



Práticas STEM e robótica educativa: uma proposta didática para o 1.º CEB

STEM practices and educational robotics: a didactic proposal for the primary school

Prácticas STEM y robótica educativa: una propuesta didáctica para el educación primaria

Sofia Laura Costa

Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real
CIDTFF—Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores,
Universidade de Aveiro, Aveiro
slcosta@ua.pt
<https://orcid.org/0000-0001-5185-176X>

Ricardo Silva

Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real
CIDTFF—Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores,
Universidade de Aveiro, Aveiro
Instituto Politécnico de Coimbra, ESEC, IIA, NIEFI, Coimbra
rjpsilva@esec.pt
<http://orcid.org/0000-0002-1866-1283>

Cecília Costa

Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real
CIDTFF—Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores,
Universidade de Aveiro, Aveiro
mcosta@utad.pt
<https://orcid.org/0000-0002-9962-562X>

J. Bernardino Lopes

Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real
CIDTFF—Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores,
Universidade de Aveiro, Aveiro
blopes@utad.pt
<https://orcid.org/0000-0001-9961-1538>

Fernando Martins

Instituto Politécnico de Coimbra, ESEC, IIA, NIEFI, Coimbra
Instituto de Telecomunicações, Delegação da Covilhã, Covilhã
fmlmartins@esec.pt
<https://orcid.org/0000-0002-1812-2300>



Resumo

A educação STEM faz parte do currículo de vários países a nível mundial. Em Portugal, embora isto não se verifique de forma explícita, existe uma crescente tendência para a integração de conteúdo das disciplinas STEM, identificada em diversas iniciativas e projetos de investigação. As práticas STEM são promotoras de ambientes motivadores, que permitem aos alunos desenvolverem competências através da resolução de problemas reais, de forma interdisciplinar e com recursos e materiais tecnológicos. Ao integrar a robótica educativa – que começa a estar presente nos documentos curriculares –, potenciam-se condições favoráveis à ocorrência de aprendizagens significativas, tornam-se concretos conceitos abstratos, e desenvolvem-se competências de comunicação, liderança, gestão e cooperação. A escassez de tarefas que integrem a robótica educativa com ligações curriculares é um dos obstáculos identificados na literatura. Assim, apresentamos um cenário de aprendizagem hipotético assente no modelo de ar condicionado, estabelecendo conexões entre o conteúdo matemático - com a possibilidade de exploração de diferentes conceitos e competências, mas com conexão mais forte com o tema Organização e Tratamento de Dados -, eficiência energética e sustentabilidade. Esta proposta didática permite uma adaptação a diferentes contextos dentro do 1.º Ciclo do Ensino Básico – sugerindo propostas didáticas de ampliação para os 3.º e 4.º anos –, possibilitando a exploração de competências e conceitos matemáticos.

Palavras-chave: STEM; Robótica educativa; Articulação curricular; Cenários de aprendizagem; Proposta didática.

Abstract

STEM education is part of the curriculum in several countries worldwide. In Portugal, although this is not the case, there is a growing trend towards the integration of content from STEM subjects, identified in several initiatives and research projects. STEM pedagogical practices foster motivating environments, allowing students to develop skills while solving real problems, in an interdisciplinary way and with technological resources and materials. By integrating educational robotics – which is starting to be present in the curricular documents – favorable conditions for significant learning are fostered, abstract concepts are made concrete, and communication, leadership, management, and cooperation skills are developed. The scarcity of tasks that integrate educational robotics with curricular links is one of the obstacles identified in the literature. Thus, we present a hypothetical learning scenario based on an air conditioning model, establishing connections between mathematical content - with the possibility of exploring different concepts and skills, but with a stronger connection to the subject of Data Organization and Treatment -, energy efficiency, and sustainability. This didactic proposal allows an adaptation to different contexts within elementary school grades – suggesting extension teaching proposals for the 3rd and 4th grades –, facilitating the exploration of mathematical skills and concepts.

Keywords: STEM; Educational robotics; Curricular articulation; Learning scenarios; Didactic proposal.

Resumen

La educación STEM forma parte del currículo en varios países del mundo. En Portugal, aunque no es el caso, existe una tendencia creciente hacia la integración de contenidos de las materias



STEM, identificada em várias iniciativas e projetos de investigação. As práticas pedagógicas STEM promovem entornos motivadores que permitem aos alunos desenvolver competências através da resolução de problemas reais, de forma interdisciplinar e com recursos e materiais tecnológicos. Ao integrar a robótica educativa – que começa a estar presente em documentos curriculares – se propiciam condições favoráveis para o aprendizado significativo, concretizam-se conceitos abstratos e desenvolvem-se habilidades de comunicação, liderança, gestão e cooperação. A escassez de tarefas que integrem a robótica educativa com vínculos curriculares é um dos obstáculos identificados na literatura. Por isso, apresentamos um cenário hipotético de aprendizado baseado no modelo de climatização, estabelecendo conexões entre os conteúdos matemáticos – com a possibilidade de explorar diferentes conceitos e habilidades, mas com uma maior conexão com o tema da Organização e Tratamento de Dados –, a eficiência energética e a sustentabilidade. Esta proposta didática permite uma adaptação a diferentes contextos dentro do 1º ciclo da educação básica – sugerindo propostas pedagógicas de extensão para 3º e 4º graus –, possibilitando a exploração de habilidades e conceitos matemáticos.

Palavras-chave: STEM; Robótica educativa; Enlaces curriculares; Escenários de aprendizagem; Proposta didática.

