

Robótica Pedagógica Aplicada ao Ensino de Programação: Uma Revisão Sistemática da Literatura

Thais Oliveira Almeida^{1,2}, José Francisco de Magalhães Netto²

¹ Departamento de Ciência da Computação – Universidade Federal de Roraima (UFRR) – 69.310-000 – Boa Vista – RR – Brasil

² Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI) – Universidade Federal do Amazonas (UFAM) – Manaus – AM – Brasil

thais.oliveira@ufrr.br, jnetto@icomp.ufam.edu.br

Abstract. *Remote laboratories of robotics (RLE) allow, at any time, several people share the same experiments that are geographically distant. This feature, coupled with the interest of young people Robotics, makes them an approach that can be used in the initial educational programming. This article reports on a survey of LRE program robots that allow the distance by analyzing the characteristics, technologies and tools used. The article presents a Systematic Literature Review, composed of 82 articles published on this topic, published by 2014. The results obtained are a comprehensive and critical view of this emerging field and can support ongoing work and future.*

Resumo. *Laboratórios remotos de robótica (LRE) permitem que, a qualquer momento, várias pessoas compartilhem experimentos mesmo que estejam geograficamente distantes. Essa característica, aliada ao interesse de jovens por Robótica, faz deles uma abordagem que pode ser usada no ensino inicial de programação. Este artigo relata um levantamento dos LRE que permitem programar robôs a distância, analisando as características, tecnologias e ferramentas utilizadas. O artigo apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura, composta de 82 artigos publicados sobre esse tema, publicados até 2014. Os resultados obtidos apresentam uma visão abrangente e crítica desta área emergente e podem apoiar trabalhos em andamento e futuros.*

1. Introdução

O ambiente de Robótica Educacional (RE) pressupõe a existência de professor, aluno e ferramentas que propiciam a montagem, automação e controle de dispositivos mecânicos. Alguns kits de robótica apresentam suas próprias linguagens e ambientes de programação, que podem ser por meio de ícones ou de textos.

Para realizar estudos desta natureza, faz-se necessário adquirir materiais e componentes que possuem um custo bastante elevado. [Ramos et al. 2007] destacam que o custo desses ambientes constitui o principal obstáculo para o seu uso de forma difundida nas escolas, especialmente em países em desenvolvimento. O mesmo acontece com os laboratórios didáticos, pois ainda representam um custo alto para serem instalados.

Neste sentido, várias pesquisas têm sido realizadas a fim de contribuir para o ensino de programação utilizando laboratórios remotos como apoio, a exemplo de

[Guimarães et al. 2003], [Souza et al. 2011], [Kulich et al. 2013], [Chaos et al. 2013] e [Casini et al. 2014]. Esses trabalhos utilizam a estrutura de um laboratório físico e o disponibilizam na internet para permitir que pessoas mesmo geograficamente distantes possam ter experiências com robôs.

Tendo como base as ideias abordadas acima, este trabalho tem como objetivo caracterizar o contexto atual de pesquisas utilizando RE, como apoio ao ensino e aprendizagem de programação, a partir da condução de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL). A ideia é que os resultados obtidos apoiem nas decisões para execução e desenvolvimento de projetos futuros. Nessa perspectiva, os artigos mais relevantes foram categorizados e analisados, indicando quais técnicas e ferramentas estão sendo utilizadas nas pesquisas no que se refere ao ensino e aprendizagem de programação utilizando robôs.

Para relatar a pesquisa, este artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 2 é apresentado o protocolo de pesquisa utilizado na revisão sistemática, identificando as questões de pesquisa e as fontes de dados utilizadas. A seção 3 apresenta a sumarização dos resultados, identificando as áreas de cobertura de cada um dos trabalhos e suas principais características. Para concluir, a seção 4 apresenta a avaliação crítica dos trabalhos apontando as áreas cobertas e descobertas pelas pesquisas analisadas.

