

Robótica Educativa: Proposta de Uso de Drones no Apoio ao Processo Pedagógico em disciplinas STEM

Igor Yepes¹, Dante Augusto Couto Barone²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFar)
Frederico Westphalen – RS – Brasil

² Programa de Pós-graduação em Informática na Educação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Porto Alegre – RS – Brasil

igor.yepes@iffarroupilha.edu.br, barone@inf.ufrgs.br

Abstract. *With an eye to the growing need for educational technologies that capture students' interest, with effective meaningful learning using active methodologies, fostering the capacity for self-discovery and reinforced by a spiral learning, this work presents a contextualization about educational robotics and the insertion of the drones in this context, as well as initiates the proposal of a pedagogical platform based on drones, which will serve as a basis for teaching STEM disciplines. The platform proposed here will be developed according to needs raised with education specialists, who will evaluate possibilities of use in class, in light of the theories of spiral learning and meaningful learning, helping in the definition of the modules to be developed. The results will be validated by classroom practices, enabling a quali-quantitative assessment in terms of meaningful learning.*

Keywords: *Educational robotics, drones, meaningful learning, spiral learning.*

Resumo. *Com vistas à crescente necessidade de tecnologias educativas que capturem o interesse dos alunos, com uma efetiva aprendizagem significativa com uso de metodologias ativas, fomentando a capacidade de autodescoberta e reforçado por um aprendizado em espiral, este trabalho apresenta uma contextualização sobre robótica educativa e a inserção dos drones nesse contexto, bem como inicia a proposta de uma plataforma pedagógica baseada em drones, que servirá como base para ensino de disciplinas STEM. A plataforma aqui proposta será desenvolvida conforme necessidades levantadas com especialistas em educação, os quais avaliarão possibilidades de uso em aula, à luz das teorias de aprendizagem em espiral e significativa, auxiliando na definição dos módulos a serem desenvolvidos. Os resultados serão validados por práticas em aula, possibilitando uma avaliação quali-quantitativa em termos de aprendizado significativo.*

Palavras chaves: *Robótica educativa, drones, aprendizagem significativa, aprendizagem em espiral.*

1. Introdução

Vislumbra-se, na atualidade, uma escassez de profissionais na área de exatas, o que representa um grande limitador em termos de desenvolvimento para o Brasil e para o

mundo. Entra aí a importância da educação em áreas STEM (acrônimo do *Inglês Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) com intuito de impulsionar o processo criativo, o pensamento crítico, a investigação e a experimentação por meio da educação científica. Para Carl Sagan [SAGAN, 1996], astrofísico americano, consultor da NASA para as viagens à Lua e criador da icônica série de televisão *Cosmos*, nos anos 80: “Toda criança nasce cientista. Nós é que tiramos isso delas. São poucas as que passam pelo sistema com sua admiração e entusiasmo pela ciência intactos”. Elas precisam saber observar, criar hipótese, tentar, errar, tentar novamente. Essas ações, tão comuns e naturais no desenvolvimento infantil, nada mais são do que a essência do método científico. As crianças e jovens necessitam ser estimulados nesse sentido.

Até mesmo aqueles que optarem por seguir carreira em outras áreas, fora das áreas STEM, precisam ter uma formação sólida relativa a esses conteúdos, pois assim terão chance de criar oportunidades em um competitivo mercado de trabalho no qual, a ciência e a tecnologia permeiam de forma crescente praticamente todas as áreas do saber e, cada vez mais, ganha maior valor o que se sabe fazer com o conhecimento do que a quantidade de conhecimento que se tem.

Entretanto, o ensino de certos conteúdos em disciplinas de áreas STEM encontra uma série de barreiras que, por vezes, dificultam e até mesmo impedem o aprendizado por parte dos alunos. Tais barreiras, vão desde concepções alternativas ou *misconceptions*, interpretações próprias e equivocadas dos alunos sobre o mundo que os cerca [GUREL; ERYILMAZ e MCDERMOTT, 2015], até a desmotivação que muitos encontram com relação a essas disciplinas, por carregarem o preconceito de serem difíceis de assimilar pela sua alta complexidade.

Pode-se destacar ainda, que grande parte dos alunos consegue utilizar processos algorítmicos para resolver problemas sem ter uma completa concepção dos conceitos científicos envolvidos. Segundo Arroio [ARROIO, 2006], “Em geral eles memorizam equações e esquemas para resolução de problemas, mas apresentam um desempenho sofrível em teste de compreensão conceitual.”.

Fica clara a necessidade de um maior empenho no uso de metodologias e tecnologias que consigam atrair a atenção dos jovens para além das redes sociais. Nesse sentido, há um crescente uso de robótica educativa, realidade virtual, realidade aumentada, jogos computacionais e outras vertentes tecnológicas com foco nos processos pedagógicos, que buscam despertar o interesse dos alunos, com aulas mais envolventes, nas quais possam aprender diversos conceitos que, de outra forma, seriam repassados de maneira totalmente teórica e tediosa na visão desse público, o qual passa pela disciplina como mero espectador, aprendendo mecanicamente, sem realmente assimilar o conteúdo.

Seguindo o rumo já traçado em vários estudos sobre uso de robótica educativa em sala de aula [COSTELHA; NEVES, 2018], [JUNIOR; QUEIROZ; LIMA, 2018], [PLAZA et al., 2018], [ABREU; BASTOS, 2015], [GONZÁLES; JIMÉNEZ, 2009], vislumbra-se o surgimento de uma tecnologia que, por ora, está subutilizada pela área de ensino: os drones multirrotores. Esses equipamentos robóticos apresentam uma série de características que os torna de alto interesse para alunos e professores, pois possibilitam a realização de uma gama de atividades que podem, se bem aplicadas, propiciar momentos de aprendizado, interação e reflexão diferenciados para os alunos, por se tratar de equipamentos que possuem características muito peculiares em relação aos robôs tradicionais.

Este trabalho é na verdade um estudo preliminar, o ponto de partida de um estudo em andamento, que busca embasamento nas teorias de Jerome S. Bruner, psicólogo e pedagogo norte-americano, forte impulsionador da psicologia cognitiva e criador da teoria da aprendizagem em espiral; e de David P. Ausubel, psicólogo da educação norte-americano, criador do modelo teórico da aprendizagem significativa. Vislumbra-se uma grande afinidade nessas teorias, permitindo formar uma base complementar e norteadora para a proposta aqui descrita, seguindo uma estrutura de ensino em espiral que culmine em um processo de aprendizagem significativa, com vistas à utilização de uma ferramenta pedagógica composta por uma plataforma de robótica educativa baseada em drones.

1.1 Aprendizagem em espiral

Bruner, baseou sua teoria na noção de que a inteligência é um processo biológico que estimula as estruturas mentais. Buscou respaldo na teoria construtivista de Piaget, pois para ele, a aprendizagem também é um processo de construção do conhecimento.

Bruner afirma que qualquer conhecimento pode ser ensinado a qualquer indivíduo em qualquer estágio de desenvolvimento. Para conseguir isso, o processo deve iniciar com metodologias ativas e intuitivas e, posteriormente, podem ser utilizadas formas de representação cada vez mais elaboradas, simbólicas e conceituais. Segundo Bruner [BRUNER, 1960], "As ideias abstratas mais complexas podem converter-se em uma forma intuitiva que esteja ao alcance do aprendiz para ajuda-lo a chegar à ideia abstrata que deve ser dominada". Essa aproximação traz como consequência a necessidade de que os currículos convirjam para um processo em espiral, retomado constantemente e em níveis cada vez mais amplos os núcleos básicos de cada matéria [BRUNER, 2001].