Introdução

A educação *Science, Technology, Engineering e Mathematics* (STEM) promove o desenvolvimento de competências de resolução de problemas do mundo real que permitem aos alunos recorrerem aos seus conhecimentos e habilidades para dar resposta a esses problemas (Dan & Gary, 2018). Uma educação STEM de qualidade explora a integração das disciplinas STEM, bem como de conhecimentos e competências do século XXI, essenciais para a vivência na sociedade atual, de forma responsável e informada (Xu et al., 2019).

A Robótica Educativa (RE), aliada a práticas STEM, é uma das ferramentas que promove o desenvolvimento de competências transversais, nos alunos, em contexto formal (Darmawan-sah et al., 2023; Miller & Nourbakhsh, 2016; Zaytseva et al., 2022). Ao experimentar atividades STEM com RE, os alunos envolvem-se num processo de coconstrução de conhecimento, onde têm um papel ativo na sua aprendizagem (Jung & Won, 2018). Ao adquirirem habilidades, como a comunicação, liderança, gestão e cooperação, os alunos, estão a experimentar características essenciais das profissões STEM (Gibeault et al., 2019).

À semelhança de outros países também em Portugal se verifica a tendência da inclusão da RE nos currículos de Educação Pré-escolar e 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB) (Ramos et al., 2022). Os documentos normativos portugueses para o 1.º CEB, aprendizagens essenciais e perfil dos alunos, dão-nos várias indicações relativas à importância de desenvolver as disciplinas STEM (ME, 2017, 2021a, 2021b, 2021c, 2021d), como por exemplo através: da promoção do trabalho colaborativo ou cooperativo, de práticas interdisciplinares, do desenvolvimento de competências de engenharia e da integração da tecnologia nos processos de ensino e de aprendizagem. Para que esta integração possa contribuir para aprendizagens significativas é necessário que seja dada particular atenção ao papel do professor, do aluno, à estruturação das tarefas e ao contexto em



que são implementadas (Herrington et al., 2014). O recurso a Cenários de Aprendizagem (CA) contribui para que haja uma instrução mais estruturada e flexível para o envolvimento e aprendizagem dos alunos, num contexto específico (Matos, 2014).

É reconhecida a necessidade de formação dos professores do 1.º CEB para a integração da RE em tarefas curriculares, considerando ser necessário um elevado grau de conhecimento especializado, em particular no que diz respeito à manipulação, programação e avaliação das potencialidades e restrições de cada plataforma de RE (Silva et al., 2023, Zhong & Xia, 2020). Devido à insuficiente formação em RE (Conchinha et al., 2015; Ramos et al., 2022), a nossa proposta didática assenta em ambientes de programação simples, familiares aos alunos e em soluções pré-definidas que necessitam de introdução de valores, resultantes das soluções encontradas pelos alunos.

Apresentamos uma proposta didática de integração da RE em práticas STEM, intitulada “Vamos refrescar a nossa sala de aula”. O seu *design* assumiu como objetivo criar condições que facilitem a sua adaptação a diferentes contextos no 1.º CEB e possibilitar o desenvolvimento de competências e conceitos matemáticos. Após uma breve revisão da literatura, surge a descrição da proposta didática, dentro do preconizado para os Elementos Constituintes de um CA (Matos, 2014).

Problema de investigação e revisão de literatura

A corrente educativa STEM, foi criada em 1990 pela *National Science Foundation* (Sanders, 2009). São conhecidos em Portugal alguns projetos que integram as práticas STEM no currículo, como por exemplo: *Academi@STEM* (Sousa et al., 2022); *GoSTEM* (Baptista et al., 2022) ou o Projeto *TangIn* “Tangible programming & inclusion” que associa a robótica e a programação tangível para a inclusão e a promoção das STEM (Guerra et al., 2020). O objetivo das práticas STEM é o desenvolvimento de uma educação interdisciplinar que envolva as ciências, tecnologia, engenharia e matemática, relacionadas com temáticas da escola, sociedade, desporto ou trabalho e que permitam, aos alunos, um aumento da capacidade de raciocínio nestas áreas, de forma integrada (Lasa et al., 2020). A educação STEM deve permitir uma articulação disciplinar onde se envolvam problemas do mundo real e em que os alunos tenham a possibilidade de trabalhar colaborativamente para chegarem a uma solução válida para o problema (Costa et al., 2022; Dan & Gary, 2018).

Thibaut et al. (2018) sugerem um modelo de práticas integradas STEM com cinco princípios-chave: integração do conteúdo das disciplinas STEM (articulação disciplinar); aprendizagem centrada em problemas; aprendizagem baseada em *inquiry* (os alunos questionam, geram novas ideias e descobrem novos conceitos); aprendizagem baseada no *design* (tecnológico ou de engenharia, onde os alunos experienciam novos modelos cognitivos) e o trabalho colaborativo. Estes princípios são complementares podendo, por vezes, sobrepor-se parcialmente. No entanto, todos estes princípios-chave têm características específicas o que torna fundamental a sua presença no *design* de propostas didática (Meester et al., 2020).

