

ROBÓTICA PRÁTICA COMO FERRAMENTA MÃOS À OBRA NO ENSINO

Filipe Wiltgen – Universidade de Taubaté
E-mail: LFWBarbosa@gmail.com ou Filipe.Wiltgen@unitau.br

Resumo: Este artigo apresenta a aplicação real da disciplina de robótica prática em três diferentes casos de ensino, sendo dois na universidade para estudantes de graduação em engenharia elétrica, e outro de ensino prático da disciplina de robótica com disciplina extracurricular para estudantes do ensino médio. São discutidos os resultados advindos desta forma de ensino através da robótica aplicada como ferramenta de prática de aprendizagem experimental. Diferentes maneiras de aplicar a robótica prática para motivar a aprendizagem e a busca pessoal individual serão apresentadas em duas abordagens de conhecimento muito diferentes, uma na graduação em engenharia elétrica (jovens adultos), e outra na formação mista de estudantes de vários anos do ensino médio (crianças e jovens). Ao final, são discutidas as perspectivas futuras para o uso de ferramentas práticas no ensino.

Palavras-chave: Robô, Robótica, Multidisciplinar, Mãos a Obra, Educação, Ensino.

PRACTICAL ROBOTICS AS A HANDS-ON TOOL IN TEACHING

Abstract: This paper presents a real application of practical robotics discipline in three different high school courses at the university for high school students, two at university for undergraduate electrical engineering students and ones, and another practical teaching of robotics discipline with extracurricular discipline for high school students. The results arising from this form of teaching through experimental robotics applied as a learning practice tool are discussed. Different ways of personal learning apply robotics learning to different high school teaching methods, and a very different learning approach to teaching teaching methods in various years of engineering education (children and young people). At the end, they are proposed as future perspectives for use of practical tools in teaching are discussed.

Keywords: Robot, Robotics, Multidisciplinary, Hands-On, Education, Teaching.

1. Introdução

Os processos de aprendizagem que fazem uso da prática não são novidade. De fato, por muitos anos a parte prática em que o envolvimento do estudante fortalece a aprendizagem, e assim desperta o interesse pelo conhecimento foi incorporada ao ensino teórico (ACKERMANN, 2001; AHLGREN and VERNER, 2002; ANWAR *et al.*, 2019). Atividades que envolvem os estudantes no processo de aprendizagem sempre motivaram estudos e pesquisas.

A pesquisa aplicada utilizando a disciplina de robótica prática permite que o professor conduza os estudantes a diversas atividades que envolvem conceitos importantes como motivação, criatividade, iniciativa, liderança, planejamento, estratégia e tática. Isso permite que o estudante agregue conhecimento prático, como fazer e como planejar para fazer (WILTGEN, 2008, WILTGEN, 2019; WILTGEN, 2020; WILTGEN, 2021; WILTGEN, 2022).

Na robótica está envolvido o conhecimento de *hardware* e *software*, cada um com suas peculiaridades e dificuldades que quando somadas, podem levar a uma máquina desenvolvida pelos próprios estudantes, despertados para o interesse pelo desenvolvimento tecnológico muitas vezes apenas superficialmente compreendido quando não praticado pessoalmente.

O fato de esta pesquisa ter sido realizada com sucesso desde 2004, inicialmente aplicada a estudantes de graduação em engenharia elétrica e posteriormente a estudantes de ensino médio na escola, mostra que a maioria dos estudantes aproveitou os conhecimentos da prática robótica para seu desempenho acadêmico e estudos para escolha de universidades, bem como, os respectivos temas de pesquisa para conclusão de curso de engenharia com foco em robótica.

Ao longo deste artigo, será discutida e apresentada a importância do uso da robótica como ferramenta útil no ensino multidisciplinar, a importância de projetar e construir máquinas através do processo de aprendizagem prática e, por fim, são apresentados três casos distintos de ensino prático de robótica, na graduação em engenharia elétrica e no ensino médio na escola como disciplina extracurricular, que levará a resultados e perspectivas futuras de uso de ferramentas práticas no ensino.

2. Ferramentas Multidisciplinares em Robótica

A robótica por natureza possui uma diversidade de conhecimentos, seja em linguagens de programação para rotinas e *firmwares*, seja em componentes, sensores, circuitos elétricos e eletrônicos, microcontroladores e motores, em que todos devem interagir em sincronia para que a máquina robô funcione conforme o esperado no projeto.

Essa natureza estimula o estudante a pensar no planejamento do projeto a ser construído, quais peças utilizar, por que e como usá-las passa a ser de sua própria responsabilidade, e isso estimula e obriga o envolvimento e o conhecimento do estudante. Assim, ele passa de espectador a protagonista do problema, permitindo um aprendizado diferente e interessante, principalmente para crianças e jovens que anseiam por responsabilidades.

A criatividade e iniciativa dos estudantes utilizando a ferramenta robótica prática multidisciplinar surgem de forma simples e com o tempo tornam-se tão complexas quanto permitem. Claro, para cada idade, há uma abordagem diferente.

No caso de jovens adultos na graduação de engenharia, os desafios devem ser maiores, assim como o envolvimento não só na própria máquina, mas também no projeto e construção física dos circuitos de competição (arenas ou labirintos). Quase sempre tudo é construído a partir de componentes comerciais comuns e não necessariamente de peças comerciais destinadas apenas à robótica.

No caso de crianças estudantes e jovens do ensino médio nas escolas, pode-se pensar em plataformas comerciais que permitem montagem e programação mais simples em blocos a fim de estimular o conhecimento, mas sem gerar frustração. É importante nesta fase ter cuidado com as máquinas para que possam progredir em estrutura e complexidade de uma forma cuidadosamente planejada pelo professor, para que as tarefas estimulem os estudantes a prosseguir com as construções e novos projetos. Os desafios devem ser planejados de forma que não seja uma competição direta, mas apenas indireta, como marcar o tempo e realizar certas tarefas simples.

