definidores da competência docente podem ser entendidos e adaptados, no âmbito do trabalho com os *kits* de robótica, à reestruturação dos aspectos cognitivos, procedimentais e de relações interpessoais (JAMES BENNETT-LEVY, 2006), alicerçando conhecimentos, destrezas cognitivas, destrezas práticas, atitudes e emoções (MACDONALD; HURSH, 2006). Esses aspectos vêm ao encontro do conceito de competências, que tem sido aplicado em alguns contextos educacionais. Tal conceito é visto como qualificação aplicada para a resolução de problemas na prática, dizendo que os professores e, por consequência, os alunos, “são competentes quando eles são capazes de realizar algo e pelo desempenho que significa a realização de uma tarefa” (NYGAARD; HØJLT; HERMANSEN, 2008, p. 37).

Zilli (2004, p. 40) também afirma que uma série de competências pode ser desenvolvida ou aprimorada por parte do aprendiz na utilização da Robótica Educacional: raciocínio lógico, habilidades manuais ou estéticas, investigação e compreensão, resolução de problemas por tentativa e erro, uso da criatividade em diferentes situações e desenvolvimento da capacidade crítica. Isso demonstra o potencial da Robótica Educacional como um recurso pedagógico efetivo para que o professor incorpore à sua prática em sala de aula. Portanto, o desafio da formação de professores requer um procedimento que leve em consideração a redução da

complexidade do campo, aliado à exploração de soluções em potencial que resolvam os problemas relacionados à área de conhecimento e especialização do docente.

Nessa linha de pensamento, todo trabalho de robótica em uma escola exige a existência de um plano de formação para quem mediará esses desempenhos. Para isso, é possível explicitar duas grandes chaves (RUIZ; PARÉS, 2005): (a) **atuar autonomamente** – habilidade para defender um argumento; e (b) **usar ferramentas interativamente** – habilidade para usar o conhecimento, a informação, a tecnologia, a linguagem e os símbolos.

Nas capacitações de professores, a abordagem da robótica sustentável deve ser complementada com a aplicabilidade dos robôs construídos nas propostas curriculares das escolas. Dessa forma, o uso de robôs pode ajudar a ilustrar problemas que exigem raciocínio lógico, matemático ou geométrico. A experiência do PPGENT-GPRE tem demonstrado que tanto os cursos de capacitação voltados para montagens simples, como carros feitos de materiais de brinquedotecas, movidos a motores reaproveitados, quanto exercícios com kits de Arduino, têm sido bem aceitos e aproveitados por professores do Ensino Fundamental e Médio, e por estudantes de Pedagogia (Quadro 1).

**Quadro 1 – Exemplos de aplicação da robótica sustentável em diferentes unidades curriculares**

Unidade Curricular	Exemplos de Aplicações
Matemática	Aplicação da fórmula da velocidade Cálculo de proporção Raciocínio lógico
Geometria	Desenho de formas geométricas planas Noções de ângulo Formas dos componentes do robô
Física	Movimento uniforme e acelerado Velocidade e momento, linear e angular Atrito
Ciências	Conceitos de massa, peso, velocidade, distância, tempo, aceleração
Artes	Conformação dos materiais na montagem Bricolagem Desenvolvimento de habilidades de montagem Construção de autômatos
Programação	Estruturas de programação Leitura de sensores Acionamento de efetadores

Fonte: os autores (2018).

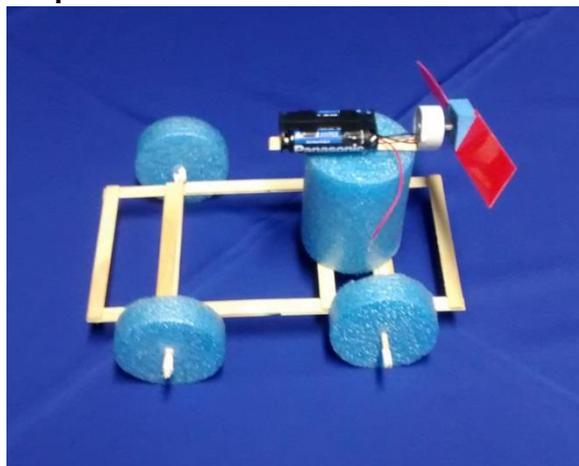
Apresenta-se, a seguir, um relato de uma prática pedagógica envolvendo robótica sustentável em uma Escola Estadual de Ensino Médio da cidade de Curitiba, descrita apropriadamente como a fase **inicial** (ZANELLA; HIGASHI, 2014). O projeto é desenvolvido há 6 (seis) anos e acontece em duas horas de um dia da semana, no contra turno do expediente. Utiliza um laboratório de ciências e é ofertado aos alunos voluntários das séries finais do Ensino Fundamental e do Ensino Médio da mesma escola. Um professor de Física é o coordenador do projeto, o qual vem atendendo uma média de 20 alunos anualmente.