No que concerne ao contexto, o professor deve projetar tarefas desafiadoras e que respeitem o nível cognitivo dos alunos. O professor, ao propor este tipo de tarefas promove o desenvolvimento da autogestão, confiança, persistência e organização do aluno, adaptando cada tarefa ao



nível cognitivo do aluno. À medida que as tarefas deixam de ser cognitivamente desafiadoras, o nível de dificuldade da próxima tarefa proposta deve aumentar. Durante as práticas STEM são utilizados vários materiais (concretos e/ou tecnológicos) de acordo com a intencionalidade educativa pretendida. Para Peterson et al., (2014), por exemplo, é fundamental que os alunos usem materiais concretos (materiais manipuláveis) como forma de criação de novas ideias e conceitos matemáticos. É através deles que os alunos desenvolvem o vocabulário e a linguagem. Galino e Tanaka (2021) realçam o facto de o uso da RE ajudar na compreensão de conceitos relacionados com as áreas STEM (Darmawansah et al., 2023).

As práticas STEM, enquanto ambiente de articulação curricular, potenciam o desenvolvimento de atividades motivadoras com RE (Angeli & Valanides, 2020; Darmawansah et al., 2023). Assim, a RE apresenta-se como uma das soluções possíveis para a integração do ensino da ciência da computação como ferramenta epistémica (ou ferramentas para aprender, utilizadas em contexto de práticas epistémicas na resolução de problemas) (Lopes & Costa, 2019; Tengler & Sabitzer, 2022). No entanto, existem algumas limitações para o uso da RE, como: o elevado custo para a aquisição de materiais; o elevado grau de conhecimento especializado; a escassez de material pedagógico, nomeadamente, de tarefas curriculares (Zhong & Xia, 2020). As inovações só são possíveis de serem aplicadas se os professores as considerarem viáveis e significativas (Tengler & Sabitzer, 2022).

É importante que a integração da programação e RE, na sala de aula, tenha preocupações curriculares e que seja também feita pelos professores titulares do 1.º CEB (Ramos & Espadeiro, 2016). São conhecidos dois obstáculos à integração da RE nas práticas educativas identificados na literatura: i) a escassez de tarefas de cariz curricular; ii) o elevado custo da maioria das plataformas de RE. No contexto nacional, o estudo de Ramos et al. (2022) acerca das necessidades de formação em programação e RE, destaca o interesse dos professores na construção de *robots* programáveis e *design* de planos de aula que permitam a sua integração curricular. Sendo este o nosso ponto de partida, disponibilizamos um contributo para a discussão desta problemática, apresentando uma proposta didática em formato de CA, um artefacto de planificação estruturado, cujos princípios subjacentes facilitam a integração da tecnologia (Pedro, 2019). Apresenta-se uma proposta didática que integre uma plataforma de RE de baixo custo no desenvolvimento de práticas STEM, potenciando a exploração de competências e conceitos matemáticos previstos para o 1.º CEB, que se pretende exequível, mesmo para professores com pouca experiência ou nenhuma na integração de RE nas suas práticas.

Assim, surge como problema de investigação: como desenhar um CA como proposta didática que permita integrar a RE de forma adequada no desenvolvimento de práticas STEM?

Cenário de aprendizagem

Apresentam-se de seguida os elementos constituintes do CA proposto - desenho organizacional; papeis e atores; enredo, estratégias de trabalho atuações e propostas; e reflexão e regulação -, respeitando a proposta de Matos (Matos, 2014). Uma vez que esta é uma proposta de CA hipotético, que assume como principal propósito a sua adaptação e implementação em contextos reais, não se inclui o elemento constituinte reflexão e regulação.



Desenho organizacional

A proposta didática que, de seguida, apresentamos foi projetada para o 1.º CEB. No entanto, não há qualquer impedimento de implementação noutra ciclo de ensino, tendo em conta os ajustes necessários ao contexto e à intencionalidade educativa do professor. Sabendo que o desenvolvimento cognitivo, motor e social dos alunos oscila entre os anos de escolaridade do 1.º CEB, a nossa proposta didática segue em dois modelos: 1.º e 2.º anos e 3.º e 4.º anos. A articulação curricular é intencionalmente vaga. O *design* da proposta didática visa facilitar a adaptação a contextos específicos.

Tirando partido das potencialidades e restrições da plataforma de RE escolhida, projetou-se uma proposta didática que procura explorar um problema do mundo real (Anwar et al., 2019; Merrill, 2007): programar um modelo de ar condicionado para manter a temperatura da sala de aula confortável. Ao promover uma aprendizagem baseada em investigação, espera-se que esta situação possa ser significativa para os alunos do 1.º CEB, criando oportunidades para explorar diferentes conceitos e capacidades matemáticas, com particular destaque para a recolha e análise de dados, resolução de problemas e pensamento computacional. A escolha desta situação visa também potenciar práticas educativas onde há conexões a outros conteúdos curriculares, como a eficiência energética e a educação para a sustentabilidade, criando condições para que os alunos possam adquirir competências transversais que lhes permitam exercer uma cidadania plena (Bryan et al., 2015; Papert, 1980). Assim, o *design* deste CA foi suportado pelo modelo de práticas STEM proposto por Thibaut et al. (2018), uma vez que este pode ser usado para o desenvolvimento práticas integradas STEM de forma mais detalhada e específica.

