

## Inovação Didática no Ensino Superior através do Projeto ROBOT@ESCOLA - Escola de Robótica

Paulo J. S. Gonçalves<sup>†,‡</sup>, Pedro M. B. Torres<sup>†,‡</sup>, Rodolfo A. A. Farinha<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior de Tecnologia,

<sup>‡</sup> IDMEC/LAETA, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa,

### Resumo

A Robótica é uma área multidisciplinar que tem contribuído significativamente no processo educativo dos jovens nos últimos anos. O modelo pedagógico de aprender fazendo é uma alavanca fundamental para cativar e manter os alunos interessados nas áreas tecnológicas. O projeto ROBOT@ESCOLA - Escola de Robótica, foi desenvolvido com base em componentes básicos para a construção de robôs, plataformas *Arduino* para programação, bem como dispositivos móveis com sistemas operativos *Android*, tornando a experimentação de ciência e tecnologia acessível a todos. O projeto foi desenvolvido em parceria com várias instituições de ensino da região da Beira Interior. Desta cooperação resultou uma plataforma robótica (kit) direcionada para a vertente educativa. Este *kit* de robótica móvel, pode ser utilizado pelos alunos para aprender a lógica dos sistemas programados, interagir com sensores e atuadores, e perceber os fenómenos físicos associados aos diversos tipos de sensores. Além dos aspetos introdutórios, o projeto possibilita explorar vários temas científicos de nível avançado. No artigo é apresentada a prática pedagógica associada à plataforma robótica, que inclui a definição do público-alvo, a metodologia pedagógica, e a avaliação para o caso de estudo apresentado, a unidade curricular de Programação de Computadores. Conclui-se através da experiência adquirida com o projeto que o uso da robótica como recurso de ensino favorece o raciocínio lógico, criatividade e relacionamento interpessoal.

**Palavras-Chave:** educação, programação, robótica, robótica educativa.

### Abstract

Robotics is a multidisciplinary area that, in recent years, has significantly contributed to the education of young people. The pedagogical model of learning by doing is a key lever to engage and keep students interested in technological areas. The ROBOT@ESCOLA project - School of Robotics, was developed based on basic components for building robots, *Arduino* platforms for programming, along with *Android* mobile devices, making experimentation with science and technology accessible to everyone. The project was developed in partnership with various educational institutions in the Portuguese region of Beira Interior. This cooperation resulted in a robotic platform (kit) directed to the educational component. Students to learn the logic of programmed systems, interact with sensors and actuators, and understand the physical phenomena associated with the various types of sensors, can use the mobile robot kit. In addition to the introductory aspects, the project allows explore various scientific topics at advanced level. The paper presents the pedagogical practice on the robotic platform, which includes defining the target audience, the

pedagogical methodology and assessment in the case study presented: the course of Computer Programming. It was concluded through the experience with the project that the use of robotics as a teaching resource promotes logical thinking, creativity and interpersonal relationships.

**Keywords:** education, programming, robotics, educational robotics.

## 1. CONTEXTO

Nos últimos anos, a divulgação de ciência tem sido uma aposta clara do Laboratório de Robótica do IPCB, que desde 2005 e ininterruptamente acolhe a ocupação científica de jovens nas férias “Construir Robôs Inteligentes”. Tem desenvolvido inúmeras atividades de divulgação de ciência junto do público em geral, escolas básicas, do 2º e 3º ciclo, secundárias e profissionais. No seguimento destas atividades, em 2013 lançou-se o projeto ROBOT@ESCOLA, para fomentar a interação entre os ensinos superior e secundário, através da realização de atividades conjuntas entre os alunos do curso de Engenharia Industrial do IPCB e alunos das escolas secundárias da região. As atividades têm como denominador comum a Robótica, e a construção de robôs.