Durante a prática, os alunos se reúnem em grupos de 2 (dois) ou 3 (três) integrantes e desenvolvem diferentes tipos de protótipos, utilizando materiais que são doados pelos próprios alunos, pela comunidade do bairro ou retirados de dispositivos eletrônicos que são doados para a escola. A escola ainda repassa uma verba de custeio ao projeto para a compra de materiais de baixo custo quando necessário.

O laboratório conta com um profissional auxiliar, responsável pela guarda dos materiais e pela descoberta de novas utilizações dos materiais recicláveis ou reutilizáveis.

Os protótipos iniciais foram desenvolvidos pelo professor coordenador e passam por atualizações a cada nova montagem efetuada pelos alunos. O projeto é colocado de forma livre e os alunos realizam as atividades com dedicação, desenvolvendo a criatividade em novas formas de montar, bem como a partir de diferentes materiais.

**Figura 1 – Exemplo de carro robô montado com materiais recicláveis<sup>ii</sup>**



Fonte: os autores (2018)

O professor coordenador viu na robótica uma maneira de prender a atenção dos alunos e ensinar vários conceitos de Física. Cada protótipo proposto para a montagem

tem um conceito principal e vários conceitos secundários. Um dos protótipos mais utilizados é um carrinho controlado por motores reutilizados e ligados a uma alimentação por pilhas. Auxilia na explicação de forma concreta dos conceitos de ação e reação da Dinâmica, além de vários conceitos correlatos, como ponto de equilíbrio, atrito, movimento em diferentes dimensões, dentro outros (Figura 1). Entretanto, tal protótipo montado pelos alunos consegue somente movimentos simples, sem autonomia, com velocidade constante e operando de forma limitada.

A partir desse ponto, a proposta do PPGENT-GPRE, por meio de trabalho sistemático de capacitação, levado à frente por um mestrando participante do grupo, foi o melhoramento gradativo dos protótipos através da agregação de módulos de *hardware* de controle Arduino, sensores e atuadores. O protótipo poderia se movimentar de forma autônoma, podendo se movimentar com a possibilidade de desvio de obstáculos e ter controle variável de velocidade.

Assim, nesta fase denominada de **upgrade**, foi idealizado um material didático para a capacitação do grupo professor-alunos, utilizado durante os encontros dos conceitos básicos de operação do módulo controlador. Nesses encontros foi priorizado o aprendizado de lógica de programação do controlador, sobretudo por meio de montagem com *kits* de protótipos, fazendo com que os alunos identificassem como os diferentes sensores operam (como os de luminosidade, de temperatura ou ultrassom), como os motores podem ser controlados com variação na velocidade e no sentido do movimento.

Nota-se que o aprendizado da lógica de programação é fundamental para que os alunos entendam como o carro robô precisa operar e fazer movimentos mais complexos e inteligentes. Entretanto, os alunos ficaram livres para participar dessa capacitação na segunda fase, o que evidenciou a dificuldade de montagens posteriores para aqueles que não participaram dos encontros de lógica.

Na adaptação dos controladores aos carros robôs, construídos pelos alunos, estão sendo utilizados alguns elementos que são construídos a partir de impressora 3D, entre eles o suporte para fixar por meio de parafusos e proteger os controladores (Figura 2). Também, pensando na escassez de certos materiais reutilizáveis, como os motores<sup>iii</sup> que são aproveitados de *drives* de computador, estão sendo construídas nas

impressoras 3D caixas de redução para serem adaptadas com motores, adquiridos a baixo custo.

É interessante ressaltar a participação contínua dos alunos nesse projeto. Mesmo os ex-alunos que já estão no Ensino Superior retornam para participar dos encontros de robótica, mostrando o nível de comprometimento e alcance do projeto. O professor coordenador consegue identificar uma melhora significativa do aproveitamento dos alunos em sala de aula e na sua disciplina. Entretanto, constata-se a necessidade de se verificar como tal aproveitamento está se processando em outras unidades curriculares.