Apresenta-se, na Tabela 1, o enquadramento da nossa proposta didática com base no modelo de práticas integradas STEM de Thibaut et al. (2018) respeitando os cinco princípios-chave:

Tabela 1. Enquadramento da proposta didática com base no modelo de práticas STEM de Thibaut et al. (2018)

Princípios-chave das práticas educativas	Enquadramento da proposta didática
Integração de conteúdo das disciplinas STEM	A <u>Ciência</u> surge com a noção da eficiência energética e na educação para a sustentabilidade. A <u>Tecnologia</u> está presente na inclusão dos artefactos de <i>kit</i> de RE, a placa <i>micro:bit</i> e a plataforma de programação <i>makecode</i> . A <u>Engenharia</u> encontra-se nos momentos de <i>design</i> , montagem do <i>robot</i> , experimentação e validação de soluções e na programação com a adaptabilidade da solução encontrada à realidade. A <u>Matemática</u> desempenha um papel estrutural, uma vez que é a matematização que vai permitir a programação do <i>robot</i> e a validação das soluções. Ainda que esta proposta didática abra portas para diferentes conceitos e competências matemáticas, tem conexões mais fortes com o tema Organização e Tratamento de Dados.
Aprendizagem centrada em problemas	São propostos um conjunto de desafios, baseado num problema real (climatização da sala de aula), para os quais os alunos têm de encontrar uma solução testada e validada.



Aprendizagem baseada em <i>inquiry</i>	Ao longo da resolução dos desafios, os alunos, têm de questionar as decisões tomadas, chegando à validação da solução que lhes permite responder à pergunta inicial: qual o intervalo de conforto para o qual se deve programar o modelo de ar condicionado?
Aprendizagem baseada no <i>design</i>	Este princípio-chave está presente ao longo da proposta didática, em particular, no processo recursivo de alterar uma programação pré-definida, testá-la e validá-la.
Trabalho colaborativo	Encontra-se presente em todo o processo de resolução dos desafios, como por exemplo, na necessidade de encontrar consenso entre os valores de intervalo de conforto individuais e os do grupo, ou nos momentos de <i>redesign</i> que surgirem.

Escolheram-se dois artefactos para suportar a proposta didática. A plataforma de *RE 6 IN 1 Ring:bit Bricks Pack*, suportada pela placa controladora de índole *maker micro:bit* (Sentance et al., 2017) e o *kit micro:bit GO*. Esta escolha assentou: no baixo custo, na possibilidade de personalização, na interação com diferentes dispositivos móveis e na programação similar à linguagem *Scratch* (Resnick et al., 2009). Em Portugal, com a implementação da iniciativa da Direção Geral da Educação Programação e Robótica na Escola 2022 – dando continuidade à anterior iniciativa *eduScratch* - procura-se criar condições para que esta tipologia de linguagem de programação esteja cada vez mais presente nas escolas do 1.º CEB. Foram também aspetos determinantes, o facto de a plataforma de RE apresentar um vasto conjunto de recursos digitais disponíveis, além de instruções de montagem detalhadas, tutoriais e programações pré-definidas prontas a usar, tal como sucede com a placa *micro:bit*, através do portal *makecode.microbit.org*.

Papeis e atores

Sugere-se que a atuação do professor seja regida pelos princípios de *minimal guidance* (Kaiser, 2020), fomentando o trabalho autónomo e autorregulação e correção das aprendizagens (Fang et al., 2022; Hadwin et al., 2017; Jansson et al., 2021) dos alunos. Para tal é importante que se estabeleça um ambiente de aprendizagem colaborativa (Stohlmann et al., 2015), respeitando os princípios subjacentes à Zona de Desenvolvimento Potencial (Vygotsky, 1978), quer a nível individual ou do coletivo (Matos, 2014). Sugere-se também a formação de pequenos grupos, de modo a possibilitar a diluição da responsabilidade e da exigência cognitiva, facilitando a discussão e obtenção de consensos (Dahlberg et al., 1999).

Enredo, Estratégias de Trabalho, Atuações e Propostas

A proposta didática apresentada, “Vamos refrescar a nossa sala de aula”, assume os seguintes objetivos: i) sensibilizar os alunos para as questões de sustentabilidade e eficiência energética; ii) desenvolver competências matemáticas e iii) promover o gosto pela programação e robótica. A proposta didática é suportada por um conjunto de desafios de complexidade crescente, apresentados de seguida.



1.º e 2.º anos

O primeiro desafio passa por encontrar o intervalo de temperatura que dita o funcionamento do ar condicionado. Para tal é necessário fazer a recolha de dados que facilite a tomada de decisão. Recorrendo ao *kit micro:bit GO* e uma programação simples - visível na Figura 1, em que são necessários apenas três blocos dos separadores Básico e Entrada - cria-se um leitor de temperatura ambiente da sala.

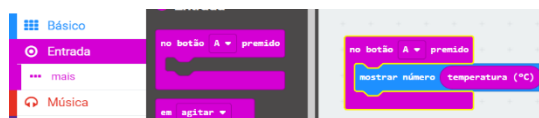


Figura 1. Programação necessária para recolher o valor da temperatura

A placa está acessível para todas as crianças na sala. Uma vez por dia, ao longo de uma semana, cada criança recolhe dois valores de temperatura: quando está confortável na sala e quando sente demasiado calor, sem conseguir controlar com o vestuário. Para isso necessita de se deslocar até à placa *micro:bit* e pressionar o botão A (Figura 2), registando os valores. O instrumento de registo deve ser simples, funcional e adequado ao grupo (por exemplo, uma tabela em que: se registam as temperaturas numa coluna; e nas linhas os horários em que foram recolhidos os dados), de preferência afixado na parede da sala de aula junto à placa *micro:bit*.

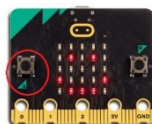


Figura 2. Placa *micro:bit*

Concluída a recolha de dados surge o próximo desafio: em pequenos grupos, os alunos são convidados a discutir, qual o intervalo de conforto que o registo da turma lhes sugere. A orquestração da discussão deve ser conduzida de modo que os alunos compreendam que quando está muito calor o “ar condicionado” liga e que deve desligar quando estiverem novamente confortáveis.

