

CardBot - Assistive Technology for Visually Impaired in Educational Robotics: Experiments and Results

R. P. Barros, A. M. F. Burlamaqui, S. O. Azevedo, S. T. de L. Sá, L. M. G. Gonçalves
Member, IEEE and A. A. R. S da S. Burlamaqui

Abstract— We proposes an educational assistive methodology aiming to provide the access to educational robotics activities to students with visual impairments or low vision. As an approach to soften the main issues related to this challenging problem, we introduce a low cost, assistive technology, called CardBot 2.0. Basically, this model for teaching-learning is composed by a programming environment, a mobile application, and several geometric cards, each of them representing a specific action that is recognized by the application with a tag. So, the student can program the robot by selecting and organizing geometric cards on the surface of a board or on a table. Also a contribution of this work being part of the solution, the professor can create new cards and register the respective actions and tags. This allows the professor to add new actions for the robot or even to create a new language. We validated our approach by performing experimental classes for students with different visual impairments and ages, and for students without impairment, with an analysis of the results, qualitative.

Keywords— Assistive Technologies, Visual Impairments, Educational Robotics.

I. INTRODUÇÃO

O BRASIL possui mais de 6,5 milhões de pessoas com alguma deficiência visual [1]. A limitação do deficiente visual não ocorre devido à visão, mas sim pela ausência de oportunidades para vivenciar situações diversificadas. Há várias décadas, muitas pesquisas introduziram tecnologias que permitiram melhorar a vida dos cegos em termos de mobilidade, segurança, educação, entre outros. A robótica e a computação estão cada vez mais presentes no cotidiano dos deficientes para auxiliar em objetivos terapêuticos ou educacionais, tanto no desenvolvimento como na reabilitação.

A robótica educacional possui um enorme potencial pedagógico em todas as faixas etárias e em todos os níveis de escolaridade. Durante a década de 1960, Papert desenvolveu uma linguagem de programação especialmente para as crianças [2]. Isso proporcionou, intensamente, o uso de atividade de controle e robótica nas salas de aula. A robótica educacional, enquanto prática no ensino-aprendizado, é uma ferramenta investigativa e lúdica, onde se emprega a

criatividade do discente na criação de soluções de *hardware* e de *software* visando solucionar desafios práticos propostos embasados nos princípios de Piaget [3] inclusive incentivando o trabalho em grupo defendido por Vygotsky [4]. As oportunidades disponíveis de aprendizagem para os discentes deficientes ainda são insuficientes, especialmente para aqueles que possuem deficiência visual. Até então, para esses discentes, é escasso o ensino de conceitos básicos de computação utilizando a robótica educacional como ferramenta.

Ao longo dos anos, é notório o crescimento dos relatos de experiências de robótica educacional em sala de aula por discentes do ensino infantil até o universitário [5][6][7][8]. Muito esforço e muitas soluções foram realizadas para propiciar o uso dos computadores, e da internet, para os cegos, conforme em [9].

Em nosso levantamento bibliográfico, poucos são os trabalhos tratando especificamente o uso da robótica educacional e o ensino de programação de robôs para os discentes com deficiência visual. Alguns, apresentam apenas um leitor de tela, o que dificulta a utilização de alunos do ensino infantil ou ainda aqueles discentes que não são alfabetizados. Assim, com este propósito, propomos neste trabalho uma ferramenta educacional assistiva, intitulada CardBot 2.0. Com ela, tornamos possível o envolvimento de discentes com deficiência visual em oficinas de robótica educacional a partir do uso de interfaces alternativas. Um dos objetivos do nosso trabalho é estabelecer uma base de conhecimento em computação e robótica e encorajar essas pessoas com deficiência visual a desenvolver e estimular o interesse nessas atividades. Outro objetivo com a ferramenta consiste em propiciar comunicação e exploração do mundo em que essas pessoas vivem e possibilitar que esse processo de interação com o dispositivo favoreça a aprendizagem.

A primeira versão do CardBot [10], apresenta alguns testes, mas a metodologia não chegou a ser efetivamente aplicada, na prática, a alunos com deficiência visual, pois a técnica ainda possuía algumas limitações, como a utilização de uma única linguagem de programação. De fato, esses experimentos iniciais mostraram a exequibilidade da proposta, direcionando o desenvolvimento da versão atual introduzida no presente trabalho.

O CardBot 2.0 permite que o professor crie linguagens de programação tangíveis a partir do nível de cognição de cada turma. Nesta nova versão da ferramenta, sua arquitetura encontra-se substancialmente modificada, com a inclusão de novos componentes tais como: ambiente de criação de linguagens, linguagens tangíveis assistivas que utilizam cartões em formas geométricas e um aplicativo para dispositivos móveis. Diante da linguagem criada pelo professor, o discente desenvolve um programa a partir da organização de cartões geométricos conforme a Fig. 1. Nos cartões geométricos, estão dispostas marcações que contém as

R. P. Barros, Universidade Federal do Rio Grande do Norte), Natal, RN, Brasil, repita@gmail.com

A. M. F. Burlamaqui, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil, aquilesburlamaqui@gmail.com

S. O. Azevedo, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Angicos, RN, Brasil, samuel.azevedo@ufersa.edu.br

S. T. de L. Sá, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Parelhas, RN, Brasil, sarinhaxp@gmail.com

L. M. G. Gonçalves, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil, lmarcos@dca.ufrn.br

A. A. R. S da S. Burlamaqui, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, RN, Brasil, akynara.aglae@ufersa.edu.br

Corresponding author: Renata Pitta Barros

ações que o robô deve realizar. As marcações são lidas através de um aplicativo de celular, visando computar a localização de cada cartão. Um dos diferenciais da solução é a possibilidade do docente criar linguagens diferentes para os robôs.



Figura 1. Ferramenta CardBot 2.0.

O CardBot 2.0 utiliza recursos simples e de baixo custo. O seu uso é lúdico, e pode ser considerado um brinquedo com fins educativos pelos discentes. Apesar de ter foco em possibilitar a programação e a utilização da robótica educacional por deficientes visuais, não se trata de uma ferramenta exclusiva para discentes cegos e sim uma ferramenta inclusiva que pode ser utilizada em sala de aula com todos os alunos, especialmente para alunos da educação infantil.

Na Seção II deste artigo, a seguir, são abordados aspectos conceituais relevantes como: deficiência visual, tecnologias assistivas e linguagens formais, a fim de elucidar definições e conceitos necessários ao entendimento deste trabalho. Na Seção III, é apresentado um estudo do estado da arte realizado, na busca por trabalhos similares ao nosso. A seção IV descreve e discute os aspectos relacionados à concepção do CardBot 2.0, focando nas funcionalidades mais relevantes e também na sua arquitetura. A seção V apresenta os experimentos que foram realizados para validar a ferramenta e uma análise dos seus resultados. Por fim, na seção VI tecemos considerações finais sobre essas análises que validam esta proposta.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção trazemos uma discussão acerca de aspectos conceituais e teóricos sobre as tecnologias assistivas relacionadas à deficiência visual e também discutimos acerca de formalismos para linguagens de programação de robôs.