Com a evolução do aprendizado, o professor da disciplina é capaz de fazer a conexão multidisciplinar da robótica com outras disciplinas de matemática (raciocínio e funções lógicas), geometria (características de planos, ângulos e funções trigonométricas), física (leis de Newton, atrito, dinâmica e estática, além de eletricidade e magnetismo), materiais (características físicas e químicas), biologia (sensores), e outros assuntos que o professor achar interessante.

O importante é o domínio das disciplinas a serem apresentadas em multidisciplinaridade pelo professor que deve, por meio de exemplos, unir o conhecimento multidisciplinar com a robótica prática (WILTGEN, 2008; WILTGEN, 2021; MANSEUR, 1997).

Isso abre caminho esperado para solidificar o conhecimento prático que vem da experimentação. Aliar a experimentação prática e teórica é o que realmente permite a integração completa dos conhecimentos do estudante (WILTGEN, 2022).

Existem diversos programas de ensino que visam à formação completa de ciências para estudantes do ensino médio, permitindo que alcancem níveis de conhecimento acima do esperado para a mesma faixa etária.

Esses programas hoje incorporaram a robótica em suas estruturas como uma importante ferramenta multidisciplinar. O uso da disciplina de robótica prática permite ir além e incorporar a experimentação na formação do conhecimento, e assim, fortalecer o aprendizado.

3. A Importância da Experimentação Prática

Esse tipo de atividade de ensino prático segue de certa forma a ideia de aprendizagem construtivista (*Piaget*) e construcionista (*Papert*), que mostram a necessidade de construir para aprender. Isso faz com que os estudantes aprendam a aprender (WILTGEN, 2008; WILTGEN, 2021; ACKERMANN, 2001; MANSEUR, 1997).

Esta proposta didática visa fomentar a criatividade e manipulação de ferramentas mecânicas para agregar experiência na formação de engenheiros eletroeletrônicos, naturalmente tão distantes da mecânica, visando a dedicação do estudante e sua equipe para planejar três etapas fundamentais da engenharia: Projeto, Desenvolvimento e Teste.

Ao completar essas etapas, o estudante agrega muito conhecimento, experiência e prática, tanto na execução quanto no planejamento de tarefas a serem executadas para integração de áreas de natureza diversa, como é o caso da robótica (MAXWELL and MEEDEN, 2000).

Para cumprir efetivamente o objetivo deste curso prático de robótica baseado no aprendizado construcionista, o estudante pretende transpor sua bagagem teórica para uma aplicação física real, que precisa ser monitorada e orientada para que seu projeto de robô seja concluído e funcione conforme o esperado.

Uma experiência ruim, na qual o estudante aplica seus conhecimentos em algo que não acontece, pode ser frustrante e deve ser evitada, principalmente para os mais novos. Essa experiência negativa, apesar de agregar conhecimento e experiência, pode desencorajar o estudante menos maduro.

A principal tarefa do educador na aplicação da aprendizagem construcionista, talvez, seja na motivação do estudante (ACKERMANN, 2001). O estudante deve ser capaz de compreender o objetivo da disciplina e formular estratégias para resolver problemas do mundo real, construindo e aplicando seus conhecimentos na prática.

No caso específico do ensino de engenharia elétrica, o professor deve enfatizar a importância de aplicar os conhecimentos adquiridos no curso em uma aplicação prática que possa aproveitar as diversas ferramentas matemáticas e físicas, além de conhecimentos específicos em motores, sensores, controle e eletrônica (BORDOGNA *et al.*, 1993; COELHO e VALLIM, 2001; PEREIRA *et al.*, 2006). Recomenda-se ainda ter ferramentas essenciais para que o estudante possa construir o desenvolvimento do robô de cada estágio sozinho e em equipe, colocando as “mãos na massa” (*Hands-On*)

(ROSENBLATT and CLOSET, 2000; RAWAT and MASSIHA, 2004; MANSEUR, 2000).

Os programas do tipo *STEM* (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) visam a aprendizagem estruturada do conhecimento principalmente em ciências e matemática (GONZALEZ and KUENZI, 2012). Isso estabelece uma forte condição para o aprendizado em tecnologia e engenharia.

Vários países estão usando a técnica *STEM* e obtendo excelentes resultados educacionais (GONZALEZ and KUENZI, 2012; WILTGEN, 2020; VEGA and CAÑAS, 2018; KOC and DEMIRBILEK, 2018).

O conhecimento distribuído durante a execução do experimento é compartilhado entre os membros de uma equipe, e assim, permite avançar no compartilhamento de informações, o que sem dúvida agrega muito valor no aprendizado.

É com a prática que ocorre a sedimentação da teoria, pois permite que o estudante consiga “aprender a aprender” a partir da compreensão dos problemas, antes mesmo de buscar uma solução. Assim, a forma não trivial de ensino deve consistir na fusão de diferentes técnicas e métodos de ensino prático para tirar o melhor proveito de cada um.

Estudar e compreender profundamente um problema (domínio do problema) é a primeira abordagem para chegar a uma solução. Esgotadas todas as dúvidas sobre o problema (profundidade intelectual), é hora de debater as ideias de forma documental, preferencialmente por escrito, com premissas claras e requisitos explícitos, que permitirão então começar a construir hipóteses a serem testadas como formas de resolver um problema (domínio da solução).