Para Bruner, na aprendizagem em espiral, os conteúdos devem ser apresentados pelo professor de diferentes formas, sempre levando em conta o aproveitamento de conceitos prévios já assimilados pelos alunos, possibilitando a introdução de novos conceitos que se conectem com esses. Deve ser adotada uma metodologia de apresentação do conteúdo, a qual não pode ser desconexa, e deve seguir uma sequência lógica, o que vai facilitar a compreensão do conteúdo. Bruner sugere que o professor trabalhe com a técnica da experimentação, mediante ação do sujeito sobre os objetos a serem aprendidos. É a experimentação, aliada à metodologia utilizada pelo professor, que vai facilitar o processo de aprendizagem, tecendo a conexão entre os novos conteúdos e os conceitos já formados pelo aluno.

Tal como Piaget, Bruner buscou classificar o desenvolvimento cognitivo em etapas. Segundo ele, até aos 3 anos de idade, a criança passa pelo estágio das respostas motoras, aprendendo primordialmente pela manipulação de objetos (estágio da representação enativa); dos 3 aos 9 anos, a sua percepção do ambiente e a elaboração de modelos baseia-se na organização visual, na organização e percepção de imagens. Desenvolve a capacidade de reproduzir objetos, mas está fortemente dependente de uma memória visual, concreta e específica (estágio representação icônica); a partir dos 10 anos de idade, o indivíduo atinge a forma mais elaborada de representação da realidade mediante o uso de uma linguagem simbólica, de caráter abstrato e sem uma dependência direta da realidade (estágio da representação simbólica). Bruner afirma ainda que curiosidade é uma característica facilmente observável em todas as crianças. Por ser tão comum, Bruner considera que é um atributo que define a espécie humana. Dessa forma, a passagem por cada um dos três estágios pode ser acelerada através da imersão da criança

num meio cultural e linguístico rico e estimulante. Qualquer um aprende em qualquer lugar e qualquer tempo [BRUNER, 1960].

Bruner propõe o currículo em espiral, o qual apresenta o mesmo conteúdo, gradativamente, de maneiras diferentes. Antes de apresentar o conteúdo, o professor necessita saber quais são os conhecimentos que os alunos já trazem consigo e, a partir desse conhecimento é que o professor começa a planejar a forma como conduzirá a exploração dos novos conceitos, os quais irão sendo apresentados gradativamente, aproveitando as diferentes inteligências dos alunos (formas de assimilação), mediante aulas dialógicas, uso de recursos audiovisuais, por exploração concreta, entre outras que forem consideradas relevantes para facilitar a assimilação do tema.

Bruner ressalta que na educação são muito importantes os materiais educativos; é importante ter ferramentas de ensino, manipular dispositivos que permitam e facilitem o descobrimento e a aprendizagem. Entretanto isso não é o problema mais importante da educação. Para Bruner [BRUNER, 1960] “as ajudas são instrumentos para contribuir com o atingimento de um objetivo educacional; são esses objetivos e não a existência de ferramentas o que determina o equilíbrio...”. A grande responsável por transportar o aluno de um nível de representação para outro mais elevado é a aquisição da linguagem. A linguagem é uma das grandes ferramentas utilizadas pelo aluno para compreender aquilo que lhe é transmitido, podendo assim, formular novos conceitos. Nesse quesito, torna-se importante que o professor saiba adequar a linguagem utilizada ao público alvo de forma adequada, permitindo que o aluno compreenda o que está sendo ensinado.

A relação ensino aprendizagem carrega algumas características específicas que devem ser observadas pelo professor, e podem auxiliar o processo de aprendizagem e o desenvolvimento cognitivo do aluno. Segundo Bruner [BRUNER, 1973], necessita haver predisposição do aluno para a aprendizagem, a qual deve ser propiciada pelo professor, mediante a identificação dos conhecimentos prévios do aluno, necessários para vincular os novos conceitos que serão ensinados; deve existir preocupação com a estrutura e forma do conhecimento, onde a estrutura diz respeito aos processos mentais já internalizados no aluno, e a forma do conhecimento se refere à forma como esse aluno está pronto ou não para receber novos aprendizados (o planejamento da ação pedagógica necessita aliar a forma à estrutura, de maneira lógica propiciando a conexão entre conhecimentos prévios e novos conteúdos); e, por fim, deve existir um reforço, um estímulo que leva o aluno a se interessar por aquilo que é apresentado em sala de aula - ao elaborar o seu plano de ensino, o professor já deve pensar em estratégias para reforçar a aprendizagem.

Bruner destaca também o papel do professor no processo de aprendizagem, o qual, para atuar corretamente em sala de aula, deve ter a adequada instrução, com fundamentação acadêmica e profissional que propiciem consistência à sua atuação docente; tanto quanto os alunos, o professor deve estar imbuído de motivação para a prática pedagógica; e, por último, a adequação da didática por parte do professor, de modo que esta leve os alunos rumo à construção do conhecimento, assim a forma como o professor apresenta o conteúdo deve realmente auxiliar no processo de ensino aprendizagem.

Para Bruner, o que importa não são as coisas específicas que se aprendem, mas sim o aprender a aprender. Ou seja, que os aprendizes aprendam procedimentos para resolução de problemas, que aprendam a buscar referências que lhes permitam posicionar-se ante um questionador. Assim, os procedimentos utilizados para resolver

problemas devem ser mais valorizados que as soluções, pois o saber é um processo, não um produto [BRUNER, 2006].

1.2 Aprendizagem significativa

Ausubel, tal como Bruner, enfatiza o processo cognitivo na aprendizagem. Segundo ele, a estrutura cognitiva representa o conteúdo total e organizado de ideias de um dado indivíduo. A ênfase de Ausubel se dá na aquisição, armazenamento e organização das ideias no cérebro do indivíduo. Para ele, toda estrutura cognitiva tem pontos de ancoragem, assim, novos conceitos vão se conectar a esses pontos de ancoragem, se organizando e sendo então internalizados (aprendidos).

Aprendizagem, para Ausubel, consiste na ampliação da estrutura cognitiva existente através de incorporação de novas ideias. Nesse aspecto, o aprendizado pode ser categorizado como mecânico ou significativo. Na aprendizagem significativa uma nova informação é relacionada com algum aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo, um subsunçor, o qual possibilita que essa nova informação seja incluída na estrutura cognitiva. Assim, essa nova informação se relaciona de forma não arbitrária (relação lógica e explícita) e substantiva (após o aprendizado, o indivíduo conseguirá explicar o novo conceito com suas próprias palavras) com as ideias pré-existentes. Já na aprendizagem mecânica, as novas ideias ou informações não se relacionam de forma lógica e clara com conceitos previamente existentes na estrutura cognitiva do indivíduo; não há um conceito subsunçor na estrutura para ancorar essa nova informação, assim, essa nova informação pode ser incorporada na estrutura cognitiva de forma mecânica, por exemplo mediante memorização, sendo armazenada de forma arbitrária, não tendo garantia de flexibilidade no uso nem de longevidade dentro da estrutura. Entretanto, para Ausubel não há distinção entre aprendizagem significativa e mecânica, sendo ambas componentes de um processo contínuo de aprendizagem, pois ora o indivíduo aprende de forma significativa, ora de forma mecânica [AUSUBEL, 2000].