### **Considerações Finais**

Este artigo buscou aprofundar as bases teóricas e demonstrar o potencial de utilização da robótica sustentável na prática pedagógica com a descrição de um relato de experiência em uma escola estadual do ensino fundamental e médio. Um dos objetivos foi ressaltar a diferença entre a robótica sustentável e a robótica educacional, pois, apesar das propostas construcionistas que permeiam as duas formas, a maneira com a qual o pensamento concreto é trabalhado na robótica sustentável dispõe de mais recursos, flexibilidade, aplicação da criatividade e baixo custo, ao contrário do que acontece na robótica educacional ou pedagógica, com plataformas bem estabelecidas e tradicionais.

A modularização proporcionada pela plataforma aberta Arduino também é um diferencial significativo para a construção e adaptação de robôs com maior nível de inteligência.

A utilização de materiais reciclados não desvirtua a motivação inicial da construção e aplicabilidade dos projetos de robótica educacional. Tais projetos podem não apresentar ao final desempenho esperado devido à variabilidade dos materiais tecnológicos, desmotivando, muitas vezes, seus usuários para a continuidade. Contudo, o uso de materiais recicláveis, aliado à criatividade e à disponibilidade de uma plataforma aberta e com muitos recursos a baixo custo, pode mudar a configuração do problema. Ao invés de se apresentar como limitação, a substituição dos materiais nas montagens termina por se converter num desafio, o que, para a aprendizagem, pode ser mais efetivo em função do comprometimento que se pode alcançar dos aprendizes envolvidos nesse processo.

Apesar de ser enfatizada aqui apenas a montagem de modelos robóticos móveis, outras propostas podem ser desenvolvidas, entre elas braços robóticos e montagens para experimentação de sensores. Uma experimentação com sensores de ultrassom está sendo elaborada pelos alunos a partir da sugestão do professor que propõe a medição de altura de objetos. O estudo do comportamento desses sensores será aplicado posteriormente em robôs que trabalharão com algoritmos para evitar obstáculos. Robôs que se movimentam por vibração, montados sobre escovas, também estão sendo experimentados pelos alunos.

### Referências

ALMEIDA, T.; NETTO, J. F. M. Robótica Pedagógica Aplicada ao Ensino de Programação: Uma Revisão Sistemática da Literatura. **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE**, n. Sbie, p. 518–529, 2015.

ALVES, R. M. et al. Uso do Hardware Livre Arduino em Ambientes de Ensino-aprendizagem. **Jornada de Atualização em Informática na Educação - JAIE 2012**, p. 162–187, 2012.

AZEVEDO, S.; AGLAÉ, A.; PITTA, R. Minicurso : Introdução a Robótica Educacional. 62a. Reunião Anual da SBPC - 25 a 30 de julho de 2010. **Anais...**Natal-RN: SBPC, 2010Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/livro/62ra/minicursos/MC Samuel Azevedo.pdf>>

BARRETO, R. G. Tecnologia e educação: trabalho e formação docente. **Revista Educação e Sociedade**, v. 25, n. 89, p. 1181–1201, 2004.

CANÁRIO, R. **Educação de Adultos – um campo e uma problemática**. Lisboa: Educa, 2000.

CERTEAU, M. DE. **A Invenção do Cotidiano 1: Artes de fazer**. Petrópolis: Vozes, 1994.

ESCRIG, A. **El Reloj Milagroso y otras histórias científicas sobre Robótica, Automática y Máquinas Prodigiosas**. Córdoba-Espanha: Guadalmazán, 2014.

FURLETTI, S. **Exploração de Tópicos de Matemática em Modelos Robóticos com Utilização do Software SLOGO no Ensino Médio**. [s.l: s.n.].

JAMES BENNETT-LEVY. Therapist Skills: A Cognitive Model of their Acquisition and Refinement. **Behavioural and Cognitive Psychotherapy**, v. 34, n. 1, p. 57–78, 2006.

LÉVI-STRAUSS, C. **O Pensamento Selvagem**. 12a. ed. Campinas-SP: Papirus, 2012.