2. Protocolo da Revisão Sistemática

Este artigo adotou a metodologia apresentada por [Keele 2007] que descreve os passos necessários para a condução de uma RSL. Neste sentido, buscou-se encontrar pesquisas atuais e relevantes que têm sido realizadas com RE, aplicada ao ensino e aprendizagem de programação. Além disso, foram analisadas publicações científicas, com o propósito de caracterizar e identificar técnicas utilizadas para desenvolver sistemas que auxiliem no ensino e aprendizagem de programação utilizando robôs, do ponto de vista dos pesquisadores no meio acadêmico.

O mapeamento sistemático é um meio de categorizar e resumir informações existentes sobre uma questão de pesquisa de uma maneira imparcial. Esta RSL foi realizada em três etapas: protocolo da revisão sistemática, extração das informações e análise dos resultados. As atividades relativas ao protocolo da RSL são apresentadas nesta seção. As etapas de extração das informações e análise dos resultados são apresentadas nas seções 3 e 4, respectivamente.

2.1. Objetivo

O objetivo do protocolo da RSL foi definido conforme o paradigma GQM (*Goal-Question-Metric*) desenvolvido por [Basili et al. 1994] que define métricas a serem coletadas de forma a atender determinados objetivos, e encontra-se descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Objetivo conforme paradigma GQM

ANALISAR	Publicações científicas
COM O PROPÓSITO DE	Caracterizar
EM RELAÇÃO A	Identificação de laboratórios virtuais e remotos de robótica como apoio ao ensino de programação.
DO PONTO DE VISTA DOS	Pesquisadores
NO CONTEXTO	Acadêmico

2.2. Questões de Pesquisa

Q1. Quais pesquisas têm sido desenvolvidas para apoiar o ensino e aprendizagem de programação com robôs?

Q2. Quais as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento desses sistemas?

Q3. Quais as técnicas utilizadas para avaliar esses sistemas?

2.3. Estratégia de Busca

As buscas avançadas foram realizadas em bibliotecas digitais (SCOPUS, IEEE Xplore e ACM Digital Library). Buscas manuais foram realizadas em eventos e conferências que possuem estudos relevantes na área de Informática na Educação, tais como: Conferência Internacional sobre Informática na Educação (TISE), Workshop de Informática na Escola (WIE) e Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE).

a) Critérios adotados para seleção das fontes: Para seleção das fontes, levou-se em consideração eventos relevantes e bem qualificados com a área de pesquisa, assim como algumas bibliotecas digitais (ambos informados no tópico acima).

b) Restrições: A busca temporal foi realizada no período de 2010 a 2014. Não foi possível ter acesso a todos os artigos retornados na máquina de busca, tendo em vista que alguns eram pagos ou não estavam disponíveis em formato de artigo completo.

2.4. Idioma

O idioma escolhido para ser utilizado nas máquinas de busca foi o Inglês, tendo em vista que é o idioma adotado por grande parte das conferências e periódicos existentes relacionados com o tema de pesquisa. Para buscas manuais, o idioma foi de acordo com o utilizado no evento pesquisado.

2.5. Métodos de Busca das Publicações

a) Expressão de Busca: A fim de fazer a busca automática nas bibliotecas digitais escolhidas, foi utilizada uma string de busca que consiste de três partes, com o objetivo de cobrir os conceitos que representam programação de robôs a distância. A primeira parte está relacionada com os estudos que são desenvolvidos para auxiliar no ensino de programação, a segunda parte está relacionada com os estudos que utilizam robôs para este fim, a terceira parte está relacionada com estudos que permitem esta manipulação a distância (seja através de um laboratório virtual ou remoto). A Tabela 2 apresenta a string de busca utilizada nesta pesquisa.