Vários kits robóticos existem no mercado, mas nenhum associa o desenvolvimento a soluções open-source, quer ao nível do software como ao nível do hardware. Mais ainda, não existem na literatura soluções sistematizadas para o ensino das unidades curriculares de base dos Cursos de Engenharia, que façam a ponte entre o ensino secundário e o ensino superior, e continuem a sua utilização neste último sistema de ensino. É neste vetor que assenta o carácter inovador do projeto, associado à utilização de plataformas robóticas de baixo custo que podem, e devem, ser utilizadas em diversas unidades curriculares.

Nos últimos anos têm surgido inúmeros projetos de robótica para fins lúdicos e educativos, que vão desde o jardim-de-infância ao ensino secundário, mas poucos chegam ao ensino superior. São exemplo disso, o projeto "A Casa da Mosca Fosca: integração de robótica educativa no jardim-de-infância" [8], onde foi utilizado o robô Valiant Roamer, nos Jardim de Infância, para trabalhar as várias áreas de conteúdo definidas pelo Ministério da Educação. Também têm surgido vários trabalhos de investigação, para fomentar o ensino da Matemática [1] aos alunos, estimular o ensino da programação [4, 6]. O recurso a robôs para ensinar diferentes conteúdos programáticos, tem sido uma prática comum nos últimos anos [2, 3, 7]. Exemplo disso é o projeto europeu “Teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods - TERECoP” (2006-2009), ([www.terecop.eu](http://www.terecop.eu)), onde participaram

8 instituições de ensino de 6 países membros, com o objetivo de desenvolver uma plataforma didática dedicada ao ensino secundário. Também no ensino superior é prática comum recorrer a plataformas robóticas no ensino, como o Pioneer 3-AT (<http://www.mobilerobots.com/>), ou o KUKA youBot (<http://www.kuka-labs.com/>), no entanto são plataformas de elevado custo, não acessíveis à maioria das Instituições de Ensino Superior (IES) em Portugal.

A plataforma robótica, e os conteúdos pedagógicos associados, apresentada no presente artigo, visa colmatar este problema, pois estamos perante uma ferramenta de baixo custo. Nas secções seguintes são descritas a prática pedagógica associada à plataforma robótica (que inclui a definição do público-alvo, a metodologia pedagógica, e a avaliação para o caso de estudo apresentado). Posteriormente, são apresentadas evidências e possibilidades futuras de transferibilidade do projeto. O artigo termina retirando conclusões sobre o trabalho apresentado.

## **2. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA PEDAGÓGICA**

Na presente secção, faz-se o enquadramento do projeto ROBOT@ESCOLA, com as práticas pedagógicas usadas na aprendizagem de conceitos transversais às áreas de Engenharia e Tecnologia, nomeadamente na área da programação de computadores.

### **2.1. OBJETIVOS E PÚBLICO-ALVO**

O projeto ROBOT@ESCOLA foi pensado inicialmente para estimular o interesse dos jovens pelas áreas tecnológicas, no entanto actualmente é um projecto mais abrangente, e útil para fazer a ponte entre o ensino secundário/profissional e o ensino superior. As plataformas robóticas desenvolvidas neste projecto podem ser usadas nas unidades curriculares de base dos cursos de Engenharia, a fim de auxiliar os alunos na aprendizagem dos conteúdos programáticos.

As metodologias de ensino, preparadas neste projeto estão vocacionadas para os alunos de 2º/3º ciclo, ensino profissional e alunos dos primeiros anos dos cursos de Engenharia e Tecnologia, no entanto permite servir de base a aplicações mais avançadas.

### **2.2. METODOLOGIA**

A primeira fase de todos os projetos com a plataforma robótica, iniciam-se com a montagem do kit robótico, apresentado na figura 1. Esta fase é comum a todos os graus de ensino e independente do grau de conhecimento dos alunos, sobre

engenharia e tecnologia, pois inclui tutoriais especialmente desenhados para o efeito. Estes encontram-se no site do projeto ([escoladerobotica.ipcb.pt](http://escoladerobotica.ipcb.pt)).