Nesta fase, podem ser exploradas representações estatísticas como: gráficos de pontos ou pictogramas, que lhes permitem organizar e interpretar os dados dos registos. É importante que os alunos registem os valores encontrados na discussão, uma vez que vão ser usados para programar o modelo de ar condicionado. Este momento pode servir o propósito de sistematizar conteúdos e conceitos, colmatar lacunas identificadas no conhecimento dos alunos ou tornar evidente a necessidade de organizar dados, sendo o mote para a introdução de novos conteúdos e conceitos matemáticos.

Após os grupos encontrarem um consenso, surge o último desafio: programar o modelo de ar condicionado – montagem da ventoinha do *kit Ring:bit Bricks Pack* (Figura 3) – com base nos valores escolhidos e testar a solução encontrada. A programação da ventoinha, Figura 3,



deve ser feita de modo que gire ou pare consoante a temperatura atingida. Nesta faixa etária, os alunos podem não ter a motricidade fina necessária para a montagem do *kit*, devendo nesse caso ser disponibilizada a construção já concluída.

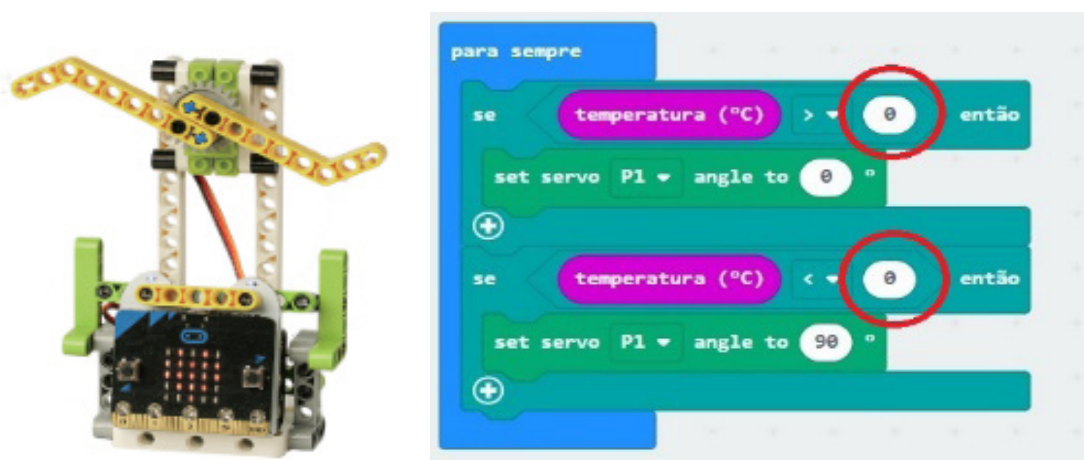


Figura 3. Construção e programação da ventoinha

A programação da placa *micro:bit* para controlar a ventoinha está disponível na *wiki* do fabricante¹ e no portal *makecode*².

Para a inserção dos dados na plataforma *makecode* e passagem do código para o *robot*, os alunos necessitam de orientação do professor. O acompanhamento deve garantir que os alunos compreendam que precisam de alterar a primeira linha da temperatura (Figura 3) para o valor correspondente à temperatura a que a ventoinha liga e a segunda linha da temperatura para o valor a que ventoinha desliga.

Caso a temperatura da sala não apresente valores de temperatura que correspondam às condições de funcionamento estabelecidas para a ventoinha, estas podem ser forçadas com recurso a uma fonte de calor (como por exemplo um secador) e a algo que provoque o arrefecimento (como por exemplo acumuladores térmicos ou geleiras).

A testagem da programação e os ajustes necessários devem ser acompanhados pelo professor, com as indicações necessárias e as questões intencionais que se mostrem pertinentes. A testagem de soluções possibilita também explorar situações ligadas à eficiência energética e sustentabilidade, podendo ser introduzido um novo tópico para discussão: a ventoinha deve ser programada para os valores de conforto ou para um intervalo que permita reduzir o tempo de funcionamento e maior poupança de energia? O intervalo de conforto implica que o funcionamento do modelo de ar condicionado garanta uma gama de temperaturas, dentro da sala, que os alunos não necessitem de ajustar com o vestuário. Como tal, os valores máximos e mínimos do

¹ https://www.electfreaks.com/learn-en/microbitKit/ringbit_bricks_pack/ringbit_bricks_pack_case_03.html

² https://makecode.microbit.org/_UXj23eXHjXaC



funcionamento do ar condicionado correspondem a um maior tempo de funcionamento da ventoinha. Por outro lado, ao optarem por um intervalo de temperaturas que permita reduzir o tempo de funcionamento, regulando a temperatura corporal com o vestuário, são criadas condições de poupança de energia comparativamente com a outra opção. Para que os alunos possam decidir qual das opções é mais correta, para si, o professor deve orquestrar uma discussão que crie condições para serem apresentados argumentos a favor e contra cada uma destas opções: valores de conforto de temperatura ou poupança de energia. Caso existam rotinas de debate dentro da turma (ou que se pretendam criar), a discussão pode ser transformada em debate formando-se dois grupos, cabendo a cada um a defesa de uma posição.

3.º e 4.º anos

Para o 3.º e 4.º anos de escolaridade, os alunos revelam um grau superior de compreensão e desenvolvimento cognitivo, podendo os desafios serem mais complexos, bem como os instrumentos de registo e as estratégias escolhidas.