Tabela 2. Expressão de Busca

Conceito	Termos Alternativos e Sinônimos
Programação	("program"OR "programming") AND
Robô	("robot"OR "robots") AND
Distância	("telerobotic"OR "remote lab"OR "virtual lab"OR "e learning"OR "e-learning")

A pesquisa foi realizada pela aplicação da string de busca para os mesmos metadados (ou seja, título, resumo e palavras-chave) de cada artigo para todas as fontes. A sintaxe da string de busca foi adaptada para ser aplicada em cada biblioteca digital.

b) Busca Manual: Para buscas manuais, os termos de pesquisa apresentados na Tabela ?? também foram levados em consideração a fim de realizar uma pesquisa coerente. Neste sentido, algumas palavras-chave foram utilizadas, tais como: robô, robótica, telerobótica, programação, ensino de programação, aprendizagem de programação, laboratório virtual, laboratório remoto.

2.6. Procedimentos de Seleção e Critérios

Cada estudo encontrado a partir da busca avançada ou manual foi avaliado pelos autores deste artigo, a fim de decidir se deve ou não ser incluído, considerando seu título, resumo e palavras-chave. Discrepâncias na seleção foram resolvidos por consenso entre os dois autores após realizar leitura do artigo completo. Para seleção dos artigos, foram utilizados os seguintes critérios de inclusão e exclusão que são apresentados na Tabela 3:

Tabela 3. Critérios de Inclusão e Exclusão

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
CI.1. Estar disponível em forma de artigo completo em uma biblioteca digital. CI.2. Artigos envolvendo ensino de programação utilizando robôs. CI.3. Permitir que os robôs sejam manipulados ou programados a distância.	CE.1. Artigos que não atendam aos critérios de inclusão. CE.2. Artigos que apresentem apenas recomendações ou orientações para desenvolvimento de laboratórios remotos e virtuais. CE.3. Artigos duplicados do mesmo estudo em diferentes fontes. CE.4. Artigos introdutórios para congressos e workshops, que não apresentem resultados de implementação.

A string de busca informada na Tabela 2 retornou os seguintes resultados:

Tabela 4. Resultados obtidos com a string de busca

Biblioteca Digital	String de Busca	Pago	1º Filtro	2º Filtro
SCOPUS	60	6	17	5
IEEE	21	-	9	4
ACM	1	-	1	1
TOTAL	82	6	27	10

Após a inclusão dos artigos em uma base de dados única restaram 82 artigos para serem avaliados. A primeira avaliação foi realizada através da leitura do título e do abstract dos artigos, sendo que, 27 artigos foram selecionados por fazerem parte da área de estudo. Na segunda etapa foi feita a leitura da introdução e conclusão dos demais artigos, sendo que, nesta etapa 17 artigos foram excluídos pois mesmo utilizando robôs para apoiar o ensino de programação, não permitem a programação dos mesmos através de uma plataforma remota. Restaram 10 artigos que foram lidos na íntegra para a sumarização das informações.

3. Extração das Informações

A estratégia utilizada para extração de dados foi baseada em fornecer o conjunto de respostas possíveis para cada questão de pesquisa que estão definidas na subseção 2.2 deste documento. Esta estratégia assegura a aplicação dos mesmos critérios de extração dos dados para todos os artigos selecionados e facilita a sua classificação.

Após a leitura dos artigos que passaram pelo 2º filtro, os trabalhos selecionados foram organizados em três categorias: Robótica no Contexto Educacional, Aprendizagem de Programação com Robô e Programação de Robôs a Distância. A seguir são analisadas as contribuições desses trabalhos, assim como as ferramentas utilizadas, fazendo a verificação de suas vantagens e limitações no processo de ensino e aprendizagem.

3.1. Robótica no Contexto Educacional

[D'Abreu et al. 2011] expõe um ambiente de robótica pedagógica de baixo custo (RPBC) chamado *Br GOGO*, construído com componentes eletrônicos e materiais alternativos de baixo custo para montar dispositivos robóticos que possam ser controlados com programas elaborados em computadores de baixo custo. Esse trabalho possui como objetivo apoiar o aprendizado do ensino de ciências de estudantes do ensino fundamental e médio.