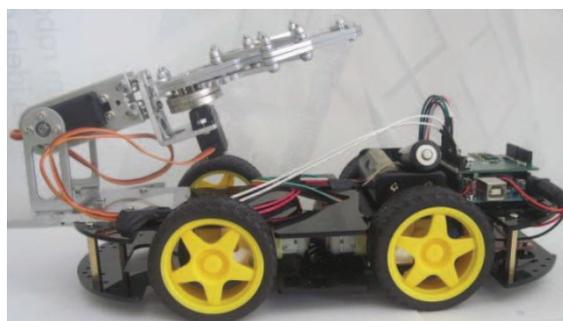


**Figura 3:** Componentes do kit robótico.

Nesta primeira fase os alunos aprendem conceitos base essenciais, e sempre presente nos robôs, como a Eletrónica e a Mecânica. O projeto, para além dos conceitos base existentes nos tutoriais, desenvolveu ainda módulos que permitem aos alunos aprofundar os seus conhecimentos, nas temáticas que foram utilizadas nesta primeira fase. Assim, destacam-se os módulos sobre física-eletricidade, física-mecânica, baterias, matemática.

Aqui são abordados conceitos como o da radiação infravermelha, ultrassons, derivadas, equações do movimento, entre outros.

Depois de montado o robô, por exemplo como apresentado na figura 2, ou noutra configuração como apresentado em ([escoladerobotica.ipcb.pt](http://escoladerobotica.ipcb.pt)), é uma plataforma importante, que permite uma aprendizagem de programação de microcontroladores, princípio de funcionamento de sensores, programação para dispositivos móveis, entre outras temáticas mais avançadas, tal como os algoritmos de navegação e localização de robôs.



**Figura 4:** Robô com garra.

A metodologia de ensino apresentada no presente artigo versa sobre os conceitos de programação, a lecionar no primeiro ano dos Cursos de engenharia. Foi abordada a

programação com auxílio de uma plataforma robótica, para que os alunos tivessem mais rapidamente a percepção do resultado que obtêm ao programar uma máquina, verificando se esta executa as instruções de forma adequada. Este é um processo novo, pois com a introdução da interação com o hardware torna o processo mais aliciante, embora à primeira vista mais complexo, e muitas vezes com resultados inesperados. Estimulando assim a aplicação dos conhecimentos em novas situações, para desta forma resolver problemas reais.

A unidade curricular de programação de computadores, é lecionada utilizando a linguagem C, para assim utilizar a linguagem de programação mais utilizada para a programação de hardware e também a utilizada para programar a plataforma Arduino, escolhida para o kit robótico, dado ser bastante versátil e de baixo preço. Assim, na primeira fase é sempre utilizado o tutorial especialmente desenhado para a ambientação ao Arduino, que inclui o seu princípio de funcionamento. Numa segunda fase são utilizados os tutoriais para o teste de sensores e atuadores que se encontram no kit robótico, para assim ser possível dar início à fase de programação propriamente dita.

Ao longo do semestre foram abordados nas aulas as várias temáticas, tais como as instruções de seleção, repetição, vetores, matrizes, bem como elaboração de funções. De seguida são apresentados exemplos para algumas destas instruções tipo, sendo de realçar que durante a leção, são apresentados os exercícios práticos como tarefas que o robô tem de realizar, implementando-se para tal, a instrução lecionada.

Um primeiro desafio é desviar de obstáculos, sendo utilizada a instrução de seleção `if`. Aqui é utilizada a informação vinda dos sensores de ultrassons, para tomar decisões sobre o comportamento do robô. Se o robô encontrar um objeto a uma distância pré-definida, então vira para um dos lados, sendo para tal dada informação aos atuadores, i.e., motores do robô. De seguida o extrato do código correspondente:

```
if ( ultrassom() < 30 ) {  
    vira_direita(60, 90);  
else  
    frente(160,'ind');  
}
```

em que se verifica se o objeto detetado pelo ultrassom está a menos de 30[cm]. Se for esse o caso vira à direita 90°, com uma velocidade de 60. Caso contrário,

movimenta-se em frente, por tempo indeterminado, com uma velocidade de 160, numa escala em que 255 é máximo.