Ausubel [2000] afirma que a aprendizagem pode ser processada de duas maneiras diferentes: por recepção ou por descoberta. Na aprendizagem por recepção, mesmo se tratando, por exemplo, de uma aula expositiva, internamente haverá bastante atividade por parte do indivíduo, pois os subsunçores estarão interagindo com novas informações, permitindo sua incorporação, e reestruturando a estrutura cognitiva. Já na aprendizagem por descoberta, o conteúdo deve ser revelado pelo aprendiz. Assim, ao invés dele receber os conceitos ou ideias, ele deve realizar a descoberta utilizando os recursos que lhe forem disponibilizados.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian [1980], "o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averígue isso e ensine-o de acordo.". Caso a pessoa não conheça nada sobre um determinado tema, aprenderá de forma mecânica até gerar pontos de ancoragem sobre o assunto na estrutura cognitiva. À medida que essa aprendizagem deixa de ser mecânica, gerando subsunçores na estrutura, passa a ser significativa, propiciando pontos de ancoragem para novos conceitos. Ausubel propõe ainda outro conceito importante para origem dos subsunçores: os organizadores prévios. Estes são materiais introdutórios, apresentados ao aluno antes do conteúdo em si. Sua função seria servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve aprender de forma significativa. São ancoradouros provisórios para novos conceitos, podendo ser descartados ao ocorrer o aprendizado significativo e geração de subsunçores.

Dessa forma, para promover o aprendizado significativo o material a ser aprendido necessita ser relacionável, de maneira não arbitrária, com prévia existência de subsunçores adequados na estrutura cognitiva do aprendiz. O aprendiz deve ter disposição para relacionar o novo material à sua estrutura cognitiva. Caso não exista essa disposição (intenção de aprender de forma significativa) provavelmente o aprendizado será mecânico (apenas memorizado), de pouca longevidade e pouco flexível. Sabe-se que o aprendiz adquiriu a aprendizagem de forma significativa quando se constata que ele consegue expressar o conceito de forma clara quanto ao significado, precisa, consegue diferenciar o conceito e tem a capacidade de transferência.

Com intuito de deixar mais claro e preciso o processo de aquisição e organização de significados, Ausubel propõe a teoria da assimilação [AUSUBEL, 2000]. Ocorre a assimilação quando um conceito ou proposição A, potencialmente significativo, é relacionado e assimilado por um conceito subsunçor mais inclusivo já existente na estrutura cognitiva, gerando então um produto interacional (subsunçor modificado). Há ainda, de forma concomitante ao processo de assimilação, outro processo que Ausubel denomina de assimilação obliteradora, assim, as novas informações tornam-se espontâneas e progressivamente menos dissociáveis de seus subsunçores até que não sejam mais passíveis de reprodução como entidades individuais.

Com relação às formas de aprendizagem segundo Ausubel [AUSUBEL, 2000], tem-se a aprendizagem subordinada, na qual o novo material aprendido vai manter uma subordinação em relação ao conceito subsunçor preexistente na estrutura cognitiva; a aprendizagem superordenada, na qual os novos conceitos aprendidos, por serem mais gerais e inclusivos que o subsunçor, termina assimilando os conceitos da estrutura cognitiva preexistente, formando um novo subsunçor mais geral e inclusivo; e, por fim, tem-se a aprendizagem combinatória, a qual ocorre quando a aprendizagem não consegue se efetivar nem por subordinação nem por superordenação. Esta última ocorre pelo uso de analogias, buscando a relação com subsunçores preexistentes na estrutura cognitiva, que possam auxiliar na compreensão de novos conceitos.

À medida em que ocorre o processo de aprendizagem significativa, os conceitos são produzidos, elaborados e diferenciados através de sucessivas interações constituídas pela diferenciação progressiva e pela reconciliação integrativa. Na diferenciação progressiva, as ideias mais gerais e mais inclusivas do conteúdo a ser aprendido são inicialmente apresentadas para, posteriormente serem gradualmente diferenciadas. Assim, o conceito original vai sendo detalhado e especializado. Já na reconciliação integrativa, as ideias existentes na estrutura cognitiva podem se reorganizar e adquirir novos significados, são exploradas as relações entre as ideias, dessa forma, o conteúdo não apenas deverá proporcionar a diferenciação progressiva, como também deve observar relações entre proposições e conceitos, ressaltando diferenças e similaridades relevantes e reconciliando inconsistências reais ou aparentes [FARIA, 1989].

Finalmente, Ausubel sugere como aquele que está ensinando pode facilitar o processo de aprendizagem significativa. Para ele, o papel do professor exige quatro práticas básicas [AUSUBEL; NOVAK e HANESIAN, 1980]:

- Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino, determinando os conceitos e princípios unificadores inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras, organizando-os de forma hierárquica, de maneira que progressivamente eles abranjam os menos

inclusivos, permitindo alcançar compreensão dos exemplos e dados específicos. Nessa etapa podem ser utilizados mapas conceituais.

- Identificar quais os subsunçores relevantes para a aprendizagem do conteúdo de forma significativa.
- Diagnosticar aquilo que o aluno já sabe, permitindo então identificar dentre os subsunçores relevantes, quais já estão disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz, os quais devem ser tomados como ponto de partida para o ensino do novo conceito.
- Utilizar facilitadores na aquisição de conceito (de modo significativo), como, por exemplo, utilizar organizadores prévios para facilitar o processo de aquisição desse novo conceito.

1.3 Robótica educativa no ensino

Segundo [ABREU e BASTOS, 2015], a robótica educativa deu seus primeiros passos nos EUA no início da década de 80, com o desenvolvimento da linguagem Logo - fruto da pesquisa de Seymour Papert. No Brasil, o início se deu dentro de universidades como a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Os projetos mais recentes, vêm sendo desenvolvidos em instituições nacionais como o grupo Warthog Robotics, vinculado ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC/USP), o Núcleo de Informática Aplicada à Educação (NIED/UNICAMP), o Programa de Pós-graduação em Informática na Educação da UFRGS (PPGIE/UFRGS), a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), além de diversas outras instituições nacionais e internacionais, como o *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e a *Carnegie Mellon University* (CMU), nos Estados Unidos.

No âmbito da educação, a robótica educativa, também conhecida como robótica pedagógica, é uma ferramenta que estimula o desenvolvimento de competências como a colaboração, a criatividade e a iniciativa. Assim, ela possui um caráter multidisciplinar que gera oportunidades de aprendizagem relacionadas com problemas do mundo real, permitindo ao aprendiz idealizar soluções para problemas, concretizando-as de forma dinâmica e motivadora.

O ambiente de aprendizagem gerado pela robótica educativa propicia a aprendizagem significativa, transformando as aulas em laboratórios de experimentação e exploração. Esse ambiente engloba diferentes áreas do conhecimento, primordialmente, disciplinas de áreas STEM, tais como a matemática, a física, a eletrônica a mecânica e a informática, proporcionando um entorno integrador para os processos de ensino [BARKER e BRADLEY, 2012; BENITTI, 2012; KHINE, 2017].