A. Deficiência Visual

A Organização das Nações Unidas para Educação, a Ciência e a Cultura (ONU) [11] considera que a expressão "pessoa portadora de deficiência" é passível de ser utilizada quando as limitações se enquadram nas categorias contidas no Decreto nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999 [12] e reafirmadas pelo Decreto nº 5.296 de 2 de dezembro de 2004 [13]. Neste último decreto, destacamos algumas categorias ou níveis de acuidade para pessoas com problema na visão. A primeira deficiência visual é a cegueira, na qual a acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica. A segunda é a baixa visão, que significa acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica. Há ainda uma terceira categoria

considerada como deficiência visual que são casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60°. Considera-se também como deficiência visual a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores. Apesar dessas definições bem elaboradas, a nível internacional, isso pode variar, segundo o organismo ou ponto de vista de determinadas áreas da Ciência.

Para o Instituto Benjamin Constan [14], a deficiência visual é uma categoria que inclui indivíduos cegos e indivíduos com visão reduzida. No contexto da Educação, o indivíduo é considerado cego mesmo possuindo visão subnormal, quando necessita da instrução em braille para leitura. Nota-se que um indivíduo com visão subnormal pode ler tipos impressos ampliados ou com auxílio de potentes recursos ópticos.

B. Tecnologias Assistivas

O termo tecnologia assistiva é relativamente novo, tendo surgido há menos de duas décadas. Com o mesmo significado, há um termo presente em documentos da legislação brasileira, denominado como ajudas técnicas, como descrito no Capítulo VII do decreto 5.296 de 2 de dezembro de 2004 que regulamenta a Política Nacional a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência.

Segundo a legislação brasileira, o termo ajudas técnicas significa: os produtos, instrumentos, equipamentos ou tecnologia adaptados ou especialmente projetados para melhorar a funcionalidade da pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida, favorecendo a autonomia pessoal, total ou assistida [13]. Assim, ajudas técnicas é o termo, anteriormente utilizado, para o que hoje se convencionou designar como tecnologia assistiva, adotado neste trabalho.

Para Bersch [15], a tecnologia assistiva na educação especial não trabalha para resolver os problemas dos discentes, mas sim ela deve buscar instrumentos que o auxiliem a resolver suas próprias questões. A autora também ressalta que a utilização da tecnologia assistiva na escola busca, com criatividade, uma alternativa para que o discente realize o que almeja ou necessita.

Para o desenvolvimento de novas tecnologias assistivas acreditamos que a interface tangível tem o potencial para resolver o problema de indivíduos com deficiência visual. Com uma interface tangível podemos garantir uma interação muito mais realista entre o usuário e a tecnologia.

O termo tangível, como fundamento, baseia-se no conceito de aparelhos digitais palpáveis, ou tocáveis. Os aparelhos tangíveis fundamentam-se em três conceitos: interatividade, praticidade e colaboração.

C. Linguagens Formais

Para se trabalhar com aparelhos digitais, tangíveis, é necessário programar, assim como na Robótica Educacional. Segundo Hopcroft e Ullman [16], para criarmos uma linguagem de programação é necessário que essa linguagem seja uma linguagem formal. Uma linguagem formal nos diz todas as regras que são explicitamente declaradas em termos das cadeias de símbolos que podem ocorrer nela. Uma linguagem formal L sobre um alfabeto Σ é um subconjunto de

Σ^* , isto é, o conjunto de todas as cadeias (finitas) sobre Σ . O alfabeto Σ é um conjunto não vazio e finito de símbolos.

Então, podemos definir uma linguagem como sendo: um conjunto de elementos (símbolos) e um conjunto de métodos (regras) para combinar estes elementos, usado e entendido por uma determinada comunidade.

As representações podem ser feitas por reconhecedores e geradores. Os reconhecedores são dispositivos formais que servem para verificar se uma frase pertence ou não a uma determinada linguagem.

Os sistemas geradores são dispositivos formais que permitem a geração sistemática de todas as frases de uma linguagem. Os principais sistemas geradores disponíveis são as gramáticas.

III. TRABALHOS RELACIONADOS

Realizamos uma análise tanto das produções científicas como dos kits comerciais, destacando os pontos positivos e negativos de cada um deles. Ressaltamos que esta análise foi realizada do ponto de vista da utilização dessas tecnologias com os deficientes visuais. As primeiras experiências com robótica educacional com deficientes físico foram realizadas em 1986 por Harwin, W. S. et al. [17]. Desde então, vários pesquisadores produziram trabalhos com várias deficiências, explorando as habilidades cognitivas e as interações entre os robôs e as crianças [18]. Muitos trabalhos foram realizados na área de deficiência motora e de deficiência mental, como em [19][20]. Em 2008, Stephanie Ludi e Thomas Reichlmayr realizam as primeiras atividades de extensão para estudantes com deficiência visual com os kits de programação e robótica da Lego Mindstorms NXT [21].

Ainda em 2008, D'Abreu e Martins [22] implementam uma maquete tátil sonora para pessoas cegas, permitindo aos indivíduos condições para melhor compreensão do espaço físico por onde circulam. Ferrari et al. [23], em 2010, propuseram um *framework* para avaliar a efetividade de um robô para crianças deficientes devido à necessidade de uma metodologia comum em como avaliar esses aspectos. Em 2011, Stephanie Ludi discute a crescente realização de atividades e competições de robótica para crianças sem a inclusão dos deficientes. Assim, os autores discutem estratégias e metodologias para alterar essa realidade [24].

Chung Hyuk Park et al. projetaram, em 2011, um sistema com interação para estudantes deficientes visuais para que possam programar os seus robôs para movimentarem em um ambiente real desconhecido [25]. Em 2012, Ayanna M. Howard et al. propõe o uso de interfaces alternativas para os alunos cegos nas atividades de programação de robótica. A metodologia empregada foi através de um sistema de interação adicional por áudio no processo de programação [26]. Por fim, em 2014, Stephanie Ludi et al. [27] desenvolvem um ambiente de programação para estudantes com deficiência visual. O ambiente criado é acessível a programadores com diferentes graus de visão e possui todas as etapas de programação, conexão e navegação de robôs NXT.

O trabalho de Kakehashi et al. [28] apresenta uma ferramenta educacional com o propósito de ensinar programação de robôs para discentes com deficiência visual. A plataforma, denominada de P-CUBE, é composta por um robô móvel, um tapete de programação, blocos de programação e um computador, conforme ilustrado na Fig. 2.

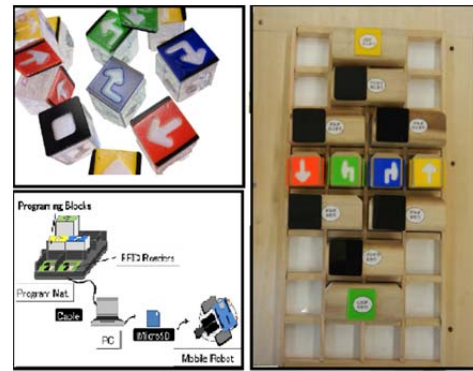


Figura 2. Ferramenta P-Cubes. Fonte: KAKEHASHI, 2013, p. 294–299.