Um outro desafio é realizar trajetórias pré-definidas repetidamente, sendo utilizada a instrução de repetição `for`. Aqui, o robô parte de uma posição inicial e realiza uma sequência finita de instrução de movimentação do robô em cada ciclo. De seguida o extrato do código correspondente:

```
for ( i=0; i<2; i++ ) {  
    for ( j=0; j<4; j++ ) {  
        frente(160,1);  
        vira_direita(60, 90);  
    }  
}
```

em que se verifica que o robô realiza uma trajetória em quadrado dentro do segundo ciclo `for` e depois repete o quadrado mais uma vez, no total de duas.

### 2.3. AVALIAÇÃO

Com a plataforma robótica do projeto `ROBOT@ESCOLA`, podem ser aplicadas práticas de avaliação formativa no decorrer das aulas, e avaliação sumativa por trabalhos práticos, a fim de avaliar de forma continuada, ao longo do semestre, a componente prática das Unidades Curriculares.

A metodologia de ensino baseada neste projeto, foi testada na Unidade Curricular (UC) de Programação de Computadores da Licenciatura de Engenharia Industrial, da Escola Superior de Tecnologia, do IPCB. Tratando-se de uma UC de iniciação à Programação, os alunos utilizaram a plataforma robótica para aprender os conceitos de programas e algoritmos na linguagem de programação C. Nesta UC foram testados pelos alunos os tutoriais e/ou instruções de trabalho para aprender a trabalhar com variáveis, instruções, funções e livrarias. Os algoritmos desenvolvidos foram implementados no ambiente de programação, IDE, do Arduino, para permitir o teste na plataforma robótica.

Esta metodologia trouxe vantagens para os alunos, no sentido em que facilitou a compreensão de conteúdos, através da análise direta das ações do robô, resultante dos algoritmos implementados. O facto de existir uma máquina que se move em função das instruções programadas, revelou-se um factor estimulante durante as aulas. A melhor aprendizagem verificou-se, em termos quantitativos, através da

análise estatística das notas dos testes escritos, realizados em papel. Nestes testes, os alunos foram deparados com questões de programação, não diretamente relacionadas com a programação de robôs. A resposta dos alunos de 2014/2015, foi bastante positiva, pois deparados com novos problemas obtiveram desempenho satisfatório e em termos médios melhoraram as classificações dos seus colegas de 2013/2014, de 10,8 valores para 11,5 valores. De notar que os testes dos alunos de 2014/2015, não incidiram sobre a matéria prática das aulas, programação para robôs, mas sim sobre problemas clássicos de uma unidade curricular de 1º ano, programação de computadores. Esta última abordagem foi a utilizada em 2013/2014.

<b>Ano letivo</b>	<b>Nº Total de Alunos Avaliados na UC</b>	<b>% de sucesso</b>
2013-2014	25	48
2014-2015	24	62,5

**Tabela 1:** Aproveitamento escolar à UC de Programação de Computadores.

Da tabela 1, verifica-se claramente uma melhoria na taxa de aprovação global, de 48% em 2013/2014, para 62,5% em 2014/2015. O uso da plataforma do ROBOT@ESCOLA, revelou-se fundamental para obter uma melhor aprendizagem de conteúdos, pois com ela identificaram-se alunos mais motivados, interessados e com vontade de aprender mais sobre Programação de Computadores.

De uma forma prática os alunos conseguiram perceber a aplicabilidade dos conceitos num cenário real, durante as aulas, contribuindo assim para o aumento das taxas de aproveitamento, verificada na tabela 1, bem como o aumento do nível médio das classificações desse aproveitamento global, num valor (na escala de 0 a 20).

A motivação dos alunos foi grande, tendo alguns realizado trabalhos adicionais de desenvolvimento de aplicações móveis para ANDROID. No ano letivo de 2014/2015, cinco alunos manifestaram esse interesse, desenvolvendo aplicações, nomeadamente para o telecomando dos robôs. A plataforma utilizada foi o AppInventor do MIT (<http://appinventor.mit.edu/>). Esta plataforma de programação, foi desenhada para desenvolvimento de aplicações móveis, que possam correr em dispositivos Android. É fácil de utilizar, mesmo por alguém que não tenha largos conhecimentos de programação, uma vez que toda a aplicação é desenvolvida num ambiente gráfico, por programação baseada em blocos.