Sugere-se que, no primeiro desafio, o registo das temperaturas seja feito, pelos alunos, através de uma folha de *Excel*. Este registo pode ser feito manualmente, com a introdução dos valores recolhidos, ou de forma automática através da placa *micro:bit* com uma simples adaptação do código disponível³, substituindo a leitura da humidade do solo pela leitura da temperatura dada pelo sensor embutido na placa.

No segundo desafio, os grupos de trabalho devem discutir o intervalo de conforto e representá-lo em gráficos de barras, por exemplo, e através deles, o professor pode explorar conceitos matemáticos como máximo, mínimo e média. Podendo também aqui existir uma oportunidade para a integração de tecnologia nos processos de ensino e de aprendizagem através de *softwares* ou aplicações para a representação dos dados em gráficos, ficando ao critério do professor a escolha do artefacto adequado, tendo em conta as suas potencialidades, restrições, ligação ao currículo e contexto da turma (Koehler & Mishra, 2009; Mishra, 2019).

Para o terceiro desafio sugere-se que a montagem da ventoinha seja feita pelos alunos, disponibilizando como suporte o *PDF* com instruções detalhadas criado pelo fabricante¹. A programação do intervalo de conforto e passagem do código para a placa *micro:bit* deve ser feita pelos alunos, com o acompanhamento do professor. Este deve garantir que, caso não descubram de forma autónoma, os alunos compreendam que a expressão presente no bloco de código “se temperatura (°C) < então” corresponde à temperatura a que a ventoinha desliga e que a expressão presente no bloco de código “temperatura (°C) > então” corresponde à temperatura que permite a ventoinha girar. A testagem das soluções encontradas pode também ser aproveitada para explorar a otimização dos algoritmos criados com maior autonomia e grau de liberdade.

À semelhança do proposto para o 1.º e 2.º anos, caso existam rotinas de debate dentro da turma (ou que se pretendam criar), a discussão pode ser transformada em debate. Para estes níveis de ensino sugerimos que se convidem especialistas (por exemplo, engenheiro ambiental

³ <https://makecode.microbit.org/projects/soil-moisture/code>



ou/e técnico de eletrónica e automação) para que possam oferecer o seu contributo, facilitando, aos alunos, o estabelecimento de argumentos a favor ou contra cada uma das opções em debate para a programação do modelo de ar condicionado: valores de conforto de temperatura ou poupança de energia.

Considerações finais

Propostas didáticas de RE no desenvolvimento de práticas STEM são escassas na literatura. Por este motivo, é importante divulgar materiais didáticos que permitam aos professores e alunos experienciarem novas práticas enquanto desenvolvem capacidades e competências ligadas à RE.

A proposta didática “Vamos refrescar o ar” respeita os fundamentos principais de uma prática STEM. A proposta didática aponta para uma articulação das disciplinas STEM integradas, ou seja, é objetivo da proposta didática é que os alunos criem novos conhecimentos de cada disciplina STEM enquanto desenvolvem uma aprendizagem centrada em problemas e baseada em investigação. São os alunos que constroem a solução para o problema e que, através da testagem, chegam a uma solução eficaz. Para tal, preveem, questionam e resolvem. Ao envolver ativamente os alunos em tarefas de engenharia, que sejam desafiadoras, espera-se que os alunos aprendam processos de *design* e práticas de engenharia, bem como, que aprofundem conceitos específicos de cada disciplina. Durante o processo de discussão das várias fases da proposta didática, os alunos, podem desenvolver competências de trabalho colaborativo e de comunicação.

É de extrema importância sublinhar o facto de que a proposta didática aqui apresentada é flexível, não sendo por isso, estanque ao 1.º CEB. É uma proposta didática aberta onde cada professor ou educador pode implementar na íntegra como sugerimos, mas também pode adaptá-la ao contexto educativo da sua prática e às características da sua turma. Para a promoção de práticas STEM e uma adequada integração da RE é desejável que os professores desenvolvam os seus conhecimentos nestas temáticas. Desta forma, podem tornar-se mais eficientes, motivados, competentes e criativos. Espera-se que estas melhorias nos conhecimentos impactem positivamente a perceção da autoeficácia contribuindo para que os professores se disponham a implementar ou incluir propostas didáticas semelhantes nas suas práticas educativas.

Contribuições dos autores

Conceptualização: Sofia Laura Costa, Ricardo Silva, Cecília Costa, J. Bernardino Lopes e Fernando Martins; Recursos: Ricardo Silva e Fernando Martins; Escrita - Esboço original: Sofia Laura Costa e Ricardo Silva; Escrita - Revisão & Edição: Cecília Costa, J. Bernardino Lopes, Fernando Martins, Ricardo Silva e Sofia Laura Costa; Visualização: Sofia Laura Costa; Supervisão: Cecília Costa, J. Bernardino Lopes e Fernando Martins.



Financiamento

Este trabalho é apoiado financeiramente por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projecto UID/CED/00194/2019, UIDB/00194/2020 (CIDTFF) e UIDB/50008/2020 (IT). Este trabalho é financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito da Bolsa de Investigação 2020.06821.BD e também recebeu o apoio do Instituto de Investigação Aplicada (i2A) do Politécnico de Coimbra no âmbito da Isenção para Investigação Aplicada (Despacho n.º 7333/2020).