Esta nova forma de transferir conhecimento envolve completamente o estudante na participação na aprendizagem, cuja associação de conteúdos teóricos e práticos são abordados integrados no formato “*Hands-On*” do Prof. John Dewey em 1916 (SIKANDAR, 2015; GREENWALT, 2016).

De certa forma, essa proposta também se assemelha à técnica conhecida como “sala de aula invertida”, que foi ajustada para aplicação prática em 2007 pelos professores Jonathan Bergmann, Karl Fisch e Aaron Sams (BERGMANN e SANTOS, 2016; VELENTE, 2014).

A ideia é levar o estudante a uma participação efetiva no processo de aprendizagem, para que as informações possam ser sedimentadas e assimiladas em forma de conhecimento teórico e prático, mas de forma mais rápida e eficiente. É claro que os professores, em primeira instância, estão no centro da questão, e devem ser os primeiros a serem ensinados a aplicar o novo método aqui discutido.

Nesta nova metodologia de ensino prático via experimentação como ferramenta de ensino, há a participação ativa dos estudantes em situações-problema e desafios tecnológicos robóticos propostos pelos professores, de tal forma que os estudantes são estimulados a participar para compreender o problema e sintetizar ações que levarão a possíveis soluções.

Hipóteses e possíveis soluções técnicas em relação aos desafios propostos devem ser discutidas pela equipe, e também baseadas em documentos simples, claros e explícitos em forma de requisitos abrangendo o domínio intelectual do problema, que podem ser testados em um protótipo físico. Inserir interações nos protótipos para obter resultados são uma forma importante de aprendizagem prática.

No entanto, devem ser delineadas soluções viáveis de forma que o estudante tenha uma chance real de sucesso na abordagem, pratique tudo isso de forma a motivar a continuidade do processo de aprendizagem, permitindo avançar não só nos desafios propostos, mas também aumentar a complexidade de acordo com o conhecimento a ser absorvido pelo estudante via processo de experimentação prática em um ciclo de realimentado (*feedback*) positivo, conforme será apresentado e discutido em estudos de caso.

4. Ensino da Robótica Prática – Estudo de Casos

Neste tópico serão abordados três estudos de caso diferentes sobre o ensino de robótica prática, dois casos envolvendo ensino de graduação em engenharia para jovens adultos, e um caso envolvendo ensino de ensino médio para crianças e jovens. A disciplina foi conduzida como uma ferramenta de multidisciplinaridade e experimentação prática de forma a permitir o desenvolvimento teórico apoiado na experimentação prática.

Caso A - Estudo de Caso em Robótica Prática na Engenharia Elétrica

Durante 2004, o Laboratório de Robótica e Automação (LRA) foi planejado em detalhes na Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) na Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo (FEAU) nas cidades de São José dos Campos e Jacareí estado de São Paulo no Brasil (WILTGEN, 2008; WILTGEN, 2021; PEREIRA *et al.*, 2006; FREIRE *et al.*, 2006).

Com a ajuda de doações de diversas empresas da região e com a compra de instrumentos e equipamentos básicos, foi possível construir e dispor de uma infraestrutura para iniciar o curso de Robótica Prática no curso de graduação em Engenharia Elétrica. Foram ministradas aulas sobre conteúdos básicos de robôs, tipos de robôs, funcionamento de robôs, tipos e funcionamento de sensores, microcontroladores, motores, programação (C, C++, Assembly, entre outros), fundamentos construtivos, uso de ferramentas básicas, construção e circuito impresso design (desenho e corrosão), noções básicas de planejamento de projetos (cronogramas), noções de maturidade tecnológica e construção de protótipos (WILTGEN, 2019).

O laboratório foi planejado para ter bancadas para as equipes de projeto, planejamento, montagem, testes e reparos, além de bancadas compartilhadas com ferramentas dedicadas ao corte, furação, acabamento e colagem, armários com materiais para estrutura física dos robôs bem como, com componentes, diversos tipos de motores elétricos, sistemas pneumáticos, sensores, cabos e fios elétricos, entre outros (SANTOS *et al.*, 2008; DIAS *et al.*, 2005; WEINBERG and MAYER, 2001).

O curso foi feito com ~30 a ~40% de teoria e ~60 a ~70% de prática dependendo apenas do conhecimento prévio de cada nova turma. A avaliação foi realizada de acordo com o cronograma de execução de cada robô de cada equipe. Nas aulas práticas, o professor auxiliou em tudo, desde a explicação e construção até as ideias, ajudando individualmente cada equipe e orientando cada etapa da execução (PEREIRA *et al.*, 2005A; PEREIRA *et al.*, 2005B; BENTO *et al.*, 2007; BENTO *et al.*, 2008).

As máquinas devem estar preparadas para um tipo de competição entre elas, quase sempre diferente entre cada turma e relacionada à forma ou ambiente operacional dos robôs propostos para a disciplina do semestre. Foram realizadas competições aquáticas, saltos, labirinto interno (paredes e obstáculos físicos dentro do laboratório) e competições externas (terreno acidentado, terra, areia e lama). A cada nova classe surgia

um tipo diferente de competição para desafiar os robôs. Ao longo de cinco anos, uma pesquisa permitiu verificar o real interesse desses jovens em realizar projetos de engenharia e pesquisa aplicada, construção física de protótipos e desenvolvimento na prática (MURPHY, 2000A; YU and WEINBERG, 2003; MURPHY, 2000B; JITJUMNONG *et al.*, 2020).

Na Figura 1 é possível observar os estudantes em laboratório durante as aulas práticas de robótica, no momento da construção e discussão de projetos de desenvolvimento de robôs. Cada equipe utiliza uma bancada, às vezes compartilhando experiências com outras equipes, quase sempre motivadas pelo professor responsável pela disciplina.