Na página web do ROBOT@ESCOLA, estão disponíveis tutoriais de programação para ANDROID com base nesta plataforma, e foi com base na informação aí disponibilizada que os alunos adquiriram os conhecimentos necessários para desenvolverem as suas próprias aplicações. Também estão disponíveis tutoriais que descrevem o

desenvolvimento de aplicações para telecomandar o robô através de Bluetooth, e inclusive estabelecer transmissão de vídeo com auxílio de outro smartphone.

### 3. TRANSFERIBILIDADE

O uso das plataformas robóticas no ensino de conteúdos, revelou-se importante na aprendizagem contínua por parte dos alunos. É uma metodologia que pode ser extrapolada para outras áreas do conhecimento, sempre com o intuito de servir como meio facilitador de aprendizagem. O recurso a esta metodologia de ensino de aprender fazendo motiva os alunos dentro e fora da sala de aula. Os alunos necessitam de ver a aplicabilidade prática dos conceitos e nada melhor que uma plataforma didática para os aplicar. Os programas e algoritmos testados nestes kits robóticos, podem posteriormente ser utilizados em outras aplicações, sabendo à partida qual o resultado que se pode esperar.

Atualmente os robôs desenvolvidos neste projeto, estão equipados com sensores de ultrassons, infravermelhos, temperatura, humidade e gás de CO<sub>2</sub>, que permite testar a sua aplicabilidade e principio físico de funcionamento. Como atuadores têm quatro motores DC para locomoção do robô e três servomotores, dois deles usados numa garra para apanhar objetos e uma para orientação de um sensor de ultrassons, na parte frontal do robô. A plataforma tem conectividade Bluetooth, para comunicação com dispositivos móveis. A figura 2, ilustra um dos kits desenvolvidos. Neste projeto foram construídos dois tipos de kits, um sem garra e outro com garra. A sua estrutura e funcionalidade assentam no mesmo princípio de funcionamento, servindo de base de vários projetos em diferentes UC's.

Partindo dos tutoriais da página web do projeto ROBOT@ESCOLA, os alunos conseguem adquirir uma visão geral das potencialidades das plataformas descritas e facilmente surgem novas ideias de desenvolvimento. Assim, e como exemplo de transferibilidade dos conceitos, numa outra UC, um grupo de alunos, desenvolveu uma aplicação para comandar o robô e em simultâneo fazer a monitorização de parâmetros ambientais em ambiente residencial. Neste caso, o utilizador comanda o robô através de um smartphone, recebendo o sinal vídeo de uma câmara colocada no robô, e a informação relativa a temperatura, humidade e níveis de CO<sub>2</sub>. Toda esta informação permite monitorizar o estado do ambiental dentro de um determinado espaço, acionado alarmes, caso fossem atingidos certos níveis dos parâmetros medidos.

Todo o conhecimento adquirido com o material pedagógico que consta do site do projeto, pode ser utilizado em atividades extracurriculares dos alunos. Um bom exemplo deste facto foi a participação na prova de condução autónoma do Festival Nacional de Robótica, em Abril de 2015. Na prova de estacionamento, o robô do IPCB, foi programado com código elaborado na UC de Programação de Computadores, o que demonstra a escalabilidade das abordagens e programas utilizados nos robôs do projeto.

A variedade de sensores/atuadores e interfaces de comunicação disponibilizadas por esta plataforma, permite desenvolver desde aplicações simples, até programas mais complexos com funcionalidades adequadas para smartphones e tablets. Exemplo deste facto foi uma interface recentemente desenvolvida, a ser utilizada pelos robôs do projeto, para interface com a Cloud, o que permite novas abordagens pedagógicas para a programação avançada, para dispositivos móveis, utilizando JAVA e Arduino, como apresentado em [5].