Referências

- Angeli, C., & Valanides, N. (2020). Developing young children's computational thinking with educational robotics: An interaction effect between gender and scaffolding strategy. *Computers in Human Behavior*, 105. <https://doi.org/10.1016/J.CHB.2019.03.018>
- Anwar, S., Bascou, N. A., Menekse, M., & Kardgar, A. (2019). A systematic review of studies on educational robotics. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 9(2), 2. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1223>
- Baptista, M., Cunha, A. E., Vieira, H., Araújo, J. L., Morais, C., & Lopes, J. B. (2022). A voz de investigadores e professores sobre a articulação entre a investigação e as práticas de ensino em educação em ciência. *APeDuC Revista - Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 3 (2), 116-129. <https://apeduc revista.utad.pt/index.php/apeduc/article/view/365>
- Bryan, L. A., Moore, T. J., Johnson, C. C., & Roehrig, G. H. (2015). Integrated STEM education. In C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton, & T. J. Moore (Eds.), *STEM road map: A framework for integration* (pp. 23–37). <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315753157-5/integrated-stem-education-lynn-bryan-tamara-moore-carla-johnson-gillian-roehrig>
- Conchinha, C., D'Abreu, J. V. V., & Freitas, J. C. (2015). Percepção dos professores portugueses sobre a robótica educativa aplicada às necessidades educativas especiais. In *atas da IX Conferência Internacional de TIC na educação: Challenges 2015 - Meio Século de TIC na Educação*, 52–62. https://www.researchgate.net/profile/Neuza-Pedro/publication/301298223_Desenvolver_a_oralidade_na_aula_de_ingles_com_recurso_a_tecnologias_moveis_-_projeto_de_video_com_iPad/links/57bdc84f08aed246b0f70da5/Desenvolver-a-oralidade-na-aula-de-ingles-com-recurso-a-tecnologias-moveis-projeto-de-video-com-iPad.pdf#page=53
- Costa, S., Lopes, J., Costa, C., y Martins, F. (2022). Educação e práticas STE(A)M: uma revisão sistemática. In F. Martins, R. Pinto, y C. Costa (eds.), *Artefactos digitais, aprendizagens e conhecimento didático: contributos para promover a compreensão da Matemática* (pp. 164-213). *Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Educação de Coimbra*. https://www.esec.pt/wp-content/uploads/2023/01/ebook.Martins.Pinto_.Costa_.2022_NIEFI_ESEC_IPC-1.pdf
- Dahlberg, G., Moss, P., & Pence, A. (1999). *Beyond quality in early childhood education and care* (1.ª Edição). Routledge Falmer.
- Dan, Z. S., & Gary, G. KW. (2018). Teachers' perceptions of professional development in integrated STEM education in primary schools. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON, 2018-April*, 472–477. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363268>



- Darmawansah, D., Hwang, G., Chen, M. A., & Liang, J. (2023). Trends and research foci of robotics-based STEM education: a systematic review from diverse angles based on the technology-based learning model. *Jornal Internacional de Educação STEM*, 10(1), 1-24. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00400-3>
- Fang, J., He, L., Hwang, G., Zhu, X. W., Bian, C., & Fu, Q. (2022). A concept mapping-based self-regulated learning approach to promoting students' learning achievement and self-regulation in STEM activities. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2061013>
- Galino, J. R., & Tanaka, H. (2021). Initiatives and development of secondary school robotics education in camarin high school. *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, 8(1), 60–65. <https://doi.org/10.2991/JRNAL.K.210521.014>
- Gibeault, S., Iorio, J. D., Santillan, J. D., Shen, H., & Tufenkjian, M. (2019). Practical application of robotics competition for STEM education. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2--33181>
- Guerra, C. V., Moreira, F., Loureiro, M. J., & Cabrita, I. (2020). Programação tangível para a inclusão e promoção das STEM. *APeDuC Revista - Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 1(1), 100-114. <https://apeduc revista.utad.pt/index.php/apeduc/article/view/13>
- Hadwin, A., Järvelä, S., & Miller, M. (2017). Self-regulated, co-regulated, and socially shared regulation of learning. In D. H. Schunk & J. A. Greene (Eds.), *Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance* (pp. 65–84). Routledge/Taylor & Francis Group.
- Herrington, J., Reeves, T. C., & Oliver, R. (2014). Authentic learning environments. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 401–412). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_32
- Jansson, M., Hrastinski, S., Stenbom, S., & Enoksson, F. (2021). Online question and answer sessions: how students support their own and other students' processes of inquiry in a text-based learning environment. *Internet and Higher Education*, 51. <https://doi.org/10.1016/J.IHEDUC.2021.100817>
- Jung, S. E., & Won, E. (2018). Systematic review of research trends in robotics education for young children. *Sustainability (Switzerland)*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/su10040905>
- Kaiser, G. (2020). Mathematical modelling and applications in education. *Encyclopedia of Mathematics Education*, 553–561. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_101
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)?. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1). <https://www.learn techlib.org/primary/p/29544/>
- Lasa, A., Abaurrea, J., & Iribas, H. (2020). Mathematical content on STEM activities. *Journal on Mathematics Education*, 11(3), 333–346. <https://doi.org/10.22342/JME.11.3.11327.333-346>
- Lopes, J. B., & Costa, C. (2019). Digital resources in science, mathematics and technology teaching – how to convert them into tools to learn. *Communications in Computer and Information Science*, 993, 243–255. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20954-4_18
- Matos, J. F. (2014). Princípios orientadores para o design de cenários de aprendizagem. 1–17. http://ftelab.ie.ulisboa.pt/tel/gbook/wp-content/uploads/2017/05/cenarios_aprendizagem_2014_v4.pdf
- Meester, J., Pauw, J., Buyse, M. P., Ceuppens, S., Cock, M., Loof, H., Goovaerts, L., Hellinckx, L., Knipprath, H., Struyf, A., Thibaut, L., Velde, D., Petegem, P. & Dehaene, W. (2020). Bridging the gap between secondary and higher STEM education—the case of STEM@school. *European Review*, 28(S1), S135-S157. <https://doi.org/10.1017/S1062798720000964>