[Pinto et al. 2012] apresentam a capacitação de docentes no campo da robótica educacional, aliado a tecnologias de baixo custo que possibilitem a inserção da robótica no cotidiano das escolas públicas. O curso possui dois eixos de orientação: pedagógico e tecnológico. Foi utilizada a placa GOGO-Board, e o software livre Arduíno para execução dos experimentos.

[Fernandes 2013] apresenta um simulador de robôs do tipo Lego Mindstorms NXT que permite a realização de uma aula de RE sem a utilização de kits de robótica. O robô virtual pode ser programado para seguir um conjunto de instruções definidas pelo programador, utilizando o software R-Educ. Os resultados mostram que a utilização de simuladores robóticos reduzem custos financeiros, facilitam testes e diminuem danos.

[D'Abreu and Bastos 2013] relatam a implantação da prática da RE inserida ao currículo no Ensino Fundamental. Nesse sentido, os autores apresentam um projeto cujo objetivo é detalhar o processo de formação de professores para a apropriação dos conhecimentos de robótica integrados ao currículo. As atividades foram realizadas em sala de aula, de modo que professores e alunos se apropriassem do uso do laptop educacional Classmate, associando-o à construção de dispositivos robóticos controlados por esse computador. Os robôs são programados com o software Scratch.

A utilização da RPBC associada à conteúdos estudados nas aulas de Física é apresentada no trabalho de [Trentin et al. 2013]. Nesse trabalho não é esperado que os alunos interajam ou programem o robô por meio de comandos de linguagem de programação, já que eles cursam o Ensino Médio. Dessa maneira, foi criada uma interface em um navegador web possibilitando o controle dos movimentos dos robôs e geração de gráficos.

Uma metodologia pedagógica para ambientação e inserção à lógica de programação é apresentada no trabalho de [Friedrich et al. 2012]. Voltado para crianças de sete a dez anos de idade, os autores utilizam como meio auxiliar de ensino o software Logo e o projeto Lego Mindstorms em atividades de montagem de blocos e programação.

A Tabela 5 apresenta um breve resumo dos trabalhos desta seção, de acordo com algumas características, tais como: tecnologias utilizadas, disciplinas, linguagem de programação e kit robótico utilizado.

3.2. Aprendizagem de Programação com Robô

[Sell et al. 2012] apresentam o kit robótico HomeLab que funciona como um ambiente de laboratório portátil que pode ser ligado a um computador, e operado em casa ou no local de trabalho. Essa solução foi desenvolvida para o ensino e aprendizagem de robótica e sistemas embarcados. Os autores desenvolveram um laboratório que simula a criação de protótipos e experimentos robóticos. O laboratório desenvolvido é uma plataforma de Internet, onde diferentes laboratórios remotos e virtuais são integrados. Este projeto

Tabela 5. Resumo dos Artigos de Robótica no Contexto Educacional

Autores	Características			
	Tecnologias Utilizadas	Disciplinas	Linguagem de Programação	Kit Robótico
[D'Abreu et al. 2011]	Materiais alternativos de baixo custo.	Ciências	Logo	Placa Gogo board
[Pinto et al. 2012]	Arduíno, placa Gogo board, computadores Classmate.	-	Arduíno	Placa Gogo board
[Fernandes 2013]	Simulador robótico implementado em Java. Ambientes gráficos implementados em JMonkey Engine.	Interdisciplinar	R-Educ	-
[D'Abreu and Bastos 2013]	Construção e programação de dispositivos robóticos via laptop.	Interdisciplinar	Scratch	Arduíno KTR-12
[Trentin et al. 2013]	Materiais de baixo custo.	Física	-	Arduíno
[Friedrich et al. 2012]	Kit Lego Mindstorms.	Lógica de Programação	Logo	Lego Mindstorms.

está voltado para apoiar o ensino de programação, assim como controlar os dispositivos conectados.