Figura 1 – Aula prática no Laboratório de Robótica e Automação (LRA) de Engenharia Elétrica da FEAU/UNIVAP. Fonte: Wiltgen, 2008.

A Tabela 1 mostra o número significativo de estudantes que optaram por fazer sua pesquisa final em robótica e aplicações diretamente envolvidas com a prática e construção de protótipos físicos reais. O aumento progressivo do interesse nas turmas de 2005 e 2006 foi compatível com as expectativas. No ano de 2005, esses 12 estudantes que optaram por fazer sua pesquisa de graduação em robótica ou automação representam cerca de ~22% do número total de estudantes. Nos anos anteriores, o número de estudantes interessados em robótica e automação para realizar pesquisas de conclusão de curso não atingia nem ~2% do total de estudantes (WILTGEN, 2008).

Tabela 1. Pesquisa em engenharia elétrica pela FEAU/UNIVAP relacionada à robótica e automação. Fonte: Wiltgen, 2008.

| ÁREA | APLICAÇÃO | NÚMERO DE ESTUDANTES |
|----------------------------|--|----------------------|
| 2005 | | |
| Robótica | Mini-Submarino do tipo ROV | 02 |
| Robótica | Dinossauro Animatrônico | 02 |
| Robótica | Robô Autônomo | 01 |
| Robótica | Robô Autônomo com Câmera de Video | 02 |
| Robótica | Luva Sensora para Controle Remoto | 02 |
| Robótica | Mão Robótica Controlada por Computador | 01 |
| Automação | Calculadora Didática com TTL | 01 |
| Automação | Bomba de Infusão de Soro | 01 |
| TOTAL DE ESTUDANTES | | 12 |

| ÁREA | APLICAÇÃO | NÚMERO DE ESTUDANTES |
|----------------------------|--|----------------------|
| 2006 | | |
| Robótica | Robô Bípede Autônomo | 02 |
| Robótica | Robô Manipulador | 02 |
| Robótica | Sistema de Transdutor de Movimento Humanos em Miniatura para Animação Gráfica | 02 |
| Robótica | Circuito Compensador de Temperatura para Medidores Ultrassônicos em Aplicações Robóticas | 01 |
| Robótica | Sonda Sensora para Piscicultura | 01 |
| Robótica | Hovercraft Elétrico para Crianças | 02 |
| Automação | Sistema Ultrassônico para Detecção de Velocidade do Vento | 03 |
| Automação | Sistema de Servomecanismo para Aeronave Comercial | 01 |
| Automação | Sistema de Monitoramento e Controle com Protocolo Proprietário | 01 |
| Automação | Sistema de Controle Remoto através do link de rádio para Aquisição de Dados | 02 |
| TOTAL DE ESTUDANTES | | 17 |

Na Figura 2 é possível observar um tipo de desafio proposto em forma de labirinto interno, construído e utilizado dentro do próprio laboratório.

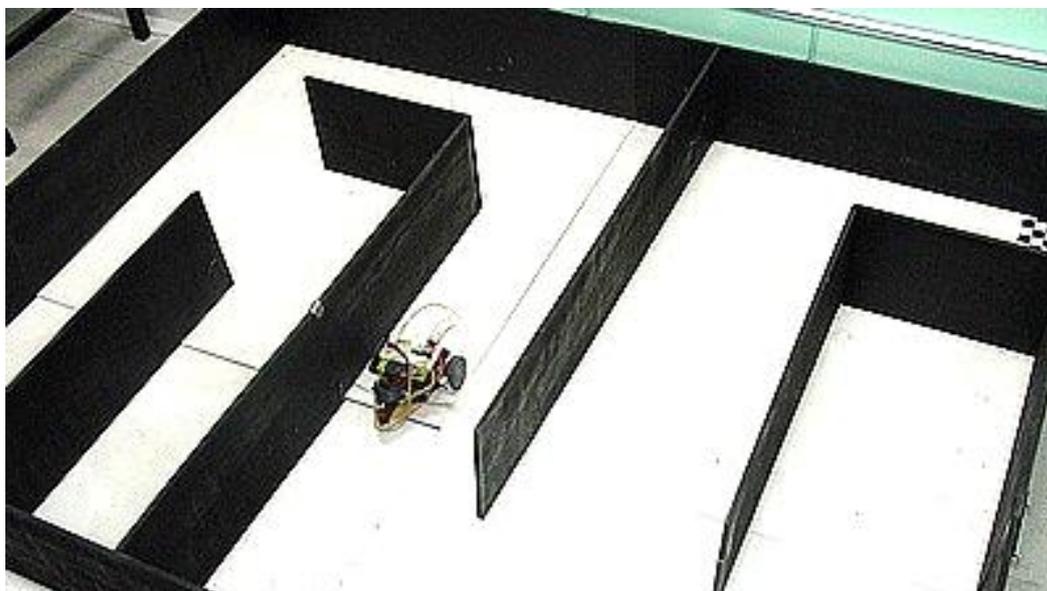


Figura 2 – Diferentes tipos de robôs desenvolvidos em Engenharia Elétrica nas turmas da FEAU/UNIVAP de 2005, 2006, 2007 e 2008. Fonte: Wiltgen, 2008.

Na Figura 3 é possível observar alguns robôs que são fruto desta iniciativa de construir um laboratório para realizar a disciplina prática de robótica.