- Merrill, MD. (2007). First principles of instruction: a synthesis. In R. A. Reiser & J. V. Dempsey (Eds.), *Trends and Issues in Instructional Design and Technology (2ª Edição)*, pp. 62–71. Upper Saddle River, NJ: Merrill/Prentice Hall.
- Miller, D. P., & Nourbakhsh, I. (2016). Robotics for education. In *Springer Handbook of Robotics* (pp. 2115–2134). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32552-1_79
- Mishra, P. (2019). Considering contextual knowledge: the TPACK diagram gets an upgrade. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*. <https://doi.org/10.1080/21532974.2019.1588611>
- Papert, S. (1980). Mindstorms: children, computers, and powerful ideas. In *Basic Books (2ª Edição)*.
- Pedro, A., Piedade, J., Matos, J. F., & Pedro, N. (2019). Redesigning initial teacher's education practices with learning scenarios. *International Journal of Information and Learning Technology*, 36(3), 266–283. <https://doi.org/10.1108/IJILT-11-2018-0131>
- Peterson, P., Showalter, S., & Macarro, T. S. (2014). STEM strategies for english language learners (ELL) with disabilities. Instituto Internacional de Informática e Sistemática, IIS. <https://www.researchgate.net/publication/292845867>
- Ramos, J. L. P., & Espadeiro, R. G. (2016). Iniciação à programação no 1.º ciclo do ensino básico. *Estudos de Avaliação*. (p. 205). DGE – Direção Geral de Educação. <https://www.erte.dge.mec.pt/iniciacao-programacao-no-1o-ciclo-do-ensino-basico>
- Ramos, J. L. P., Espadeiro, R. G., & Monginho, R. (2022). *Introdução à programação, robótica e ao pensamento computacional na educação pré-escolar e 1.º ciclo do ensino básico. Necessidades de formação de educadores e professores*. Centro de Investigação em Educação e Psicologia da Universidade de Évora.
- Silva, R., Martins, F., Cravino, J., Martins, P., Costa, C. & Lopes, J. B. (2023). Using educational robotics in pre-service teacher training: orchestration between an exploration guide and teacher role. *Education Sciences*, 13(2), 210. <https://doi.org/10.3390/educsci13020210>
- Sousa, J. M., Ribeiro, F., & Dias, D. (2022). Academi@ STEM Mangualde-lançamento de livro e site. *Educação e Matemática*, (163), 43-44. <https://em.apm.pt/index.php/em/article/view/2781>
- Ministério da Educação [ME]. (2017). *Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória*. Editorial do Ministério da Educação e Ciência, 1–30. https://dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/perfil_dos_alunos.pdf
- Ministério da Educação [ME]. (2021a). *Aprendizagens essenciais: Matemática*. Ministério da Educação. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/1_ciclo/ae_mat_1.o_ano.pdf
- Ministério da Educação [ME]. (2021b). *Aprendizagens essenciais: Matemática*. Ministério da Educação. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/1_ciclo/ae_mat_2.o_ano.pdf
- Ministério da Educação [ME]. (2021c). *Aprendizagens essenciais: Matemática*. Ministério da Educação. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/1_ciclo/ae_mat_3.o_ano.pdf
- Ministério da Educação [ME]. (2021d). *Aprendizagens essenciais: Matemática*. Ministério da Educação. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/1_ciclo/ae_mat_4.o_ano.pdf
- Resnick, M., Maloney, J. H., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K. A., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B. S., & Kafai, Y. B. (2009). Scratch: programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60–67. <https://doi.org/10.1145/1592761.1592779>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–26. <https://www.teachmeteamwork.com/files/sanders.istem.ed.ttt.istem.ed.def.pdf>
- Stohlmann, M., Moore, T. J., McClelland, J., & Roehrig, G. H. (2015). Impressions of a middle grades STEM integration program. *Middle School Journal*, 43(1), 32–40. <https://doi.org/10.1080/00940771.2011.11461791>



- Tengler, K., & Sabitzer, B. (2022). Examining teachers' intention to integrate robotics-based storytelling activities in primary schools. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 16(06), 221–240. <https://doi.org/10.3991/IJIM.V16I06.28905>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., Loof, H., Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Pauw, J. B., Dehaene, W., Deprez, J., Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Velde, D. V., Petegem, P. V., & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM education: a systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 02. <https://doi.org/10.20897/EJSTEME/85525>
- Vygotsky, L. (1978). *Mind and society: the development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Xu, L., Campbell, C., & Hobbs, L. (2019). Changing STEM and entrepreneurial thinking teaching practices and pedagogy through a professional learning program. *Asia-Pacific STEM Teaching Practices: From Theoretical Frameworks to Practices*, 139–155. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0768-7_9
- Zaytseva, S. A., Ivanov, V. V., Kiselev, V. S., & Zubakov, A. F. (2022). Development of educational robotics: problems and prospects. *Obrazovanie i Nauka*, 24(2), 84–115. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2022-2-84-115>
- Zhong, B., & Xia, L. (2020). A systematic review on exploring the potential of educational robotics in Mathematics education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(1), 79–101. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-09939-y>