O RoboMind [Halma 2015] é um programa que oferece uma linguagem de programação simples para um robô em um mundo bidimensional. O robô se movimenta através da programação do usuário, que indica a quantidade de casas que ele deve andar. O robô pode ser equipado com apenas um sensor ultrassônico que pode sensoriar se há objetos na frente ou nos lados do robô.

[Buiu et al. 2013] detalham o desenvolvimento de um curso que aborda conceitos de robótica e fundamentos de realidade virtual. Os autores fazem uso de pacotes de simulação para a construção de robôs virtuais, e trabalham também com robôs reais que podem ser programados nas linguagens Python e C. Os simuladores Webots e iCub são utilizados para análise de experimentos. A parte virtual do curso é realizada no ambiente Second Life, permitindo que os usuários construam e realizem testes sobre os robôs virtuais.

A Tabela 6 apresenta um breve resumo dos trabalhos desta seção, de acordo com algumas características, tais como: tecnologias utilizadas, disciplinas, linguagem de programação e integração com Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA).

Tabela 6. Resumo dos Artigos de Aprendizagem de Programação com Robô

Autores	Características			
	Tecnologias Utilizadas	Disciplinas	Linguagem de Programação	Integração com AVA
[Sell et al. 2012]	Framework Avrora e linguagem de programação Java.	Robótica e Sistemas Embarcados	-	-
[Halma 2015]	Não informado.	Lógica de Programação	Específica do software Robomind	-
[Buiu et al. 2013]	Second Life. Simuladores Webots e iCub.	Robótica	Python e C	-

3.3. Programação de Robô a Distância

Um Laboratório de Acesso Remoto (LAR) para experimentos com robôs móveis é apresentado no trabalho de [Guimarães et al. 2003]. Neste projeto, são utilizados alguns frames para prover acesso remoto aos robôs móveis autônomos. Enquanto muitos projetos

permitem que os usuários apenas manipulem o robô, este laboratório permite executar experimentos complexos programando-o a distância com a linguagem C.

[Souza et al. 2011] apresentam o desenvolvimento de um Ambiente Telerobótico Educacional baseado em Sistemas Multiagente. O sistema possibilita a seleção de cenários associados a desafios distintos, de acordo com os níveis de habilidade do usuário, permitindo flexibilidade na ativação de cenários variados e uma interação usuário-sistema utilizando agentes.

[Grandi et al. 2011] apresentam um laboratório remoto de robótica que permite aos alunos definir um controlador completo para um robô móvel. Desta maneira, é possível interagir tanto com o ambiente, assim como com outros robôs presentes na arena (eventualmente conduzidos por diferentes usuários). Antes de trabalhar com os robôs reais, os usuários podem testar seus algoritmos em um ambiente virtual, onde os algoritmos de teste são reproduzidos.

[Kulich et al. 2013] apresentam o SyRoTek, uma plataforma de e-learning para robótica móvel, Inteligência Artificial (IA) e engenharia de controle. Esse ambiente gerencia e disponibiliza um conjunto de robôs móveis autônomos em uma arena, para que os usuários possam executar os experimentos. Os robôs podem ser controlados remotamente via tecnologia ActiveX, ou por um programa escrito em C++, Delphi ou Java.

Um laboratório virtual e remoto de robótica é apresentado no trabalho de [Chaos et al. 2013]. Os autores utilizam as tecnologias EJS (Easy Java Simulation), Matlab, e LabView para o desenvolvimento do laboratório. A aplicação permite trabalhar com robôs simulados (laboratório virtual) e robôs reais (laboratório remoto). Os alunos podem desenvolver algoritmos para controle do robô, simulá-lo no laboratório virtual e implantá-lo no laboratório remoto para fins de testes.

[Casini et al. 2014] apresentam um laboratório de acesso remoto (LAR) para experimentação com um time de robôs móveis. Os robôs são construídos com a tecnologia Lego Mindstorms, e os usuários exploram o ambiente Matlab para o desenvolvimento de estratégias de controle da equipe de robôs. O laboratório pode ser acessado por meio de navegadores web padrão e uma interface gráfica que lhes permite selecionar o tipo de experimento que deseja realizar.