Algumas limitações são encontradas nesse trabalho, como a transferência do programa para o robô que é feita através de cabos que não o torna acessível ao deficiente visual. Além disso, o sistema P-CUBE não realimenta a informação do movimento do robô móvel sem depender da informação visual. O autor ressalta que é um sistema de baixo custo, mas não menciona o valor para adquirir o sistema P-CUBE. Outra desvantagem encontrada é a limitação de ações que o discente tem como possibilidade, é obrigatório utilizar até trinta instruções, uma vez que o tapete de programação só permite essa quantidade. Os demais trabalhos pesquisados não têm como público alvo discentes com deficiência visual, porém resolvemos mencioná-los por conter características relevantes para o escopo do trabalho, que são as linguagens tangíveis.

Foram encontrados vários trabalhos sobre o ensino de programação de dispositivos robóticos utilizando a linguagem de programação Tern [29][30][31][32]. Tern é tangível, projetada para iniciar crianças no contexto da programação de computadores. A criação de programas em Tern é feita por meio do uso de blocos de madeira que representam ações que o robô irá executar. Para transferir o programa para o robô, utiliza-se uma *webcam* conectada a um computador que captura a imagem dos blocos representando o programa. Esta imagem é convertida em um código digital, usando técnicas de visão computacional. A Fig. 3 mostra os blocos de madeira utilizados na programação.



Figura 3. Blocos de madeira da linguagem Tern. Fonte: <http://hci.cs.tufts.edu/tern/robotpark.html>

Uma das limitações dessa proposta é o formato dos blocos que representam as ações dos robôs, são todos iguais. A discriminação é visual, no desenho que define as diferentes instruções que o robô deve executar. Isso torna inviável a discriminação dos comandos a ser programado para o discente com limitações em sua visão, ou seja, não tem como distinguir

flexibilização de linguagens entre turmas diferentes). Tal componente modifica a arquitetura do sistema, que agora é apresentada no presente artigo. Com os experimentos realizados posteriormente, identificamos que não se fazia necessário a mudança do hardware. As dificuldades encontradas pelo discente cego são coerentes para sua idade. É nessa faixa etária que se aprimora a coordenação motora.

Considerando os trabalhos apresentados acima, realizamos uma avaliação das suas interfaces com o objetivo geral de validar a eficácia e a eficiência da usabilidade de cada ferramenta. Os pontos analisados foram: acessibilidade, tangibilidade, custo, interatividade, versatilidade, colaboração, autonomia e *hardware*. Esses pontos foram escolhidos baseados nos principais conceitos de usabilidade e avaliação presentes na área de estudos interface homem-máquina. A Tabela I resume os pontos positivos das plataformas, com o custo (em dólar) associado a cada ferramenta quando disponível. Como pode ser observado, a ferramenta proposta no presente trabalho (CardBot) contempla todos os pontos analisados.

TABELA I
AVALIAÇÃO DAS INTERFACES PESQUISADAS

	P-CUBE	TERN	KIBO	PRIMO	QUETZAL	CARDBOT
Acessibilidade	✓			✓		✓
Interatividade	✓		✓	✓		✓
Tangibilidade	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Colaboração	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Autonomia				✓		✓
Versatilidade						✓
Hardware	Arduino	Próprio	Próprio	Próprio	RCX	Qualquer
Custo	*	*	US\$ 417	US\$ 227	*	US\$ 3

IV. SOLUÇÃO PROPOSTA

A partir da identificação de alguns problemas nas soluções existentes mencionados nas seções anteriores, como a ausência de interfaces acessíveis dos kits de robótica comerciais, a forma de programação dos robôs e os seus altos custos, propomos o CardBot 2.0. Como indicado acima, o CardBot 2.0 é uma ferramenta assistiva com propósito educacional, que permite ao professor criar linguagens de programação diversas, personalizadas para programar robôs móveis. O CardBot 2.0 permite ao professor definir o alfabeto da linguagem no ambiente de programação. Este alfabeto é representado por marcações que serão interpretadas pelo *hardware* do robô. Ressaltamos que esta ferramenta é parte da metodologia de robótica educacional desenvolvida pelo grupo de pesquisa do laboratório NatalNet [36] da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

A programação dos robôs é realizada usando cartões de papel, fazendo uso da ferramenta proposta. Os cartões possuem formatos distintos (formas geométricas) para que o discente deficiente visual possa distinguir as ações do robô através do tato. A programação tangível com cartões de papel possibilita a exploração das propriedades físicas dos cartões,

tais como o tamanho, a forma e a textura o que facilita o discente expressar e conseguir programar cumprindo os desafios propostos.

O professor associa marcações às formas geométricas para tornar essa linguagem tangível através de impressões em cartões de papel. Escolhemos as formas geométricas para representar a linguagem de programação, pois conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais os conceitos geométricos constituem parte importante do currículo da disciplina de Matemática, por desenvolver no aluno um pensamento que lhe permite compreender, descrever e representar, de forma organizada, o mundo em que vive [37]. A representação geométrica é uma forma simples e distinta de representar as ações do robô. Além disso, esse recurso estimula a parte sensorial tátil do discente.

Outro ponto favorável desse modo de programação tangível é a inclusão entre os discentes deficientes e os ditos normais, através dos programas criados e visíveis a todos. Com isso, é possível estimular e envolver discussões de ideias para depuração e, literalmente, compartilhar o código, estimulando o trabalho colaborativo, que é um dos princípios inerentes à robótica educacional.

O CardBot 2.0 utiliza um aplicativo de celular para a leitura dos cartões. A interface do aplicativo foi projetada com foco em seu público alvo, levando em consideração os aspectos da acessibilidade.

O aplicativo de celular foi uma das escolhas tecnológicas visando minimizar os custos para implantação da robótica educacional nas escolas. De acordo com dados da 26ª Pesquisa Anual sobre o uso de tecnologia da informação (TI), realizada pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) [38], existem mais de 320 milhões de aparelhos celulares no Brasil, o que representa 158% da base de habitantes do nosso país. Ou seja, existe mais de um celular para cada habitante.

Sendo assim, podemos inferir que o celular é um aparelho extremamente comum, e que, atualmente, dado o número de aparelhos na sociedade, é raro que uma pessoa não tenha celular. Assim a utilização de um aparelho desses como ferramenta de ensino não é um custo a mais para implantação das oficinas de robótica, uma vez que o docente pode utilizar o seu próprio aparelho como ferramenta de ensino.

A. Ambiente de Criação de Linguagem

O ambiente de criação de linguagens de programação é uma das contribuições principais deste trabalho. Ele permite ao docente criar suas aulas utilizando a linguagem de programação mais adequada a sua turma. Para tanto, uma interface amigável e intuitiva foi desenvolvida para ajudá-lo nessa tarefa.

Para que o docente crie uma linguagem de programação, é necessário que o mesmo defina o alfabeto da linguagem desejada. Esse alfabeto será o grupo de comandos disponível para o discente criar os seus próprios programas futuramente. De acordo com os conceitos apresentados na fundamentação teórica, garantimos que o docente seja capaz de criar uma linguagem formal.