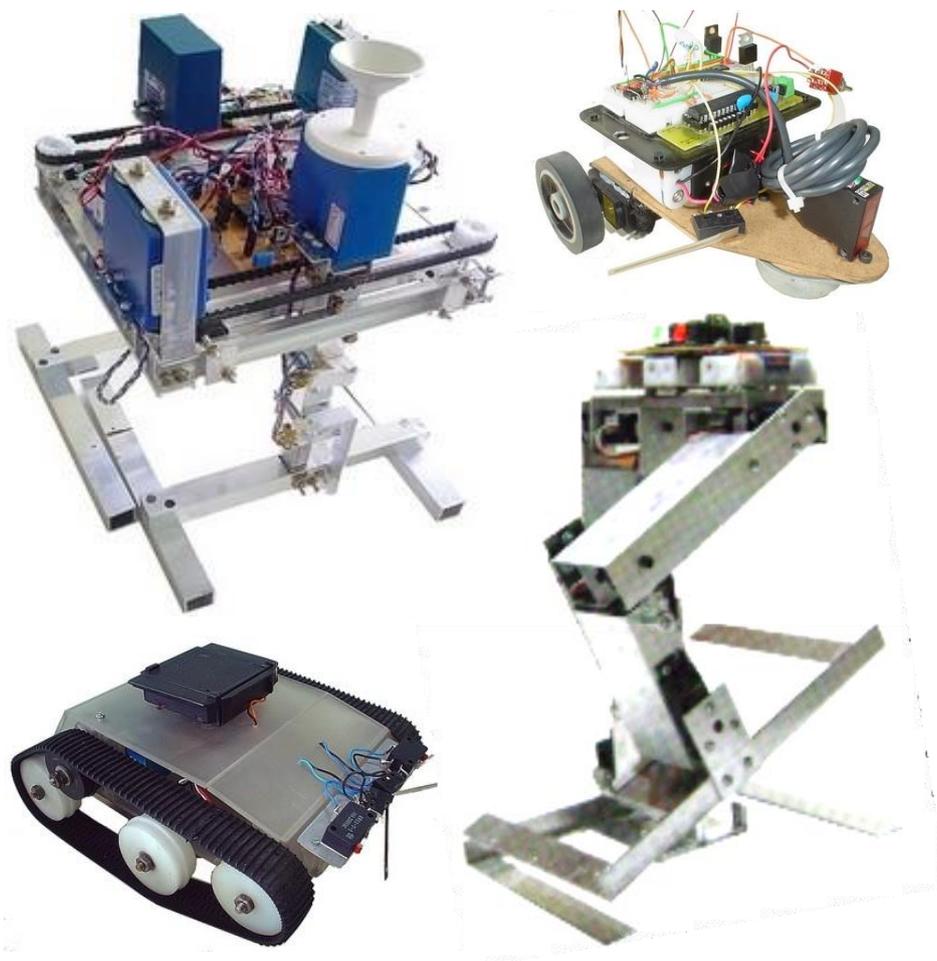


Figura 3 – Diferentes tipos de robôs desenvolvidos em Engenharia Elétrica nas turmas da FEAU/UNIVAP de 2005, 2006, 2007 e 2008. Fonte: Wiltgen, 2008.

Durante este período na FEAU/UNIVAP foram projetados e construídos cerca de 300 robôs de todas as formas e conceitos, muitos se destacaram recebendo prêmios e levando estudantes à área científica em mestrado e doutorado.

Uma experiência semelhante foi realizada na faculdade Anhanguera na cidade de Taubaté no interior do estado de São Paulo no Brasil em dois cursos simultaneamente, em Engenharia Elétrica e Engenharia de Controle e Automação durante os anos de 2013 a 2016.

Da mesma forma, foram realizados cursos práticos de desenvolvimento de robótica, com resultados semelhantes aos obtidos na FEAU/UNIVAP quase uma década depois.

Embora não haja estrutura adequada para a disciplina prática de robótica como na FEAU/UNIVAP, uma sala de aula foi reservada para a construção de um grande circuito de competição que ocupou toda a sala. A construção e competição durou cerca de meio ano. Cada equipe construiu seus robôs com ferramentas portáteis pessoais nos dias de aula, e o circuito foi construído pelo suporte acadêmico existente na época.

E, como antes, a maioria desses estudantes continuou sua pesquisa de conclusão de curso sobre dispositivos robóticos. Vale lembrar que os dispositivos desenvolvidos para pesquisas de final de curso foram quase sempre muito mais elaborados e complexos do que os propostos e desenvolvidos nas aulas práticas. Mesmo o sucesso das aulas práticas permitiu a inclusão de grupos de estudo direcionados para a robótica com vários outros estudantes que ainda não estavam no período da disciplina de robótica prática (CAÑAS *et al.*, 2020; MARTÍNEZ-PRADO *et al.*, 2019; BEER *et al.*, 1999; WEINBERG *et al.*, 2004).

Case B - Estudo de Caso em Robótica Prática no Ensino Médio

O estudo de caso com foco no ensino médio foi realizado em 2015 como disciplina extracurricular. Essa turma mista tinha estudantes do oitavo período ao terceiro ano do ensino médio. Todos realizaram as tarefas em forma de equipes e misturando estudantes de todas as séries.

Ao contrário do que acontecia com os jovens adultos da graduação em engenharia, esses estudantes utilizavam uma plataforma de robótica educacional da Lego®, ambos módulos microcontrolados *NXT* e *EV3* com programação baseada em blocos lógicos que permitiam o uso de vários tipos de sensores e atendeu de forma simples, as necessidades de cada equipe o objetivo foi desenvolver seus próprios robôs, seja com rodas grandes, rodas pequenas e até esteiras (BERRY and GENNERT, 2020; DRUIN, 2000; SOARES *et al.*, 2011; ANWAR *et al.*, 2019).