Segundo MALEC [2001], no aspecto pedagógico, a robótica educativa pode ser analisada sob duas vertentes: a robótica na educação e a robótica para educação. Na primeira, o aluno aprende sobre robótica, a robótica é o foco do processo pedagógico; na segunda, o aluno utiliza a robótica para aprender diferentes assuntos em diversas áreas do conhecimento. Esse duplo enfoque possibilita o desenvolvimento de projetos educativos de aprendizagem significativa, que devem coletar objetivos, conteúdos, metodologia, estratégias de aprendizagem a aplicar, recursos físicos mínimos para o desenvolvimento das atividades e critérios de avaliação para verificação do grau de assimilação de conhecimento por parte dos alunos.

O uso de robótica na educação é, sem dúvida, algo atrativo para os alunos e certamente torna o processo pedagógico mais "divertido". Contudo, diversão não é motivação suficiente para incluir um tópico em um currículo formal. Geralmente as instituições de ensino necessitam mais argumentos para aceitar um novo curso, disciplina ou uma nova metodologia como sendo útil do ponto de vista educacional. É muito comum que os alunos se entusiasmem com cursos baseados em robótica, mas provar que os robôs são úteis em um contexto educacional específico é muito mais difícil que isso. São necessários dados concretos que possam ser utilizados para apoiar a tese de que um determinado conteúdo, com um determinado objetivo educacional, realmente se beneficia desse tipo de abordagem [MALEC, 2001].

Como ferramenta de apoio ao ensino primário e secundário, têm sido conseguidos aportes consideráveis na aprendizagem de conceitos principalmente relacionados com áreas STEM, como as matemáticas, as ciências e a programação, mediante uso de ferramentas que atraíam o interesse dos alunos e que facilitem o processo pedagógico [PAPERT, 1993]. O uso de robótica educativa em sala de aula se justifica para o aprendizado de diferentes áreas [PINTO; BARRERA e PEREZ, 2010], estimulando o acesso ao conhecimento de temáticas de difícil assimilação e pouco motivadoras para estudo. Nesses contextos educativos, é necessário gerar ambientes interdisciplinares de aprendizagem que superem as meras experiências extracurriculares, reconhecendo a robótica como elemento articulador do conhecimento.

De acordo com o estudo de ZILLI [2004], entre as principais vantagens pedagógicas oferecidas pela robótica em sala de aula, podemos citar: o desenvolvimento do raciocínio e da lógica na construção de algoritmos e programas para controle de mecanismos; o favorecimento da interdisciplinaridade, promovendo a integração de conceitos de áreas STEM; a possibilidade de testar em um equipamento físico o que foi aprendido na teoria ou em programas que simulam o mundo real; o estímulo à leitura, a exploração e a investigação; o fortalecimento de habilidades de trabalho em grupo, organização e de comunicação interpessoal; estimulação da criatividade e o desenvolvimento de autossuficiência na busca e obtenção de conhecimentos.

A robótica educativa traz um novo olhar para educação onde o aprendiz é o agente do processo, fazendo parte da construção de seu conhecimento, criando e interferindo no meio, não se limitando a fornecer respostas mecânicas sobre o ambiente, mas buscando também dar um significado próprio. Por sua própria atuação, o aprendiz consegue ressignificar sua vivência.

Nos trabalhos de Cheng, Sun e Cheng [2017; 2018] afirma-se que a robótica na educação é considerada uma ferramenta promissora para ensinar e aprender de várias maneiras. O estudo procura investigar a necessidade da robótica educativa entre seis diferentes grupos de usuários (o pré-escolar, o da escola primária, o do ensino médio, o universitário, o adulto e o idoso). A partir do levantamento realizado mediante cruzamento dos dados obtidos em levantamento bibliográfico, entrevista com especialistas (em ambos os campos simultaneamente: educação e tecnologia) e aplicação de questionário a professores, foi possível chegar a um conjunto de 14 categorias de demandas, dentre as quais o estudo apontou que as maiores demandas são para robótica educativa (ou seja, kits para robótica educativa) e ensino de idiomas. O trabalho analisa ainda as demandas para os diferentes grupos etários, cujo resultado pode ser observado na Figura 1, na qual três itens obtiveram destaque: robótica educativa para estudantes

universitários, ensino de idiomas para crianças em idade pré-escolar e robôs de educação social e especial para crianças em idade pré-escolar.

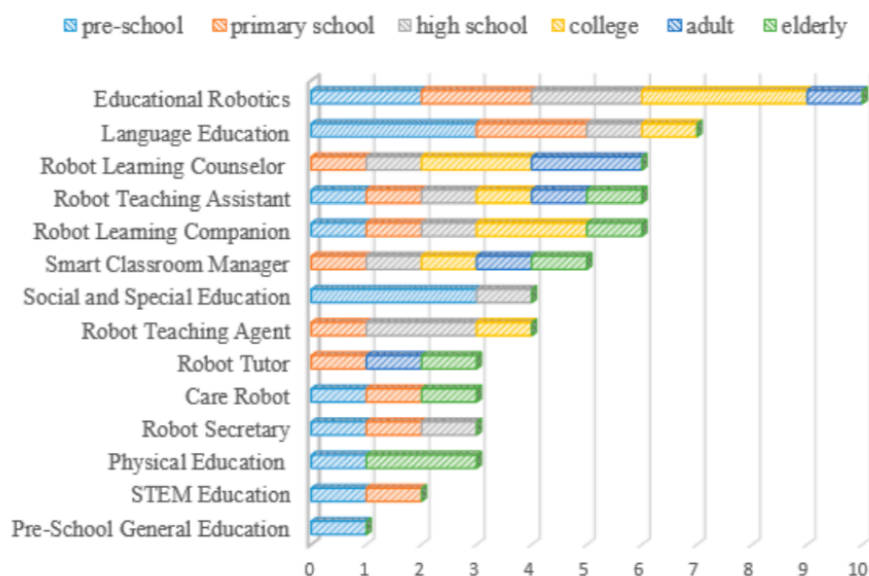


Figura 1 - Demandas por grupo etário [CHENG, SUN e CHENG, 2017].

Além disso, como é possível observar na Figura 1, os resultados mostram que as faixas etárias têm demandas diferentes. O grupo pré-escolar tem maior demanda em duas categorias: usando robôs para ensino de idiomas e para educação social e especial; a maior demanda do grupo de escolas primárias é para robótica educativa e ensino de idiomas; no ensino médio e no universitário, as maiores demandas são para robótica educativa; a maior demanda dos grupos adultos é por um de robô agente de ensino; e a maior demanda do grupo de idosos é a educação física.

2. Drones na robótica educativa

A utilização de recursos tecnológicos com finalidades pedagógicas em instituições de ensino, vem despertando interesse crescente na busca por ferramentas que auxiliem no processo de ensino e aprendizagem. Esse fato gerou um vasto campo multidisciplinar na área da computação, cujo foco está na pesquisa e no desenvolvimento de tais ferramentas. Um desses campos é a robótica educativa, a qual, segundo Abreu e Bastos [2015], pode ser definida como uma área do conhecimento que utiliza os conceitos das engenharias e demais ciências no processo de concepção, construção, automação e controle de dispositivos robóticos com propósitos educacionais.

Piaget afirma que o conhecimento não se transmite, mas se constrói, ou seja, é criado ativamente na mente do aprendiz. O construcionismo de Seymour Papert segue a mesma linha, porém, acrescenta que para alcançar isso é preciso que o indivíduo construa algo tangível, um elemento fora da sua mente que, além de tudo, tenha significado pessoal para ele. Essa última teoria é na que se baseiam muitos dos principais desenvolvimentos de robótica educativa [GONZÁLEZ e JIMÉNEZ, 2009].