O CardBot 2.0 oferece ao usuário docente um ambiente no qual ele pode criar seus próprios símbolos para compor o alfabeto da linguagem, e, consequentemente, a partir de um conjunto destes símbolos, formar a sua própria linguagem de programação.

Esse ambiente, apresentado na Fig. 8, permite ao docente controlar o nível de abstração utilizado em suas práticas didáticas, de modo que exista um acompanhamento otimizado dos estágios cognitivos dos discentes.



Figura 8. Ambiente de criação das linguagens.

Com diferentes maneiras de criar seus símbolos, o professor terá maior liberdade criativa, maior controle das situações e uma maior versatilidade no processo ensino-aprendizagem. A linguagem por ele criada pode ser adaptada de maneira simplificada através de uma interface de criação simples e intuitiva.

Para criar os símbolos, que compõem o alfabeto da nova linguagem, o docente deve conhecer a linguagem R-Educ [39], pois é a partir dela que o professor define o significado semântico de cada símbolo do alfabeto. Como pode ser visto na parte superior da Fig. 8, no campo **Código do Símbolo**, o primeiro passo é o docente determinar o nome da ação que o robô irá executar. Logo abaixo, aparece uma lista de comandos em R-Educ onde o docente pode selecionar quais são as ações que robô deve executar quando interpretar o novo símbolo que está sendo criado. Podem ser selecionados um ou mais comandos para compor o novo símbolo da gramática, portanto permitindo comandos compostos.

No campo **Tempo**, o docente define por quanto tempo a ação deve ser executada. Após, é necessário gerar um código **QR-Code** (clicar no botão criar código QR-Code) e inserir no sistema (fazer a *upload*) a imagem (ou forma geométrica) que irá representar os símbolos da nova linguagem, salvando esse símbolo em seguida (clicar no botão salvar símbolo). A medida que os símbolos são criados, eles ficam dispostos no lado esquerdo da tela.

Após criar todos os símbolos, devem-se salvar todos eles (clicar no botão salvar) e em seguida deve-se baixar o arquivo desses (clicar no botão *download*) para que seja gerado um arquivo com os símbolos da linguagem e suas respectivas marcações. Por fim, o usuário deve clicar no botão enviar, para que o ambiente gere e envie um interpretador ao dispositivo robótico a fim de identificar os símbolos recebidos pelo aplicativo e executar a ação correspondente. A geração

desse interpretador é realizada de forma automática fazendo o uso do trabalho descrito por Sá et al. [40].

B. A Linguagem Assistiva

Para realizar os experimentos de validação deste trabalho, criamos uma linguagem utilizando a ferramenta CardBot 2.0. Nessa linguagem foram definidos seis símbolos que compõem a gramática.

Com essa nova linguagem, definimos apenas que os discentes podem utilizar dois motores para deslocamento e um sensor de cor. Foram codificadas quatro ações para locomoção do robô e mais duas ações para interação com o ambiente através do sensor de cor, vistas na Tabela II.

Cada ação foi codificada em um QR-Code. A mensagem de texto associada a cada QR Code foi: *F* - frente, *D* - direita, *E* - esquerda, *P* - parar, *La* - acender luz azul e *Lv* - acender luz vermelha. A mensagem codificada também inclui o tempo em segundos de cada ação. Por exemplo, para solicitar que o robô se locomova para frente por 20 segundos, a mensagem codificada no QR-Code será “F,20”. O próximo passo é imprimir os códigos QR-Code gerados e fazer as formas geométricas para serem utilizadas em sala de aula.

TABELA II
EXEMPLO DE LINGUAGEM CRIADA NO AMBIENTE

Símbolo	Ação	Código	Descrição
	Frente	F	Aciona 2 motores no sentido horário ao mesmo tempo
	Direta	D	Aciona dois motores em sentidos contrários ao mesmo tempo
	Esquerda	E	Aciona dois motores em sentidos contrários ao mesmo tempo
	Parar	P	Desliga dois motores ao mesmo tempo
	Acender luz azul	La	Aciona o sensor de luz na cor azul
	Acender luz vermelha	Lv	Aciona o sensor de luz na cor vermelha

C. O Aplicativo CardBot 2.0

Após a definição da linguagem no ambiente de programação e o envio do interpretador para o robô, pode ser iniciada a programação do robô fazendo uso da linguagem criada para solucionar um desafio proposto a partir de um aplicativo de celular, também chamado de CardBot 2.0, que é outra contribuição deste trabalho.

O aplicativo desenvolvido possui dois modos distintos de programação: controlar e programar. Ao escolher qualquer um dos modos o aplicativo solicita ao usuário que ele estabeleça uma conexão entre o robô e o celular. Essa conexão é feita através da leitura do nome do dispositivo robótico que

também foi codificada previamente pelo professor em um QR-Code. Neste trabalho utilizamos uma conexão via *Bluetooth*.

Após a conexão *Bluetooth* ser estabelecida no modo controlar, a programação pode ser realizada direcionando a câmera do celular em busca de um QR-Code contido no cartão. Quando a imagem do QR-Code é capturada, o celular vibra para informar que encontrou um símbolo e realiza, em seguida, a decodificação da informação. Uma vez decodificada e interpretada a informação do QR-Code, o aplicativo envia por *Bluetooth* a informação para a placa de controle do robô. A placa de controle recebe, interpreta e executa a informação codificada para controle dos motores. Para que a próxima ação seja executada, é necessário aguardar o fim da ação anterior e só então posicionar outro cartão para ser capturado e, então, o processo se repete. Este processo é ilustrado na Fig. 9.

No modo programar o funcionamento é semelhante ao anterior. Os símbolos são capturados pela câmera do celular, porém são armazenados em uma lista e só ao final da leitura do último cartão o robô executa todas as ações na ordem em que foram armazenadas. Para que o discente tenha conhecimento de que foi realizada a leitura do cartão o celular vibra sempre que um cartão é identificado.



Figura 9. Aplicativo Cardbot no modo controlar.

Para reconhecer o próximo cartão o discente deve tocar novamente a tela do celular para ativar a câmera. Esse procedimento foi implementado a fim de evitar que o aplicativo leia o mesmo símbolo mais de uma vez, gerando assim um erro na lógica do algoritmo em desenvolvimento pelo aluno.

V. EXPERIMENTOS E RESULTADOS

Para validação da ferramenta proposta, realizamos uma pesquisa de campo de cunho qualitativo. Empregamos como instrumento de coleta de dados a observação participante, a qual é definida como “uma estratégia de campo que combina, simultaneamente, a análise de documentos, a entrevista de respondentes e informantes, a participação e a observação direta e a introspecção” [41]. Optamos por fazer uso deste instrumento, pois ele nos dá margem para estabelecer um contato pessoal do pesquisador com o objeto de investigação, permitindo acompanhar o desempenho e interação dos alunos, com e sem a ferramenta proposta.

Realizamos a pesquisa em dois distintos momentos: experimentos sem o uso da ferramenta e experimentos com o uso da ferramenta. Em cada um desses momentos seguimos as três fases da observação participante que são a observação descritiva, observação focalizada e observação seletiva.