Nessa abordagem ao ensino médio, foram ministradas aulas sobre robôs, programação em blocos Lego® e tipos de robôs e aplicação de sensores e seus princípios de funcionamento, além de motores elétricos (SPOLAÔR and BENITTI, 2017; KUBILINSKIENE *et al.*, 2017; RUIZ-DEL-SOLAR and AVILÉS, 2004; AHLGREN and VERNER, 2002; WEINBERG *et al.*, 2001A; WEINBERG *et al.*, 2001B). Foi proposto para cada equipe construir dois robôs um primeiro robô seguidor de pista em que os fundamentos da robótica fossem praticados e cada equipe competisse contra o cronômetro. Nesta fase, o sensor de alcance da lógica de programação e os motores fizeram muita diferença. A intenção era deixar todas as equipes no mesmo nível para propor a construção de outro robô, bem mais elaborado e utilizando sensores ultrassônicos, misturados com sensores de luz, contato e infravermelho.

Essas máquinas competiam entre si em um labirinto semelhante ao usado por estudantes de engenharia. O maior desafio é que todos os robôs são autônomos, e assim, uma vez conectados, devem ser capazes de encontrar a saída sozinhos, por tentativa e erro, realizando manobras difíceis em labirintos espaciais reduzidos, principalmente em becos sem saída.

De todos os robôs de todas as oito equipes formadas nesta classe, todos foram bem sucedidos em sair do labirinto, e dois o fizeram perfeitamente como resultado do esforço individual das duas equipes que mais se esforçaram. Em relação a essas equipes, cada uma composta por três estudantes, um estudante está cursando engenharia da computação em uma universidade federal, outro fez carreira em direito em uma famosa universidade de SP, outros dois estão cursando medicina em universidades federais, um em primeiro ano e outro no último, e outros dois estudantes foram para engenharia elétrica e engenharia mecânica em universidades federais.

Muitos outros estudantes de outras equipes também se destacaram na escolha de seus cursos de graduação, mas o fato de quase todos terem progredido em suas vidas

acadêmicas é algo importante a ser relatado. Na Figura 4 é possível ver uma equipe que se destacou com melhor tempo do robô para competir no circuito seguinte.



Figura 4 – Estudantes do ensino médio no laboratório prático de robótica na escola em Taubaté em 2015.
Fonte: Próprio Autor.

Na Figura 5 é possível ver uma montagem de robô Lego® para operação em circuitos do tipo seguidor de faixa (*track-follower*), utilizando sensores de cor e luz.

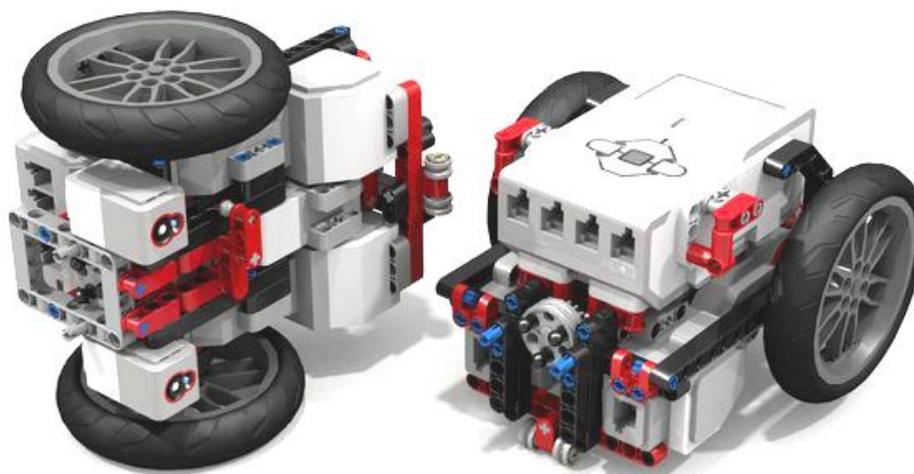


Figura 5 – Tipos de robôs Lego® construídos para seguir trilhas usando microcontroladores NXT ou EV3.
Fonte: Lego®, 2015.

Devido à crise financeira em 2016, houve apenas uma turma de robótica prática extracurricular na escola. Os resultados obtidos mostram que, além da disciplina prática de robótica ter despertado o desejo desses brilhantes estudantes, suas respectivas formações oriundas de uma escola de ensino tradicional e forte, muito se beneficiaram para alcançar um resultado tão inesperadamente bom.

6. Discussão e Conclusão

É fato que o aprendizado apoiado pela experimentação prática faz toda a diferença para a construção do conhecimento, além de permitir aos estudantes ganhos significativos na autoestima e na autoconfiança. Cada vez que você consegue realizar tarefas que dependem do seu conhecimento, empenho e responsabilidade, é gratificante e marca positivamente a vida de cada estudante.

É possível ver como a experimentação prática ajuda a estimular os estudantes a aprender e estudar mais. Isso porque eles assumem a responsabilidade de compreender mais e melhor para obter melhores resultados e desempenhar melhor as tarefas que lhes são atribuídas, sejam elas práticas ou teóricas.

O número significativo de estudantes que escolheram a área de controle, automação e robótica para o desenvolvimento de pesquisas ao final do curso, em engenharia elétrica na UNIVAP ou na Faculdade Anhanguera, mostram que a ideia de integrar os estudantes com aplicações práticas pode render bons resultados.

A aplicação da prática robótica, mesmo fazendo uso de plataformas comerciais e kits de robótica, como ferramenta de ensino para crianças e jovens no ensino médio, também permitiu obter resultados animadores nas escolas, como pode ser observado no estudo de caso no ensino médio em Taubaté.

Para um futuro próximo, pesquisas científicas decorrentes dessa filosofia didática podem levar a resultados interessantes e com boas perspectivas de aplicação dessa estratégia em outras atividades práticas em outras disciplinas, e em outras áreas do conhecimento, como humanas e biológicas, fazendo uso de condição da multidisciplinaridade como instrumento de ensino.