Um aspecto relevante da robótica educativa, é sua capacidade de fomentar o interesse por vocações científicas, incutindo nos estudantes uma visão dinâmica e atraente

da ciência e da tecnologia. A importância didática que pode ser proporcionada pela robótica educativa é ampla, por ser uma ferramenta versátil, admitindo diversas formas de utilização conforme os objetivos e perspectivas, valorizando-se positivamente, principalmente por permitir a alunos e professores que modifiquem seu conteúdo, adaptando-o às suas reais necessidades.

Dentro desse paradigma surgem os drones, equipamentos robóticos (autônomos ou radiocontrolados) em evidência na atualidade, em geral, com uma divulgação negativa vinculada ao uso bélico e invasão de privacidade. Contudo, pela sua versatilidade, muitas aplicações civis úteis têm sido desenvolvidas em paralelo, abordando primordialmente as áreas de segurança, indústria, agricultura de precisão, meio ambiente (monitoração e controle ambiental), fotografia aérea e filmagem [FERRI, 2010], [VIEIRA, 2011]. Assim, a aplicação dos drones como ferramenta de cunho pedagógico é uma área praticamente inexplorada.

Os jovens vêm acompanhando o florescer dessa tecnologia com bastante entusiasmo, juntamente com os avanços nas demais áreas da robótica e da inteligência artificial. O fato de ter acesso a um equipamento desses em aula, por si só já torna a experiência de aprendizado muito mais interessante, o que facilita capturar a atenção desse público tão dinâmico e de fácil dispersão, características dos nativos digitais.

Em termos de pesquisas de cunho científico, o uso de drones no processo de ensino e aprendizado é ainda muito incipiente, tendo poucos estudos à respeito e, na maioria dos casos, limitando-se ao uso de drones para aplicações externas, visando captura de imagens aéreas (foto ou vídeo) a serem utilizadas como subsídio em aulas de geografia, química, geologia ou educação ambiental [FOMBUENA, 2017], [PALAIGEORGIOU; MALANDRAKIS e TSOLOPANI, 2017], [FUNG e WATTS, 2017] ou em disciplinas mais específicas de robótica e controle, onde o próprio drone e sua programação são o foco de estudo [KRAJNÍK et al., 2011], [GIERNACKI et al., 2017].

Comercialmente, há um maior empenho no desenvolvimento de sistemas e equipamentos que vinculem drones à educação do que iniciativas em termos de pesquisas e levantamentos científicos que proponham e validem esse tipo de equipamentos e suas respectivas possibilidades didáticas. O mercado já detectou esse nicho e está apresentando propostas, quase todas bastante interessantes, para uso de drones na robótica educativa, como é o caso do drone Airblock, da Makeblock; dos drones da DJI com DroneBlocks e dos drones da Parrot com o Tynker, como será apresentado a seguir.

O drone Airblock é um kit de robótica educativa que surgiu como uma *QuickStarter* e está atualmente sendo comercializado pela Makeblock. A Makeblock comercializa diversos *kits* de robótica educativa, todos modulares, contudo, não foi localizado nenhum estudo científico utilizando a plataforma Airblock que possa validar seu uso do ponto de vista pedagógico.

Segundo os desenvolvedores [MAKEBLOK, 2018], o drone Airblock é a primeira aeronave que usa uma interface gráfica de programação fácil e intuitiva (Figura 2)

semelhante ao Scratch¹ para sua programação, além de um sistema modular para mudar sua configuração, de forma semelhante ao Lego, possuindo um módulo central que atua como computador e motores em módulos hexagonais com hélices, que podem ser facilmente encaixados no módulo central por um sistema de conectores e ímãs (Figura 3).

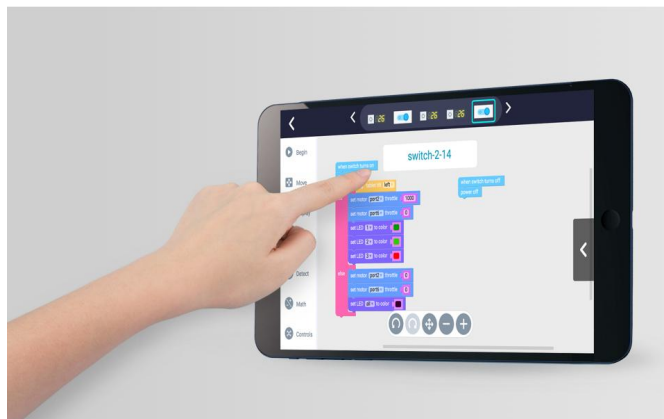


Figura 2 - Makeblock app - o ambiente de programação do Airblock [MAKEBLOK, 2018].



Figura 3 - Drone Airblock com o módulo central e os módulos contendo os motores [MAKEBLOK, 2018].

Segundo Sattar, Tamatea e Nawaz [2017] o DroneBlocks, também inspirado no Scratch, usa os princípios de codificação por blocos lógicos e fornece uma interface fácil de usar, desde que a plataforma robótica (drone) seja compatível. O DroneBlocks foi desenvolvido visando um conjunto de drones comerciais da DJI, entre os quais o DJI Phantom 3, DJI Phantom 4 e o DJI Inspire - atualmente já foram incluídos nessa lista o DJI Tello e o DJI Mavic. Os usuários podem planejar o caminho de voo arrastando e

¹ Scratch é uma linguagem de programação visual desenvolvida no MIT, inicialmente pensada para ensino de programação para crianças. É baseada em blocos que podem ser facilmente conectados para compor estruturas lógicas.

soltando blocos na tela para comandar seu drone. Este aplicativo é adequado para iniciantes, podendo ser usado com fins educativos a partir do quarto ano do ensino fundamental.

O DroneBlocks torna a definição das missões do drone acessíveis através de uma interface de programação intuitiva e fácil de usar. Na Figura 4 pode ser vista a interface do DroneBlocks. Para drones munidos de sistema GPS, como os da linha Phantom e Mavic, o DroneBlocks disponibiliza ainda uma interface de visualização de missões, possibilitando que os usuários visualizem a missão programada em um mapa do Google e efetuem alterações, se necessário.

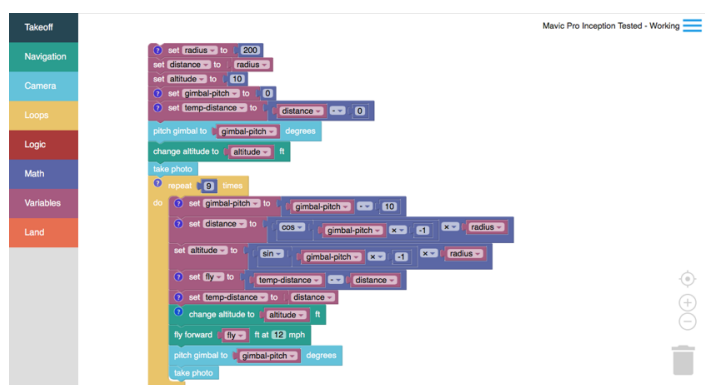


Figura 4 - Interface do DroneBlocks (<https://dev.droneblocks.io>)

Segundo matéria veiculada pela Tynker [2017] o minidrone Parrot Mambo (Figura 5) é um drone leve, robusto e fácil de pilotar, mesmo no caso de usuários iniciantes. O drone conta com boa tecnologia, incorporando sensores de alta precisão, o que garante ótima estabilidade. Além dos sensores, dispõe de atuadores como o lançador de bolas de plástico e uma garra, o que abre muitas possibilidades de projetos em robótica educativa.