A Tabela 7 apresenta um breve resumo dos trabalhos desta seção, de acordo com algumas características, tais como: tecnologias utilizadas, linguagem de programação e utilização de Sistema Multiagente (SMA) como apoio e integração com AVA.

Tabela 7. Resumo dos Artigos de Programação de Robôs a Distância

Autores	Características			
	Tecnologias Utilizadas	Linguagem de Programação	SMA como Apoio	Integração com AVA
[Guimarães et al. 2003]	C++, Java	C	-	-
[Souza et al. 2011]	PHP, MySQL, J2SE	-	Sim	Moodle
[Grandi et al. 2011]	Java UniBot Simulation Environment (JUSE)	Matlab	Sim	-
[Kulich et al. 2013]	VRML, ActiveX	C++, Delphi ou Java	-	-
[Chaos et al. 2013]	Easy Java Simulation (EJS) e LabView	Matlab	-	Moodle
[Casini et al. 2014]	Java applet	Matlab	Sim	-

4. Resultados Obtidos

Os projetos descritos na seção anterior possuem um reconhecimento significativo junto ao meio acadêmico. Desse modo, o estudo desses trabalhos sugere uma representação simplificada do estado em que se encontram as pesquisas, em termos tecnológicos, nas áreas de RE, aprendizagem de programação com robôs e programação de robôs a distância.

Os resultados obtidos com o desenvolvimento desta RSL têm implicações para os pesquisadores que estão em fase de desenvolvimento, ou pretendem desenvolver projetos que possuem como foco aprendizagem de utilizando robôs a distância. Com base no levantamento realizado, identificamos que a robótica no contexto educacional (subseção 3.1) tem sido utilizada de forma interdisciplinar, associando a aplicação desenvolvida aos kits Lego Mindstorms ou Arduíno.

Quando analisados os trabalhos sobre aprendizagem de programação com robôs (subseção 3.2), pôde-se perceber que as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento da aplicação são diversas. Apenas o trabalho desenvolvido por [Halma 2015] auxilia no ensino de lógica de programação. O trabalho desenvolvido por [Buiu et al. 2013] permite que os robôs sejam programados nas linguagens Python e C, porém não permite que isso seja feito remotamente.

Algumas plataformas que permitem manipulação e programação de robôs a distância foram apresentadas na subseção 3.3 deste artigo. Os trabalhos de [Grandi et al. 2011], [Chaos et al. 2013] e [Casini et al. 2014] permitem que os robôs sejam programados no Matlab. O trabalho de [Souza et al. 2011] e [Chaos et al. 2013] apresentam a integração de um laboratório remoto ao AVA Moodle. Os robôs podem ser programados na linguagem C no trabalho de [Guimarães et al. 2003], e em C++, Delphi ou Java no trabalho de [Kulich et al. 2013]. Não ficou explícito nesses trabalhos as técnicas utilizadas para avaliar esses laboratórios (questão de pesquisa 3).

5. Conclusões

Nos últimos anos um grande número de métodos e ferramentas têm sido utilizados para auxiliar na aprendizagem de programação com robôs. No entanto, ainda são poucos os estudos de mapeamento que resumam as ferramentas utilizadas para desenvolvimento, assim como as tecnologias empregadas.

Este trabalho apresentou uma revisão sistemática da literatura que resume pesquisas desenvolvidas com robótica para o contexto educacional, aprendizagem de programação com robô, e programação de robôs a distância. A partir de um conjunto inicial de 82 artigos, os resultados obtidos nos permitiu extrair informações sobre o estado da arte para identificar algumas lacunas de investigação. Além disso, a aplicação de um protocolo de RSL bem definido também nos permitirá atualizar de forma eficiente e alargar o estudo de mapeamento sistemático nos anos futuros.