Em um primeiro momento, realizamos oficinas de robótica sem o uso das ferramentas propostas neste trabalho a fim de elucidarmos os reais problemas em trabalhar com uma turma com alunos com e sem deficiência visual utilizando as ferramentas previamente utilizadas.

Em um segundo momento, após nos depararmos com impasses e transformá-los em requisitos para essa nova ferramenta educacional assistiva, realizamos novas oficinas de robótica utilizando-a. Um guia com os aspectos a serem observados em relação ao desempenho dos participantes é entregue aos docentes para efetivação dos experimentos, nos dois momentos.

A. Experimentos Sem a Ferramenta

Inicialmente as oficinas foram realizadas com alunos de um clube de robótica [42]. Neste selecionamos uma turma com sete alunos, entre 5 e 7 anos de idade. Utilizamos computadores, kits de robótica da LEGO Mindstorms NXT e materiais de apoio. O *software* utilizado para o controle e programação dos robôs foi o aplicativo de celular **ControlEduc**.

Na etapa da observação descritiva nosso cenário abarcava sete alunos observados, um deles, com 6 anos de idade, possui deficiência visual. Este aluno estuda em uma escola regular e é acompanhado por uma pedagoga no contra turno da escola. O período de observação durou aproximadamente dois meses. Houve sete encontros, dentre eles uma apresentação para os pais, utilizando os robôs e os temas abordados nas oficinas.

Com destaque no processo efetivamos nossa observação focalizada, analisamos a metodologia das oficinas, na qual seguiu a metodologia do clube de robótica, que consiste de encontros semanais com três horas de duração e é dividida em três etapas. Na primeira, o professor explica o assunto abordado naquela oficina e questiona os alunos se eles já possuem algum conhecimento prévio, e propõe um desafio a ser solucionado. No segundo momento, o professor indaga às crianças se um robô poderá auxiliar na solução do desafio proposto. Por fim, é proposto um modelo de montagem do robô que deverá ser montado e programado ou controlado para resolver o desafio.

Na terceira etapa de observação, chamada observação seletiva, nos concentramos em buscar indícios que nos trouxessem os requisitos da ferramenta. Houve dois professores sem experiência em educação inclusiva. Os temas abordados nos encontros foram planejados previamente pelos professores sem serem influenciados por haver um aluno com deficiência. Por fim, após as etapas da observação participante descritas anteriormente, bem como a utilização de uma breve entrevista com os docentes, chegamos aos seguintes dados e indícios:

No primeiro encontro do aluno com a turma, não foi comunicado que ele é cego. A reação das demais crianças foi de curiosidade, mas em nenhum momento se levantou alguma questão a respeito da deficiência. Um dos professores relatou: “A aula de hoje foi atípica [...] Embora ele tenha suas necessidades, não se mostrou em nenhum momento inferior aos demais alunos. [...] ele participou muito bem e os alunos não se sentiram nem um pouco contrariados nem muito menos incomodados”. O segundo professor acrescenta: “No início o aluno se mostrou muito ansioso, as suas mãos suavam e o

tempo todo questionava onde estava o robô porque ele já queria começar a montar”.

Nesse primeiro encontro, foi observada uma dificuldade apenas na terceira etapa da oficina. Ao encaixar as peças do kit, apesar do auxílio dos professores narrando como seria o posicionamento correto das peças, o aluno se mostrou impaciente, e foram necessárias diversas tentativas até conseguir realizar os encaixes.

Nos próximos encontros, a ansiedade foi trabalhada e ele passou a entender que precisava trabalhar junto com o grupo. Um dos professores ressaltou que: “No início da aula, foi perceptível, no aluno, que a sua inquietação vem diminuindo com o decorrer das aulas. Nas oficinas anteriores, quando ele perguntava sobre quando iria ser montado o robô ele ainda se mantinha ansioso e queria montar o robô. Por estar se adaptando as aulas e aprendendo a ser mais paciente, isso é um ponto muito positivo”.

A dificuldade em lidar com a montagem foi presente em todos os encontros, porém isso não foi um empecilho para que o mesmo acompanhasse as aulas.

Como as aulas não foram planejadas para inclui-lo, os professores foram fazendo as adaptações necessárias no decorrer dos encontros. Em uma de suas falas, um dos professores destaca: “No decorrer das aulas ficávamos espantados com a reação dele, pois achávamos que ele seria incapaz de executar a atividade proposta. Por exemplo, na aula do Tiro ao Alvo, onde era necessário mirar o robô para acertar os alvos que estavam projetados na parede da sala”.

No último encontro, realizamos uma mostra de robótica. O tema escolhido pelos alunos foi as sete maravilhas do mundo. Nessa atividade, há um mapa do mundo onde o objetivo das crianças é conduzir o robô pelo mapa até chegar ao país ao qual pertença cada uma das sete maravilhas.

O robô foi montado pelos alunos, porém houve a necessidade de algumas intervenções do professor para que o aluno cego pudesse manipular o robô.

O mapa não possuía nada que pudesse facilitar o entendimento do aluno especial, como a linguagem em braile, por exemplo, nem o contorno em alto relevo. O sucesso da participação do aluno em questão foi possível com a ajuda dos demais alunos, que lhe passaram uma noção de espaço, indicando em qual direção ele deveria seguir. Nesse momento um dos professores lembra: “[...] com isso ele conseguia chegar ao seu país sem a ajuda de outra pessoa para manusear o robô [...] Ele mesmo, depois de algumas aulas, era capaz de levar o robô ao destino”.

No decorrer da preparação para essa apresentação final, foi encontrada uma barreira em como o discente cego iria controlar o robô, pois o que havia de ferramenta disponível no momento era um aplicativo de celular com as setas direcionais do robô projetadas na tela que tornava inviável a utilização pelo aluno com deficiência.

B. Experimentos Com a Ferramenta

Uma vez desenvolvido o CardBot 2.0, fizemos quatro novos experimentos seguindo as mesmas fases da observação participante: o primeiro com uma turma de alunos não deficientes realizado em um evento de robótica; o segundo com um deficiente totalmente cego; o terceiro com uma

deficiente com baixa visão; e o quarto com uma turma mista com quize alunos nos quais cinco são cegos.

As oficinas planejadas consistem de uma apresentação sobre robótica, seguida da montagem de um robô simples, e finalizada com a programação de um robô usando a ferramenta proposta.

A apresentação é realizada utilizando *slides* para os alunos sem deficiência e ao mesmo tempo o professor entrega peças a título de ilustração para os alunos com deficiência manusearem. Ao fim da apresentação também são apresentados os cartões geométricos e o aplicativo, explicando os princípios de programação através de comandos como “mover para frente” ou “virar à direita”. Os discentes recebem os telefones celulares (*smartphones*) com o aplicativo, e para os deficientes visual ou com baixa visão é ativada a ferramenta *TalkBack* do SO Android para que possam utilizar o aplicativo.

A montagem consiste em encaixar a conexão de dois servo-motores um no outro, de modo que o movimento de um alimentasse o movimento do outro. Um dos motores é conectado a um eixo e a uma manivela. O objetivo desta montagem é introduzir o conceito de servo-motores e algumas peças de encaixe.