Figura 5: Micro drone programável Parrot Mambo drone (<https://www.parrot.com/>)

O Parrot Mambo pode utilizar o aplicativo Tynker para programar suas missões. O Tynker é uma plataforma de computação criativa, baseada em blocos lógicos nos mesmos moldes do Scratch, voltada para o ensino de programação para crianças. A plataforma oferece duas interfaces diferentes, uma para o aluno, que permite codificar e

acessar lições e questionários, e outra para o professor, que possibilita atribuir aulas e monitorar o desempenho dos alunos.

Este trabalho objetiva o desenvolvimento de uma plataforma de robótica educativa baseada em microdrones, para uso em ambientes fechados ou ao ar livre, buscando um baixo risco à integridade humana na sua utilização, elaborando, com auxílio de especialistas em educação, um conjunto de atividades específicas para áreas de conhecimento STEM, buscando respaldo, principalmente, nas teorias de Bruner e Ausubel, para o processo de ensino aprendizagem.

Para tanto, será necessário realizar um levantamento das possibilidades de geração de conhecimento que podem ser propiciadas pelo uso de microdrones como ferramentas pedagógicas com auxílio de especialistas da área de educação, primordialmente em disciplinas STEM; avaliar os componentes eletromecânicos necessários para construção do protótipo da plataforma; projetar e construir um protótipo de microdrone de fácil usabilidade que atenda as necessidades pedagógicas detectadas; analisar as possibilidades levantadas e definir as atividades que possam efetivamente ter o microdrone como ferramenta pedagógica e, por fim, realizar intervenções em sala de aula e coletar dados que possibilitem verificar a efetividade da plataforma como ferramenta pedagógica.

3. Materiais e métodos

Computacionalmente falando, incluindo aqui a parte de hardware (os drones propriamente ditos) e software, deve ser elaborada uma plataforma livre de robótica educativa baseada em drones, que permita a montagem por meio de componentes encaixáveis, mas mantendo a integridade funcional de cada componente, possibilitando que o aluno consiga diferenciar cada módulo utilizado e consiga entender sua utilidade. Ou seja, o conjunto de componentes utilizados para a construção dos drones não deve ser algo obscuro (uma caixa preta) para o aluno. Ele deve conseguir ver e identificar cada componente, mas deve ser fácil de promover a conexão entre as diversas partes da aeronave, possibilitando o intercâmbio fácil de motores, hélices, sensores e demais elementos de hardware necessários, o que não ocorre em modelos comerciais, que possuem módulos agrupando diversos componentes, o que pode limitar as possibilidades de construção e, conseqüentemente, o processo criativo.

Após levantamento e análise entre as principais controladoras existentes no mercado, definiu-se a opção pela controladora programável Mini APM Pro², hardware livre, com fácil conexão com um computador ou dispositivo móvel. Assim, como essa controladora é baseada em Arduino³, possibilita o desenvolvimento ou adaptação de um ambiente visual de programação com uso de blocos lógicos (estilo Scratch), o qual pode

²Mini APM Pro é uma controladora de voo programável, multifuncional e de código aberto, desenvolvida com base na APM 2.6 - baseada na Arduino Mega - com estrutura e interface otimizadas, mais leve e de menores dimensões físicas, ideal para construção de micro e nanodrones.

³Arduino é uma plataforma para prototipagem eletrônica, desenvolvida sob o paradigma de hardware livre, com uma microcontroladora Atmel AVR que disponibiliza diversas portas de entrada e saída, analógicas e digitais, e possibilita programação em linguagem *Wiring*.

ser utilizado pelos alunos para programar a solução de problemas diversos utilizando os drones.

Em decorrência do risco representado pelo uso de drones do tipo multirrotor, uma vez que esses possuem hélices em alta rotação, a plataforma deve ser desenvolvida visando aspectos de segurança, com protetores de hélice e motores de menor potência, diminuindo o risco de cortar caso suas hélices sejam tocadas pelos alunos.

Esses equipamentos devem ser projetados e construídos na forma de protótipos, gerados em impressora 3D ou por uso de outros materiais de fácil acesso como o polipropileno expandido (EPP), buscando uso de componentes de baixo custo e fácil acesso, com portas livres para conexão de sensores e atuadores adicionais que possam ser acrescentados de acordo com a aplicação a ser abordada em aula (infravermelho, laser, ultrassom, som, luminosidade, temperatura, humidade, fumaça, gases, produtos químicos, câmera, garra, GPS, entre outros).

Com relação ao enfoque pedagógico, A plataforma será construída visando a aplicação prática das teorias elaboradas por Bruner e Ausubel, propiciando:

- **Uso de metodologias ativas e aprendizagem por descoberta** - neste trabalho busca-se utilizar metodologias ativas para o processo de ensino e aprendizagem, envolvendo Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) com uso da plataforma baseada em drones, apoiada na aprendizagem por descoberta e significativa, valorizando o aprender a aprender. A ABP exige mudanças no perfil dos participantes (professores e alunos) e, embora apresente características semelhantes aos métodos tradicionais, apresenta objetivos e resultados diferenciados. Na ABP, o aluno está no centro da aprendizagem, diferente das metodologias tradicionais nas quais é o professor que ocupa essa posição [SOUZA e DOURADO, 2015].
- **Exercício do diálogo e do trabalho colaborativo** - nesse contexto, a plataforma de robótica educativa baseada em drones se insere propondo atividades em que seja possível reconhecer a relevância da cooperação nos trabalhos em grupo, que são uma oportunidade de formação pessoal e social, fomentando o "saber dividir" mediante o compartilhamento de tarefas, além de incentivar o "não ter medo de errar", uma vez que com o erro há oportunidades para que o aprendiz compreenda a origem do erro e busque novos caminhos para a solução do problema, investigando, explorando, descobrindo por si próprio (aprendizagem por descoberta). As atividades em grupo são diferenciadas, pois promovem a convivência e o relacionamento interpessoal, motivando a participação colaborativa, criativa e integrada. Durante esse tipo de atividade, algumas etapas devem ser respeitadas e realizadas a fim de alcançar o aprendizado significativo [SOUZA e DOURADO, 2015]:
 1. Contextualização: escolha do contexto real da vida dos alunos para a identificação do problema e a preparação e sistematização, pelo professor, dos materiais necessários à investigação. O Professor deve vincular o conhecimento prévio (subsunçores) dos alunos ao conteúdo que será abordado.
 2. Problematização: os alunos recebem do professor o problema que terão que resolver e iniciam o planejamento da investigação.