Referências

ACKERMANN, E., *Piaget's Constructivism, Papert's Constructionism: What's The Difference?*. Conference Constructivism: uses and perspectives in education, Geneva, September 4-8, pp. 1-11, 2001.

AHLGREN, D.J.; VERNER, I.M., *An International View of Robotics as an Education Medium*. International Conference on Engineering Education, Manchester, August 18-21, pp.1-5, 2002.

ANWAR, S.; BASCOU, N.A.; MENEKSE, M.; KARDGAR, A., A systematic review of studies on educational robotics. *J. Pre-College Eng. Educ. Res.*, v.9(02), pp.1-26, 2019.

BEER, R.D.; CHIEL, H.J.; DRUSHEL, R.F., *Using Autonomous Robotics to Teach*. Science and Engineering, Communications of the ACM, v.42(06), pp.85-92, 1999.

BENTO, J.V.; CAMARGO, L.C.; WILTGEN, F. (L.F.W. BARBOSA); ARÊDES, S.V.; PEREIRA, R.F., *Terceira Geração de Robô Bípede do Laboratório de Robótica da FEAU/UNIVAP - Agora Utilizando Joelhos*. Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia de Controle e Automação (7º ENECA), Recife, 22-23 de outubro, pp.1-6, 2007A.

BENTO, J.V.; CAMARGO, L.C.; WILTGEN, F. (L.F.W. BARBOSA); ARÊDES, S.V.; PEREIRA, R.F., *Robô Bípede Multifuncional*. Encontro Latino Americano de Iniciação Científica da Univap (11º INIC UNIVAP), São José dos Campos, 15 e 16 de outubro, pp.1-6, 2007B.

BENTO, J.V.; CAMARGO, L.C.; WILTGEN, F. (L.F.W. BARBOSA), *Projeto e Construção de um Pequeno Robô Bípede com Joelhos para a Continuação dos Estudos da Dinâmica de Robôs no LRA/FEAU*. XVII Congresso Brasileiro de Automática, Juiz de Fora, 14 a 17 de agosto, pp.1-6, 2008.

BERGMANN, J.; SAMS, A., *Sala de Aula Invertida: Uma Metodologia Ativa de Aprendizagem*. Rio de Janeiro, LTC, 2016. 116p.

- BERRY, C.A.; GENNERT, M.A.**, *Practical Skills for Students in Mechatronics and Robotics Education*. Proceedings of the ASEE Annual Conference & Exposition. 22–26 June, pp.1-17, 2020.
- BORDOGNA, J.; FROMM, E.; ERNEST, E.**, *Engineering Education: Inovation Through Integration*. Journal of Engineering Education. v.82(01), pp.3-8, 1993.
- CAÑAS, J.M.; PERDICES, E.; GARCÍA-PÉREZ, L.; FERNÁNDEZ-CONDE, J.**, *A ROS-Based Open Tool For Intelligent Robotics Education*. Appl. Sci.. v.10, pp.1-21, 2020.
- COELHO, L.S.; VALLIM, M.**, *Uma Abordagem Multidisciplinar de Robótica Móvel em Cursos de Tecnologia e de Engenharia*. XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia. Porto Alegre, 19 a 22 de setembro. pp.479-485, 2001.
- Dias, M.B.; Mills-Tettey, G.A.; Nanayakkara, T., Robotics, education, and sustainable development. **IEEE International Conference on Robotics and Automation, Barcelona, April 18-22, pp.1-6, 2005.**
- DRUIN, A.**, *Robots for Kids: Exploring New Technologies for Learning*. Morgan Kaufmann Series in Interactive Technologies, pp.158–164, 2000.
- FREIRE, M.L.; PEREIRA, R.F.O.; HORAK, C.A.; WILTGEN, F. (L.F.W. BARBOSA)**, *Introdução ao Ensino de Robótica na Prática Via Construção de um Robô Bípede Simples e Autônomo*. XVI Congresso Brasileiro de Automática. Salvador, 3 a 6 de outubro, pp.1-6, 2006.
- GREENWALT, K.A.**, *Dewey on Teaching and Teacher Education*. Encyclopedia of Educational Philosophy and Theory. pp.1-4, 2016.
- GONZALEZ, H.B.; KUENZI, J.J.**, *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer*. Congressional Research Service. Washington, pp.1-38, 2012.
- JITJUMNONG, K.; CHUJAI, P.; KAMATA, N.**, *Robot Contest for Innovative Development In Education Technology*. Int. J. Mech. Eng. Robot. Res.. v.9, pp.395-400, 2020.
- KOC, M. DEMIRBILEK, M.**, *What is Technology and What Does it Hold for STEM Education, Definitions, Issues, and Tools*. Research Highlights in STEM Education. [S.l.]: ISRES Publishing. pp.1-24, 2018.
- KUBILINSKIENE, S.; ZILINSKIENE, S.; DAGIENE, I.; SINKEVIČIUS, V.**, *Applying Robotics in School Education: A Systematic Review*. Baltic. J. Mod. Comput.. v.5(01), pp.50-69, 2017.
- MANSEUR, R.**, *Development of an Undergraduate Robotics Course*. FIE97 Frontiers in Education Conference. Pittsburgh, November 5-8, pp.1-3, 1997.
- MANSEUR, R.**, *Hardware Competitions in Engineering Education*. IEEE Frontiers in Education Conference. Kansas City, October 18-21, pp.5-8, 2000.
- MARTÍNEZ-PRADO, M.A.; RODRÍGUEZ-RESÉNDIZ, J.; GÓMEZ-LOENZO, R.A.; CAMARILLO-GÓMEZ, K.A.; HERRERA-RUIZ, G.**, *Short Informative Title: Towards a New Tendency in Embedded Systems in Mechatronics for The Engineering Curricula*. Comput. Appl. Eng. Educ.. v.27, pp.603-614, 2019.
- MAXWELL, B.A.; MEEDEN, L.A.**, *Integrating Robotics Research with Undergraduate Education*. IEEE Intelligent Systems. v.15(06), pp.22-27, 2000.
- MURPHY, R.R.**, *Using Robot Competitions to Promote Intellectual Development*. AI Magazine. v.21(01), pp.77-90, 2000A.
- MURPHY, R.R.**, *Robots and Education*. IEEE Intelligent Systems. v.15(06), pp.14-15, 2000B.
- PEREIRA, R.F.O.; FREIRE, R.F.O.; HORAK, C.; WILTGEN, F. (L.F.W. BARBOSA)**, *Desenvolvimento de um Robô Bípede Simples E Autônomo*. Encontro Latino Americano de Iniciação Científica da Univap (10° INIC UNIVAP). São José dos Campos, 3 a 6 de outubro, pp.294-297, 2005.
- PEREIRA, R.F.O.; FREIRE, M.L.; WILTGEN, F. (L.F.W. BARBOSA)**, *Robô Bípede Simples e Autônomo para o Ensino de Robótica na Prática*. Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia de Controle e Automação (6° ENECA), Curitiba, 10 a 11 de setembro, pp.1-6, 2006.
- RAWAT, K.S.; MASSIHA, G.H.**, *A Hands-On Laboratory Based Approach to Undergraduate Robotics Education*. IEEE 2004 International Conference on Robotics and Automation. New Orleans, April 26 - May 01, pp.1370-1374, 2004.