MACDONALD, G.; HURSH, D. **Twenty-first century schools. Knowledge, networks and new economies**. Rotterdam: Sense Publishers, 2006.

MCRBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2011.

MENEZES, E. T. DE; SANTOS, T. H. DOS. **Verbete robótica educacional**. Disponível em: <<http://www.educabrasil.com.br/robotica-educacional/>>. Acesso em: 17 out. 2018.

NASCIMENTO, M. C. DO; FONSECA, C. A. G.; GONÇALVES, L. M. G. **Experiência de Robótica com Materiais Alternativos na Escola Estadual Professor Luís Soares**. Anais do 5o Workshop de Robótica Educacional - WRE 2014. **Anais**. São Carlos-SP: 2014. Disponível em: <<http://vialab.science.uoit.ca/wp-content/papercite-data/pdf/shi2014.pdf>>

NYGAARD, C.; HØJLT, T.; HERMANSEN, M. Learning-based curriculum development. **Higher Education**, v. 55, n. 1, p. 33–50, 3 jan. 2008.

PAPERT, S. **A Máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

PINTO, M.; ELIA, M.; SAMPAIO, F. Formação de Professores em Robótica Educacional com Hardware Livre Arduino no Contexto Um Computador por Aluno. **Anais do Workshop de Informática na Escola**, v. 1, n. 1, 2012.

RUIZ, M.; PARÉS, N. La investigación basada en el diseño del crédito europeo. In: CARRASCO, M. (Ed.). **Investigar en diseño curricular: redes de docência en el Espacio Europeo de Educación Superior**. Alicante: Marfil, 2005.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial - Tradução da 2a edição**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2004.

UNEP. **Life Cycle Management: A Business Guide to Sustainability**. Paris: [s.n.].

VALLEJO, J. **Teorías pedagógicas y su relación con la praxis educativa y las sociedades escolarizadas**. [s.l.] UNNE, 2008.

ZANELLA, P. H.; HIGASHI, E. M. **Aprendendo Física Montando um Carrinho Seguidor de Trilha**. Foz do Iguaçu: 2014

ZILLI, S. R. **A robótica educacional no ensino fundamental: perspectivas e práticas**. 2004. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

### **Sobre os autores**

#### **Luciano Frontino de Medeiros**

Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento pela Universidade Federal de Santa Catarina (2010), Mestre em Informática pela Universidade Federal do Paraná (2001). Atualmente é professor permanente do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Mestrado Profissional: Educação e Novas Tecnologias (PPGENT) da UNINTER e líder do Grupo de Pesquisa de Simuladores Computacionais e Robótica Educacional. Email: [luciano.me@uninter.com](mailto:luciano.me@uninter.com) Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-5947-9322>

### **Luana Priscila Wunsch**

Doutora em Educação (Universidade de Lisboa, validação brasileira pela Universidade Federal de Pelotas-RS, 2013), sob financiamento da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (Portugal); Mestre em Educação (Universidade de Lisboa, validação brasileira pela Universidade Federal de Santa Maria-RS, 2009). Atualmente é professora permanente do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Mestrado Profissional: Educação e Novas Tecnologias (PPGENT) da UNINTER e coordena o projeto de pesquisa “Formação do docente no contexto da sua prática: integração significativa das tecnologias”. Email: lpriscila@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9105-9520>

### **João Batista Bottentuit Junior**

Doutor em Ciências da Educação com área de especialização em Tecnologia Educativa pela Universidade do Minho (2011), Mestre em Educação Multimídia pela Universidade do Porto (2007). É Professor Permanente dos Programas de Pós-graduação em Cultura e Sociedade (Mestrado Acadêmico - Atual Coordenador Gestão 2018-2020) e Gestão de Ensino da Educação Básica (Mestrado Profissional). Email: joaobj@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4432-0271>

### **Notas**

---

<sup>i</sup> Original em francês. No restante deste artigo será referenciado como “bricolagem”.

<sup>ii</sup> palitos de picolé, tampas de potes de plástico, reutilizáveis (motores) e materiais de baixo custo (recortes de flutuadores, motor de corrente contínua, EVA, cola rápida e suporte com pilhas.

<sup>iii</sup> Os motores são reaproveitados com a caixa de redução na qual estão montados, o que melhora a transferência de força às rodas nos movimentos.

Recebido em: 14/11/2018

Aceito para publicação em: 10/12/2018