Referências

- Basili, V. R., Caldiera, G., and Rombach, H. D. (1994). Goal question metric paradigm. *Encyclopedia of software engineering*.
- Buiu, C., Buga, A., and Coman, A. M. (2013). Teaching robotics and virtual reality in a synergistic approach. In *e-Learning in Industrial Electronics (ICELIE), 2013 7th IEEE International Conference on*, pages 71–75. IEEE.

- Casini, M., Garulli, A., Giannitrapani, A., and Vicino, A. (2014). A remote lab for experiments with a team of mobile robots. *Sensors*, 14(9):16486–16507.
- Chaos, D., Chacón, J., Lopez-Orozco, J. A., and Dormido, S. (2013). Virtual and remote robotic laboratory using ejs, matlab and labview. *Sensors*, 13(2):2595–2612.
- D’Abreu, J. V. V. and Bastos, B. L. (2013). Robótica pedagógica: Uma reflexão sobre a apropriação de professores da escola elza maria pellegrini de aguiar. In *Anais do Workshop de Informática na Escola*, volume 1.
- D’Abreu, J. V. V., Mirisola, L. G., and Ramos, J. J. (2011). Ambiente de robótica pedagógica com br_oggo e computadores de baixo custo: Uma contribuição para o ensino médio. In *Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, volume 1.
- Fernandes, C. d. C. (2013). *S-educ: Um simulador de ambiente de robótica educacional em plataforma virtual*. PhD thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Friedrich, R. V., dos Santos, D. S., dos Santos Keller, R., Puntel, M. D., and Biasoli, D. (2012). Proposta metodológica para a inserção ao ensino de lógica de programação com logo e lego mindstorms. In *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, volume 23.
- Grandi, R., Falconi, R., and Melchiorri, C. (2011). Unibot remote laboratory: A scalable web-based set-up for education and experimental activities in robotics. *Proc. 18th IFAC WC, Milan, Italy*, pages 8521–8526.
- Guimarães, E., Maffeis, A., Pereira, J., Russo, B., Cardozo, E., Bergerman, M., and Magalhães, M. F. (2003). Real: A virtual laboratory for mobile robot experiments. *Education, IEEE Transactions on*, 46(1):37–42.
- Halma, A. (2015). Robomind.net – welcome to robomind.net, the new way to learn programming. <http://www.robomind.net>.
- Keele, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. In *Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report*. EBSE.
- Kulich, M., Chudoba, J., Kosnar, K., Krajnik, T., Faigl, J., and Preucil, L. (2013). Syrotek-distance teaching of mobile robotics. *Education, IEEE Transactions on*, 56(1):18–23.
- Pinto, M. d. C., da Fonseca Elia, M., and Sampaio, F. F. (2012). Formação de professores em robótica educacional com hardware livre arduino no contexto um computador por aluno. In *Anais do XVIII Workshop de Informática na Escola*, volume 1.
- Ramos, J. J., Azevedo, H., Vilhete, V., Noves, O., Figueiredo, D., Tanure, L., and Holanda, F. (2007). Iniciativa para robótica pedagógica aberta e de baixo custo para inclusão social e digital no brasil. *Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (SBAI 2007)*, Florianópolis, SC.
- Sell, R., Seiler, S., and Ptasiak, D. (2012). Embedded system and robotic education in a blended learning environment utilizing remote and virtual labs in the cloud, accompanied by ‘robotic homelab kit’. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 7(4):25–33.
- Souza, M. B., Netto, J. F., Alencar, M. A., and Silva, M. M. (2011). Arcabouço de um ambiente telerobótico educacional baseado em sistemas multiagente. In *Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, volume 1.

Trentin, M. A., Pérez, C. A. S., and Teixeira, A. C. (2013). A robótica livre no auxílio da aprendizagem do movimento retilíneo. In *Anais do XIX Workshop de Informática na Escola*, volume 1.