ROSENBLATT, M.; CHOSET, H., *Designing and Implementing Hands-On Robotics Labs*. IEEE Intelligent Systems. v.15(6), pp.32-39, 2000.

RUIZ-DEL-SOLAR, J.; AVILÉS, R., *Robotics Courses for Children as a Motivation Tool: The Chilean Experience*. IEEE Transaction on Education, v.47(04), pp.474-480, 2004.

SANTOS, J.; NASCIMENTO JR. C.; WILTGEN, F. (L.F.W. BARBOSA), *Descrição de um Arranjo de Múltiplos Sonares Visando Combater os Problemas Intrínsecos deste Sensor*. XVII Congresso Brasileiro de Automática. Juiz de Fora, 14 a 17 de agosto, pp.1-6, 2008.

SIKANDAR, A., *John Dewey and His Philosophy of Education*. Journal of Education and Educational Development. v.2(02), pp.191-201, 2015.

SOARES, F.; LEÃO, C.P.; SANTOS, S.; RIBEIRO, A.F.; LOPES, G., *An Early Start In Robotics: K-12 Case-Study*. Int. J. Eng. Pedagogy. v.1(01), pp.50-56, 2011.

SPOLAÔR, N.; BENITTI, F.B.V., *Robotics Applications Grounded in Learning Theories on Tertiary Education: A Systematic Review*. Comput. Educ.. v.112, pp.97-107, 2017.

VEGA, J.; CAÑAS, J.M., *PiBot: An open low-cost robotic platform with camera for STEM education*. Electronics. v.7, pp.1-17, 2018.

VALENTE, J.A., *Blended Learning E As Mudanças No Ensino Superior: A Proposta Da Sala De Aula Invertida*. Educar em Revista. v.4, pp.79-97, 2014.

WEINBERG, J.B.; MAYER, G., *A Robotics Multidisciplinary Project Action Group*. AAAI Spring Symposium on Robotics and Education. Stanford University, March 26-28, pp.1-4, 2001A.

WEINBERG, J.B.; ENGEL, G.L.; GU, K.; KARACAL, C.S.; SCOTT, R.S.; WHITE, W.W.; YU, X.W., *A Multidisciplinary Model for Using Robotics in Engineering Education*. American Society for Engineering Education. Albuquerque, June 24-27, pp.1-9, 2001B.

WEINBERG, J.B.; KARACAL, C.; ENGEL, G.; HU, A.; WHITE, W., *An Interdisciplinary Robotics Course Using The Handy Board*. Information Technology Based Proceedings of the Fifth International Conference on Higher Education and Training. 31 May-2 June, pp.1-5, 2004.

WILTGEN, F., *A Utilização da Robótica como Ferramenta Multidisciplinar no Ensino da Engenharia Elétrica*. XVII Congresso Brasileiro de Automática, Juiz de Fora, 14 a 17 de agosto, pp.1-6, 2008.

WILTGEN, F., *Protótipos e Prototipagem Rápida Aditiva sua Importância no Auxílio do Desenvolvimento Científico e Tecnológico*. 10º Congresso Brasileiro de Fabricação. São Carlos, 5 a 7 agosto, pp.1-6, 2019.

WILTGEN, F., *A Manufatura Avançada Precisa de uma Engenharia Avançada*. Revista de Tecnologia. v.41(02), pp.1-11, 2020.

WILTGEN, F., *Experimentação Prática em Robótica como Instrumento de Ensino e Aprendizagem*. XXIX CINTED 2021 - Ciclo de Palestras sobre Novas Tecnologias na Educação UFRGS. Porto Alegre, 22 a 23 setembro. pp.1-10, 2021.

WILTGEN, F., *Practical Robotics as a Hands-On Tool in Teaching*. e-Transformations. Aguardando a publicação. pp.1-17, 2022.

YU, X.; WEINBERG, J.B., *Robotics in Education: New Platforms and Environments*. IEEE Robotics & Automation Magazine. v.10(03), pp.3-4, 2003.