A programação consiste em fazer com que o robô dê uma volta em uma pista circular e retorne à posição de partida. Para que os discentes cegos ou com baixa visão possam compreender a pista, a mesma é montada com quadrados feitos de papelão com marcações impressas. As marcações em cruz possibilitam que a pista tenha qualquer formato, encaixando um quadrado ao lado do outro e prendendo ao chão com fita adesiva, e servem como um trilho para que o robô use seus sensores para corrigir sua movimentação, garantindo que sempre estaria na posição que foi programado ao fim de cada movimento.

O **primeiro experimento desta etapa** foi realizado em um evento que ocorreu no clube de robótica da RoboEduc (www.roboeduc.com). No evento, havia pais e crianças que participaram da dinâmica proposta. Todos ficaram empolgados com a possibilidade de programar o robô colaborativamente utilizando os cartões geométricos de forma prática e rápida. O grupo desse experimento não tinha nenhum tipo de deficiência. Foi despertado nos participantes o interesse em programar o robô sem a necessidade de um computador para cada.

O discente do **segundo experimento com a ferramenta** é um jovem de 28 anos, totalmente cego, que só teve acesso à escola aos 16 anos e estava concluindo o 2º grau. Ele já possuía um *smartphone* com a ferramenta de síntese de voz acionado e configurado para uma velocidade de voz mais veloz (que só ele entendia direito), e já possuía conhecimentos de informática e de programação, que aprendeu com os amigos – mas não tinha nenhum conhecimento sobre robótica.

Durante a primeira etapa da oficina, ele demonstrou especial interesse enquanto manuseava as peças, e conseguiu identificar LEDs e outros componentes eletrônicos fazendo uma analogia com peças de computador. Na segunda etapa, ele montou o robô com servo-motores sem dificuldades. Na terceira etapa, ele teve dificuldades inicialmente, pois não conseguia ter certeza em que espaço da pista o robô estava. Então teve a ideia de se sentar ao lado da pista para conseguir

ouvir o barulho dos motores e sentir com o tato a posição do robô quando ele eventualmente se perdia. Na segunda tentativa, conseguiu realizar a atividade proposta com sucesso.

Quando questionado se ele considerava a ferramenta com suporte a acessibilidade, respondeu: “Está muito acessível, e o fato de eu estar sentado no chão é muito bom, pois tem a recompensa de não só ouvir o barulho quanto de ver o que acontece usando a mão”. Em seu depoimento final, ele falou “eu gostaria de agradecer por ter sido escolhido por vocês para fazer parte deste teste. E em relação ao que eu aprendi, eu me senti hoje um cientista, apesar de não ter sido eu quem criou o robô e ter programado, eu vi do meu jeito como as coisas são criadas e me senti, em poucas palavras, um cientista. Em 2003 iniciei minha carreira estudantil, já com 16 anos, e jamais imaginei passar por uma situação parecida com essa, de conhecer robô, peças eletrônicas, e isso aconteceu sem eu procurar. Eu só tenho que agradecer pela oportunidade. O programa está de parabéns.”. Ele sugeriu que a ferramenta tenha um módulo para responder a comandos de voz, e também a inserção de etiquetas em braille nos cartões.

A discente do **terceiro experimento com a ferramenta** é uma jovem de 11 anos de idade, que possui apenas 5% de sua visão em um dos olhos e cega do outro olho, ela enxerga apenas as cores, pressionando o globo ocular, e é atendida pela APAE (Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais).

Esta aluna, que está no ensino fundamental I, não conhecia ferramentas de acessibilidade às TICs, tal como a síntese de voz. Portanto, ela não possuía conhecimentos prévios de informática ou de robótica, e ficou distraída no fim da primeira etapa da oficina quando foi apresentada ao *smartphone* com a síntese de voz e questionou: “Este telefone é para ‘cegos’?”. Ela não apresentou dificuldades de montar o robô de servo-motores.

Devido à sua inexperience com tecnologia, apresentou dificuldades para manusear o aplicativo, e confundiu-se com os sons emitidos. Ela sentou ao lado da pista e conseguiu localizar fisicamente o robô com a ajuda do som dos motores enquanto desempenhava a tarefa de programação. Apesar das dificuldades, a discente se mostrou motivada durante toda a oficina e em seu depoimento ao término do encontro manifestou que tem muita vontade e esperança de aprender com a ferramenta.

A turma do **quarto experimento com a ferramenta** havia cinco alunos cegos, três com baixa visão e dois totalmente cegos. Os alunos tem idades entre 5 e 7 anos. Realizamos quinze encontros com as mais diversas temáticas. A colaboração dos alunos para solucionar a programação foi o ponto que mais se destacou nesses experimentos. Um dos professores destaca “Fiquei muito feliz em ver todos participando e empanhados para solucionar as atividades propostas. É notável a autonomia dos alunos cegos, por reconhecerem nas formas geométricas as ações do robô.” A evolução da turma durante os encontros é observada pela duração em realizar cada atividade e os alunos comentam “Isso é muito fácil, quero fazer agora o robô voar”. Outro facilitador para o docente é a versatilidade que a ferramenta oferece. A cada encontro, o docente cria as ações para tornar possível a resolução das atividades e para desafiar os alunos a pensar qual a melhor solução. O professor menciona “Quando planejei as atividades precisei modificar e adicionar ações a

linguagem que os alunos já estavam utilizando, com, por exemplo, levantar e baixar a caneta que estava acoplada no robô. Com isso tive uma maior liberdade no planejamento das atividades”.

C. Análise Comparativa das Oficinas

Em um terceiro momento, fizemos uma quantização dos aspectos observados, visando estabelecer uma maneira de comparar o uso e não uso da ferramenta. Para tal, selecionamos quatro dos pontos observados, quais sejam: *interatividade*, *colaboração*, *autonomia* e *versatilidade*. Escolhemos esses aspectos em busca de uma visão mais ampla dos resultados dos nossos experimentos partido dos seguintes pontos de vista:

1. O professor em relação ao desempenho do aluno (Colaboração)
2. O aluno em relação ao Cardbot 2.0 (Autonomia, Interatividade)
3. O professor em relação ao Cardbot 2.0 (Versatilidade)

Foram atribuídas, empiricamente, notas entre 0-5 para as observações realizadas durante as dez oficinas mais significativas, de acordo com a seguinte legenda:

- 0: Não houve relevância
- 1-2 : Pouca relevância
- 2-3 : Média relevância
- 4-5 : Muita relevância

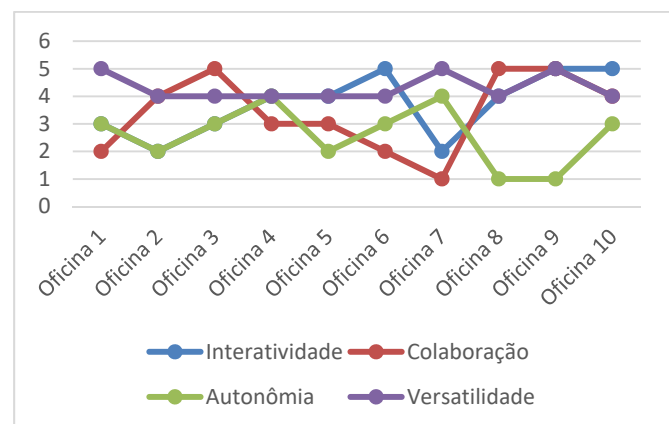


Figura 10. Quantização dos dados das oficinas.