#### 4. CONCLUSÕES

Com este projeto foi possível desenvolver ferramentas didáticas para o ensino das áreas da Engenharia e Tecnologia, através de plataformas de robôs móveis de baixo custo e open-source. Dada a multidisciplinaridade da robótica, esta plataforma dá suporte ao ensino dos conteúdos nas Unidades Curriculares de Física (mecânica e electricidade), Eletrónica, Programação e áreas afins. No presente ano letivo, foi possível testar a plataforma na UC de Programação de Computadores na aprendizagem de conteúdos de programação para Hardware na plataforma Arduino e programação para dispositivos móveis, Android. A programação em Arduino permitiu explorar os conceitos da linguagem de programação C com aplicabilidade direta na programação do controlo do robô. A programação para dispositivos móveis permitiu desenvolver aplicações de controlo e monitorização do robô através de um smartphone/tablet.

Esta metodologia de recorrer a um robô para implementar e testar programas e algoritmos, tornou-se vantajosa na aprendizagem dos alunos. Os conteúdos foram assimilados com maior clareza e isso contribuiu para aumentar o sucesso escolar. Considerando o feedback positivo por parte dos alunos, esta plataforma será usada também em UCs de Eletrotecnia, Eletrónica, Automação, Sensores, Controlo, entre outras, como ferramenta de suporte às aulas práticas.

Da experiência tida ao longo de vários anos de ensino e ultimamente com o desenvolvimento das ferramentas apresentadas neste artigo, conclui-se que o uso da robótica como recurso de ensino favorece o raciocínio lógico, criatividade e relacionamento interpessoal.

## 5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi financiado pela FCT, Fundação para a Ciência e Tecnologia, apoio “Partilha e Divulgação de Experiências em Inovação Didática no Ensino Superior Português” e do projeto UID/EMS/50022/2013, pela Ciência Viva, programa “Escolher Ciência”, e pelo Instituto Politécnico de Castelo Branco (Laboratório de Robótica). Aos alunos do primeiro ano do Curso de Engenharia Industrial da Escola Superior de Tecnologia do IPCB no ano letivo de 2014-2015. Aos Engenheiros Fábio Santos, Célia Coelho e José Sequeira.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] Andrade, Fátima José Silva (2013). "Robótica educacional: uma metodologia educacional no estudo de funções de 7º ano". Dissertação de Mestrado, Universidade da Madeira.
- [2] Eteokleous, N.; Ktoridou, D., (2014) "Educational robotics as learning tools within the teaching and learning practice" IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), pp.1055-1058.
- [3] Garcia Sierra, J.F.; Rodriguez Lera, F.J.; Fernandez Llamas, C.; Matellan Olivera, V., (2015) "Using Robots and Animals as Motivational Tools in ICT Courses," IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje, vol.10, no.1, pp.19-25.
- [4] Gonçalves, Filipe Duarte da Conceição Gago (2012). "Utilização de robótica educativa no ensino de linguagens de programação a alunos do ensino secundário". Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa.
- [5] Gonçalves, P.J.S., Santos, F.M.S., Torres P.M.B., (2014) "Towards a low-cost framework for Intelligent Robots". Sixth World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing (NaBIC), pp. 244-249.
- [6] Oliveira, Diana; Ferreira, Susana; Celestino, Honorina; Ferreira, Sandra; Abrantes, Paula (2012). "Uma proposta de ensino-aprendizagem de programação utilizando robótica educativa e storytelling". II Congresso Internacional TIC e Educação.

- [7] Ribeiro, C.; Coutinho, C.; Costa, M.F.,(2011) "Educational Robotics as a pedagogical tool for approaching problem solving skills in Mathematics within elementary education,", 6th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), pp.15-18.
- [8] Santos, Clotilde; Morgado, Leonel; Cruz, Maria Gabriel (2012). "A Casa da Mosca Fosca: integração de robótica educativa no jardim de infância", *Indagatio Didatica*, 4 (1), 42-58.