3. **Resolução:** desenvolvimento da investigação com uso dos diversos recursos disponibilizados pelo professor. Os alunos se apropriam das informações por meio de leitura e análise crítica, discutem em grupo o material coletado e levantam as hipóteses de solução.
 4. **Apresentação dos resultados e autoavaliação:** compartilhamento do conhecimento mediante apresentação dos resultados obtidos, bem como realização de uma autoavaliação do processo de aprendizagem que realizaram.
- **Estimulação da criatividade:** a utilização de robótica educativa em atividades que compõem a grade curricular, gera um impacto significativo no processo de ensino e aprendizagem, despertando a curiosidade e atraindo o interesse dos alunos, propiciando momentos de descobertas que não são passíveis de realização no ensino tradicional. Isso instiga os alunos a criar soluções, desenvolver estratégias (muitas vezes inesperadas) e inovar, desenvolvendo o raciocínio lógico e capacidade de análise crítica. A plataforma aqui proposta deve permitir essa flexibilidade criativa aos alunos, mediante a disponibilização de diferentes módulos de construção, inicialmente para drones, mas permitindo a liberdade criativa para outros tipos de estruturas e possibilidades de configuração.
 - **Aprendizado em espiral:** o conteúdo deve ser proposto pelo professor, sempre levando em conta o aproveitamento de conceitos prévios já assimilados pelos alunos, possibilitando a introdução de novos conceitos que se conectem com esses. Assim, a plataforma de robótica educativa baseada em drones e as atividades propostas neste estudo, devem respeitar esse conceito, fornecendo, para cada tema a ser abordado, um conjunto de atividades que evoluam de forma crescente em complexidade e abrangência, revisitando conceitos vistos anteriormente, sempre que necessário, de forma a auxiliar na fixação e assimilação destes na estrutura cognitiva do aluno. É importante destacar que o aprendizado em espiral não deve se tornar um "aprendizado circular", no qual a repetitividade de certos temas se torna redundante durante todo o processo, chegando a ser um fator desmotivador para os alunos ou um gerador de atraso e baixo aproveitamento na assimilação do conteúdo – nesse caso, a espiral não avança de forma efetiva, mantendo os alunos "presos" no mesmo conjunto de tópicos. Segundo Ryland [2012], podem ser identificadas quatro causas de repetição indesejada no ensino em espiral: introdução precoce de conceitos; ensinando mais conceitos do que os detalhados no plano de ensino; o ensino do mesmo conteúdo em diferentes disciplinas escolares; e o aprendizado extraclasse. A Figura 6 ilustra como a repetição pode ocorrer.

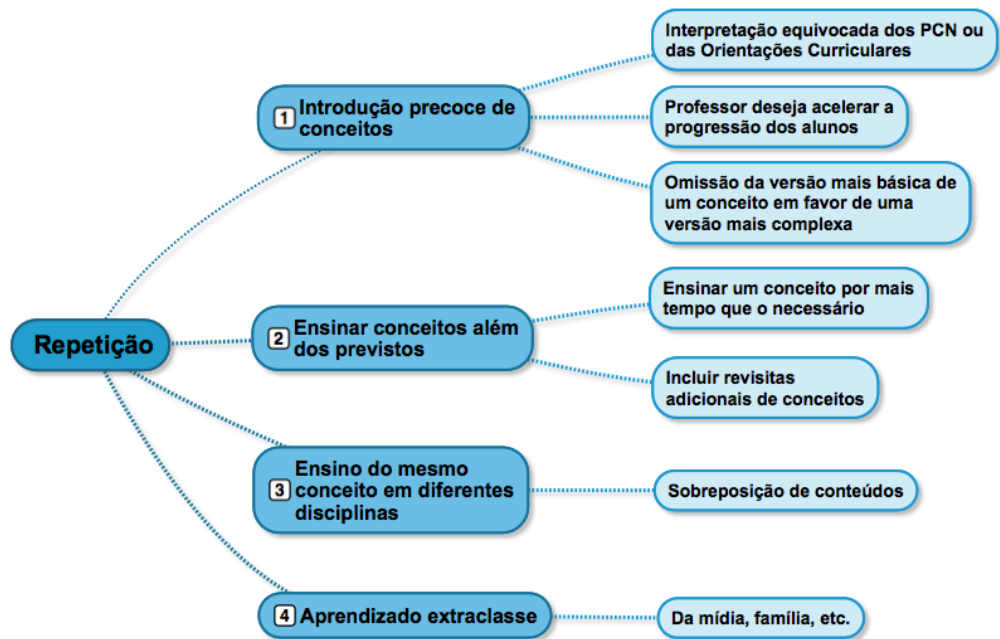


Figura 6 - Causa potenciais de repetição indesejada de conteúdo na aprendizagem em espiral (Adaptado de [RYLAND, 2012. p. 299]).

- **Aprendizagem significativa:** visando comprovar a efetivação de um processo de aprendizagem significativa para este estudo, será avaliada a diferença entre os resultados de um pré-teste e um pós-teste, o que permitirá verificar se essa diferença é significativa em termos estatísticos. Dessa forma, ao comparar os resultados dos testes, será possível observar se novos conceitos referentes ao tema estudado foram elaborados, bem como se ocorreu a modificação e o enriquecimento dos subsunçores pré-existentes nas estruturas cognitivas dos alunos.

Para que essas oportunidades de aprendizagem sejam possíveis, é essencial o levantamento junto a professores e especialistas em educação das diversas áreas de interesse, os quais devem auxiliar a identificar as possibilidades efetivas de uso da plataforma, bem como dar suporte na construção das propostas pedagógicas que servirão de embasamento para utilização da plataforma nas diferentes áreas.

Este trabalho está em andamento, tendo sido concluída a fase de pesquisa bibliográfica e definição de profissionais da área de educação que estão auxiliando na estruturação de propostas de atividades de ensino com uso da plataforma, a qual será então colocada em testes com alunos e professores de cursos de técnico integrado ao ensino médio. Entre esses profissionais, estão dois professores de física, dois professores de matemática, quatro de algoritmos e programação e dois pedagogos. Foi também definida a base para construção dos drones, faltando alguns detalhes técnicos de projeto para proporcionar fácil integração dos diversos blocos necessários para a montagem dos experimentos.

Diversas atividades poderão ser testadas mesmo antes da construção do ambiente de programação das controladoras, uma vez que já estão aptas a receber comandos via equipamento de rádiocontrole manual ou computador com conexão via rádio, e já estão equipadas com software para controle de voo, necessário para interpretação dos comandos enviados e manutenção da estabilidade em voo, bem como já é possível a transmissão de dados de telemetria dos diferentes sensores que podem vir a ser instalados.

Um protótipo não modular, em tamanho maior (40cm de envergadura) foi construído para testes da controladora e já foram adquiridos, mediante importação, os motores e demais componentes necessários para a construção da plataforma. Esse protótipo já possibilitará aos professores e especialistas das diversas áreas, ter uma boa noção de possibilidades de utilização de drones em menor escala em sala de aula.

4. Considerações finais

Com base na linha de pensamento apresentada, este trabalho busca desenvolver uma ferramenta de apoio ao ensino de conceitos tais como força, mecânica, pressão e posicionamento global, que poderão ser abordados de forma prática, possibilitando também a coleta e análise de dados de sensores (altitude, temperatura, velocidade, latitude/longitude, pressão do ar entre outros). Assim, os alunos poderão aprender sobre os fenômenos envolvidos no voo e explorar temas como princípio de Bernoulli, leis de Newton, velocidade, aceleração, força, massa, empuxo, arrasto, enfim, além de conceitos físicos e matemáticos do voo, teriam conhecimento sobre funcionamento de sistemas de posicionamento global (GPS), noções de mecânica, eletrônica, ética e implicações legais (já que drones estão nesse foco atualmente).