Usando os dados quantizados, o gráfico da Fig. 10 foi gerado. Como pode ser visto, no aspecto da **Colaboração** obtivemos uma média de 3,4 pontos, nos quais 70% das nossas oficinas apresentou valores acima de 3 pontos, que corrobora com um dos principais objetivos da Robótica Educacional, a troca de informação entre os alunos para relatar as atividades com êxito. Um dos pontos relevantes dessa colaboração foi na construção dos algoritmos para a resolução das atividades, onde cada aluno questionava e opinava qual seria a próxima instrução que o robô iria executar.

No aspecto da **Interatividade** obtivemos uma média de 3,7 pontos, nos quais 40% apresentamos valores abaixo de 3,0 pontos. Destacamos o quanto as emissões sonoras e a vibração do celular foram relevantes para obtermos êxito nesse aspecto.

Os alunos conseguiam saber quando o aplicativo reconhecia ou não os símbolos. Destacamos também a informação de quando se iniciava, durava e finalizava cada uma das ações executadas pelo robô. Isso proporcionava aos alunos cegos um domínio/autonomia sobre as atividades realizadas.

No aspecto da **Autonomia** obtivemos média 2,6 pontos, nos quais 60% dos valores obtivemos valores 3 pontos. Esses valores não ficaram dentro do esperado para os experimentos. Atribuímos esse resultado a falhas nas leituras dos cartões de marcação. O professor precisou intervir para solução desses problemas. Contudo os alunos em 100% das vezes sabiam quais seriam as ações que queriam utilizar.

No aspecto da **Versatilidade** obtivemos uma média de 4,3 pontos, nos quais em 90% das oficinas que se fizeram necessários as alterações nas linguagens criadas, os professores fizeram sem maiores transtornos. Isso possibilitou ao docente uma maior criatividade/liberdade em suas atividades.

Esses resultados respaldam com nossa tese de que é possível utilizar a robótica educacional com crianças cegas, proporcionando interatividade e indicando a possibilidade de servir como ferramenta de ensino.

VI. CONCLUSÃO

A robótica educacional é uma ferramenta que contribui para modificar perspectivas acerca da resolução de problemas através do raciocínio lógico. Acreditamos que ao assimilar conteúdos de raciocínio lógico e lógica de programação, será mais simples assimilar outros conteúdos relacionados ao currículo escolar tradicional.

A partir do exposto neste artigo, acreditamos que com o uso de tecnologias educacionais assistivas de baixo custo é possível tornar a robótica educacional acessível aos deficientes visuais. Com pode ser constatado a partir dos experimentos relatados, verificamos que é perfeitamente factível aos docentes realizar a inclusão em sua sala de aula dos deficientes visuais através do uso da ferramenta proposta. Nosso interesse é proporcionar aos alunos deficientes visuais a oportunidade de se tornarem capazes de criar tecnologia, e, desta forma, de também poderem contribuir para melhorar o mundo atual.

Com uma interface de programação tangível, projetada para ensinar lógica de programação para deficientes visuais, sem a necessidade de leitura e escrita, os discentes com deficiência têm a possibilidade, desde cedo, de brincar e aprender conceitos de computação como algoritmos e sequência de instruções. Logo, se desenvolve a habilidade de raciocínio lógico, necessária para aprender programação.

Desta maneira, é possível realizar uma integração do deficiente visual em práticas sociais, especialmente nas que envolvem o uso de novas tecnologias no contexto socioeducacional, uma vez que as habilidades são internalizadas gradualmente. No conjunto, esperamos contribuir para que outros pesquisadores utilizem nossas tecnologias de forma experimental com o propósito de gerar mais resultados para a literatura nessa área.

Como trabalhos futuros, vemos a possibilidade de estender a ferramenta para reconhecimento de comandos de voz, e o

acréscimo de marcadores em braille para facilitar ainda mais o reconhecimento dos cartões geométricos, como sugeridos pelos próprios sujeitos das experiências.

AGRADECIMENTOS

A realização desse trabalho só foi possível devido à colaboração dos pesquisadores do laboratório Natalnet-UFRN, assim como dos funcionários e bolsistas da empresa de robótica educacional RoboEduc. Agradecemos também à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa) pelos projetos e bolsas concedidas que possibilitaram a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 19 outubro 2016.
- [2] Papert, S. (1986), LOGO: computadores e educação, Comunicação e informática, Brasiliense.
- [3] Piaget, J., & Gréco, P. (1972). Aprendizagem e Conhecimento. Rio de Janeiro: Freitas Bastos.
- [4] Vygotsky, Lev S. (1993), Pensamento e Linguagem Martins Fontes.
- [5] Zilli, Silvana do Rocio (2004), A robótica educacional no ensino fundamental: Perspectivas e práticas, Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- [6] Eteokleous, Nikleia e Despo Ktoridou (2014), *Educational robotics as learning tools within the teaching and learning practice*, em 'Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2014 IEEE', IEEE, pp. 1055–1058.
- [7] Gonzalez, Fernando e Janusz Zalewski (2014), *A robotic arm simulator software tool for use in introductory robotics courses*, em 'Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2014 IEEE', IEEE, pp. 861–866.
- [8] AlHumoud, Sarah, Hend S Al-Khalifa, Muna Al-Razgan e Auhood Alfaries (2014), *Using app inventor and lego mindstorm nxt in a summer camp to attract high school girls to computing fields*, em 'Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2014 IEEE', IEEE, pp. 173–177.
- [9] Francioni, M. J. and Smith C. A. (2002). Computer science accessibility for students with visual disabilities. In Proceedings of the 33rd SIGCSE technical symposium on Computer science education (SIGCSE '02). ACM, New York, NY, USA, 91-95.
- [10] Barros, R. P., Torres, V. P., Burlamaqui, A. M. F., (2014) CardBot: Tecnologias assistivas para imersão de deficientes visuais na robótica educacional. In V WORKSHOP DE ROBÓTICA EDUCACIONAL (p. 11).
- [11] UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Disponível: <http://en.unesco.org/>. Acesso em: 8 janeiro 2015.
- [12] BRASIL. Decreto n. 3.298, de 20 de dezembro de 1999. Dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência.
- [13] BRASIL. Decreto n. 5.296, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre estabelecer as normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência.
- [14] Instituto Benjamin Constant. Disponível: <http://www.ibc.gov.br/>. Acesso em: 10 de janeiro 2014.
- [15] Bersch, Rita (2008), 'Introdução à tecnologia assistiva', Porto Alegre: Centro Especializado em Desenvolvimento Infantil [CEDI].
- [16] Hopcroft, J.E.; Ullman, J.D. (2003) Introdução à Teoria de Autômatos, Linguagens e Computação. Segunda Edição, Ed. Campus/Elsevier.
- [17] Harwin, W. S., Ginige A. and Jackson R. D., (1986) A Potential Application in Early Education and a Possible Role for a Vision System in a Workstation Based Robotic Aid for Physically Disabled, Interactive Robotic Aids - One Option for Independent Living: An International Perspective, World Rehabilitation Fund Inc., pp 18-23
- [18] Cooper M, Keating D, Harwin W, Dautenhahn K. (1999) Robots in the classroom – tools for accessible education. Paper presented at the AAATE Conference 1999, The 5th European Conference for the