A plataforma abre ainda espaço para diversos experimentos que não tenham drones como objeto de estudo, mas que necessitem de motores e hélices com controle de velocidade, como, por exemplo, pequenos túneis de vento, ou sensores para captura de dados ambientais, bastando utilizar a controladora sem motores acoplados ou com diferentes configurações de motores. Professores de diversas áreas serão consultados visando levantar os tópicos de interesse para uso da plataforma.

Pelas suas características, o uso de ferramentas vinculadas à computação e robótica educativas, tendem a despertar o interesse de crianças e adolescentes para prosseguir seus estudos em áreas vinculadas à tecnologia, como cursos de física, matemática, engenharias e computação, áreas com carência de formação profissional para atender a crescente demanda. De forma natural, esse tipo de tecnologia pedagógica tem maior influência nas disciplinas STEM, diretamente vinculadas a área de Exatas, buscando tornar essas disciplinas mais atraentes e menos “complexas” para os alunos.

Referências

- ABREU, J. V. V. d'; BASTOS, B. L. Robótica Pedagógica e Currículo do Ensino Fundamental: Atuação em uma Escola Municipal do Projeto UCA. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, Volume 23, Número 3, 2015.
- ARROIO, A. Concepções alternativas como barreiras no aprendizado de ciências. *Revista Eletrônica de Ciências*, 31. São Carlos: USP, 2006.
- AUSUBEL, D. P. *The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View*. Springer: New York, 2000.

- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BARKER, B. S. *Robots in K-12 Education: A New Technology for Learning*. USA: Information Science Reference, 2012.
- BENITTI, F. B. V. Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), p. 978–988. Elsevier, 2012.
- BRUNER, J. S. *A Cultura da Educação*. Porto Alegre: Artes Médicas, 2001.
- BRUNER, J. S. *Sobre a Teoria da Instrução*, São Paulo: Ph Editora, 2006.
- BRUNER, J. S. *The Process of Education*. Cambridge. USA: Harvard University Press, 1960.
- BRUNER, J. S. *Uma Nova Teoria de Aprendizagem*. 2a ed. Rio de Janeiro: Bloch, 1973.
- CHENG, Y.; SUN, P.; CHENG, N. An investigation of the needs on educational robots. in 17th International Conference on Advanced Learning Technologies. IEEE, 2017.
- CHENG, Y.; SUN, P.; CHENG, N. The essential applications of educational robot: requirement analysis from the perspectives of experts, researchers and instructors. in *Computers & Education*. Elsevier, 2018.
- COSTELHA, H.; NEVES, C. Technical database on robotics-based educational platforms for K-12 students. IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC). Torres Vedras, 2018.
- FARIA, W de. *Aprendizagem e planejamento de ensino*. São Paulo: Ática, 1989.
- FERRI, A. B. Desarrollo de una plataforma de tiempo real para la implementación de algoritmos de control multivariables: Ampliación al control de orientación de vehículos aéreos. *Dissertação de Mestrado em e Automação e Informática Industrial*. Valência: Universidad de Politécnica de Valencia, 2010.
- FOMBUENA, A. Unmanned Aerial Vehicles and Spatial Thinking: Boarding Education With Geotechnology And Drones. in *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, vol. 5, no. 3, pp. 8-18, Sept. 2017.
- FUNG, F. M.; WATTS, S. The Application of Drones in Chemical Education for Analytical Environmental Chemistry. in *Teaching and the Internet: The Application of Web Apps, Networking, and Online Tech for Chemistry Education*. ACS, 2017.
- GIERNACKI, W.; SKWIERCZYŃSKI, M.; WITWICKI, W.; WROŃSKI, P.; KOZIERSKI, P. Crazyflie 2.0 Quadrotor as a Platform for Research and Education in Robotics and Control Engineering. 22nd International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR). Miedzyzdroje, 2017.
- GONZÁLEZ, J. J.; JIMÉNEZ, J. A. La robótica como herramienta para la educación en ciencias e ingeniería. *Revista Iberoamericana de Informática Educativa*. no 10, Jul - Dez 2009, p.31-36. IE Comunicaciones: Espanha, 2009.
- GUREL, D. K.; ERYILMAZ, A.; MCDERMOTT, L. C. A Review and Comparison of Diagnostic Instruments to Identify Students' Misconceptions in Science. *Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. Vol. 11. Issue 5. EURASIA, 2015.

- JUNIOR, E. B.; QUEIROZ, G. G.; LIMA, W. A study of the publications of educational robotics: A Systematic Review of Literature. in IEEE Latin America Transactions, vol. 16, no. 4. IEEE, 2018.
- KHINE, M. S. Robotics in STEM Education: Redesigning the Learning Experience. Springer, 2017
- KRAJNÍK, T.; VONÁSEK, V.; FISER, D.; FAIGL, J. AR-drone as a platform for robotic research and education. International Conference on Research and Education in Robotics, 2011.
- MAKEBLOCK. Airblock: modular and programmable flying robot. 2018. Disponível em: <<https://www.makeblock.com>>. Acessado em: 12 abr 2018.
- MALEC, J. Some thoughts on robotics for education. Proceeding of American Association of Artificial Intelligence Symposium on Robotics and Education. Lund University, 2001.
- PALAIGEORGIOU, G.; MALANDRAKIS, G.; TSOLOPANI, C. Learning with Drones: Flying Windows for Classroom Virtual Field Trips. IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT). Timisoara, 2017.
- PAPERT, S. The children's machine: rethinking school in the age of the computer. BasicBooks: New York, 1993.
- PINTO, M.; BARRERA, N.; PÉREZ, W. Uso de la robótica educativa como herramienta en los procesos de enseñanza. *Ingeniería, Investigación y Desarrollo (12+D)*, 15-23. Colômbia: Revista UPTC, 2010.
- PLAZA, P.; SANCRISTOBAL, E.; CARRO, G.; CASTRO, M.; BLAZQUEZ, M.; PEIXOTO, A. Traffic lights through multiple robotic educational tools. IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). Tenerife, 2018.
- RYLAND, F. S. Food and healthy eating: progression in the curriculum. Tese de doutorado. School of Education - The University of Birmingham. United Kingdom: University of Birmingham, 2012.
- SAGAN, C. Interview to Carl Sagan. Psychology Today, 1996. Disponível em: <https://www.psychologytoday.com/us/articles/199601/carl-sagan>. Acessado em: 05/07/2018.
- SATTAR, F.; TAMATEA, L.; NAWAZ, M. Droning the pedagogy: Future prospect of teaching and learning. International Journal of Educational and Pedagogical Sciences, 11(5). London, United Kingdom: International Scholarly and Scientific Research & Innovation, 2017.
- SOUZA, S. C. E DOURADO L. Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP): Um Método de Aprendizagem Inovador para o Ensino Educativo. Revista Holos, Vol. 5, Ano 31, p. 182 – 200, Setembro, 2015.
- TYNKER. Tynker and Parrot launch “Parrot Mambo Code” — All-in-one bundle to teach kids to program Parrot drones. 2017. Disponível em: <<https://www.tynker.com/about/press/2017/08-tynker-and-parrot-launch-parrot-mambo-code-all-in-one-bundle-to-teach-kids-to-program-parrot-drones>>. Acessado em: 15 abr 2018.

VIEIRA, J. C. S. Plataforma Móvel Aérea QuadRotor. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho - Escola de Engenharia. Portugal: UMinho, 2011.

ZILLI, S. R. A Robótica Educacional no Ensino Fundamental: Perspectivas e Práticas. Dissertação de Mestrado – Florianópolis: UFSC, 2004.