- Advancement of Assistive Technology. Dusseldorf, Germany: IOS Press.
- [19] I. Ulrich and J. Borenstein, (2001) "The GuideCane-Appling Mobile Robot Technologies to Assist the Visually Impaired," IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics-A, vol. 31, no. 2, pp. 131-136.
 - [20] Robins, B.; Dautenhahn, K.; te Boekhorst, R.; and Billard, A. (2004) Effects of repeated exposure of a humanoid robot on children with autism. In Proceedings Cambridge Workshop on Universal Access and Assistive Technology, 225– 236.
 - [21] LUDI, S. AND REICHLMAYR, T. (2008). Developing inclusive outreach activities for students with visual impairments. In Proceedings of the 39th Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE'08). 439–443.
 - [22] D'ABREU, J.V.V.; MARTINS, R. J. (2008) Implementation and Usage of a Sound-Tactile Model for Sightless People. Revista Avances en Sistemas e Informática, v. 05, p. 115-119.
 - [23] Ferrari, E., Robins, B & Dautenhahn, K (2010) "Does it work?" A framework to evaluate the effectiveness of a robotic toy for children with special needs". in Proc of the 19th IEEE Int Symposium on Robot and Human Interactive Communication, RO-MAN. vol. 5598734, IEEE, pp. 100-106, 19th IEEE Int Symposium on Robot and Human Interactive Communication, Italy.
 - [24] Ludi, S. and Reichlmayr, T. (2011) The Use of Robotics to Promote Computing to Pre-College Students with Visual Impairments. Trans. Comput. Educ. 11, 3.
 - [25] Park, C. H., Remy, S. L., e Howard, A. M. (2011) Visualize your robot with your eyes closed: A multi-modal interactive approach using environmental feedback.
 - [26] Ayanna M. Howard, Chung Hyuk Park, and Sekou Remy (2012) Using Haptic and Auditory Interaction Tools to Engage Students with Visual Impairments in Robot Programming Activities. IEEE Trans. Learn. Technol. 5, 1 (January 2012), 87-95.
 - [27] Ludi, S., Ellis, L., e Jordan, S., (2014) An accessible robotics programming environment for visually impaired users. In Proceedings of the 16th international USA, 237-238.
 - [28] Kakehashi, Shun, Tatsuo Motoyoshi, Kenfichi Koyanagi, Toru Ohshima & Hiroshi Kawakami (2013), *P-cube: Block type programming tool for visual impairments*, em 'Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI), 2013 Conference on', IEEE, pp. 294–299
 - [29] Bers, M. U., & Horn, M. S. (2010) *Tangible programming in early childhood: Revisiting developmental assumptions through new technologies*. In I. R. Berson & M. J. Berson (Eds.), *High-tech tots: Childhood in a digital world*. Greenwich, CT.
 - [30] Horn, M.S., Solovey, E.T., Crouser, R.J., and Jacob, R.J.K. (2009) *Comparing Tangible and Graphical Programming Interfaces for use in Informal Science Education*. In Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems CHI'09, ACM Press.
 - [31] Horn, M.S., Solovey, E.T., and Jacob, R.J.K. (2008) *Tangible Programming for Informal Science Learning: Making TUIs Work for Museums*. Proceedings of 7th International Conference on Interaction Design & Children IDC'08.
 - [32] Horn, M.S. and Jacob, R.J.K. (2007) *Tangible Programming in the Classroom with Tern*. Proceedings of CHI'07 ACM Human Factors in Computing Systems (CHI Trends Interactivity), ACM Press.
 - [33] DevTech Research Group. *The Developmental Technologies Research Group*. Disponível em: <http://ase.tufts.edu/devtech/>. Acesso em: 5 outubro 2015.
 - [34] Michael S. Horn and Robert J. K. Jacob. (2007). *Designing tangible programming languages for classroom use*. In *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction (TEI '07)*. ACM, New York, NY, USA, 159-162. DOI=10.1145/1226969.1227003.<http://doi.acm.org/10.1145/1226969.1227003>
 - [35] PRIMO. Disponível: <http://www.primotoys.com/index>. Acesso em: 10 março 2015.
 - [36] Silva, Alzira Ferreira da. (2009). RoboEduc: Uma metodologia de aprendizado com Robótica Educacional.
 - [37] LIRA, Ana Karina M.; BRANDÃO, Jorge Carvalho (2010) Deficiência Visual e o Ensino de Geometria. Encontro Nacional de Educação Matemática, v. 10, p. 01-10.
 - [38] FGV. Fundação Getúlio Vargas. Disponível: <http://eaesp.fgvsp.br/sites/eaesp.fgvsp.br/files/arquivos/pesti-gvcia2015ppt.pdf>. Acesso em: 10 outubro 2015.
 - [39] BARROS, P. R. Evolução, avaliação e validação do software roboeduc. (2011). Dissertação (Mestrado em Engenharia da Computação e Automação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.
 - [40] SÁ, S. T. L.; FERNANDES, C. C.; BARROS, R. P.; PAIVA, V.; Gonçalves, Luiz M. G. (2013) *Web based Configurable and Multiplatform Development Environment for Educational Robotics*. In: 16th International Conference on Advanced Robotics (ICAR), 2013, Montevideo. Proceedings of IEEE ICAR 2013.
 - [41] FLICK,UWE. (2009) Introdução à pesquisa qualitativa / Uwe flick ; tradução Joice Elis Costa. – 3. Ed. – Porto Alegre: Artmed. 405 p. ; 25 cm ISBN 978-85-363-1711.
 - [42] ROBOEDUC. Clube de Robótica. Disponível em: <http://www.roboeduc.com.br>. Acesso em: 19 dezembro 2014.



Aquiles Medeiros Filgueira Burlamaqui, possui graduação em Ciências da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) em 2003, mestrado em Sistemas e Computação (UFRN, 2004) e doutorado em Engenharia Elétrica e de Computação (PPgEEC, UFRN, 2008). Atualmente é professor da UFRN e Coordenador do TEAM, Laboratório Associado da Rede Natalnet-UFRN. Atua nos seguintes temas: Robótica Educacional, Ambientes Virtuais Colaborativos Massivos, TV Digital Interativa, Sistemas Web, Realidade Virtual e Engenharia de Software.



Renata Pitta Barros, possui graduação em Engenharia da Computação (UFRN) e mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação (UFRN, 2010). Atualmente é doutoranda do PPgEEC-UFRN, na área de Engenharia de Computação. Suas principais áreas de pesquisas são: Tecnologias Educacionais, Linguagens de Programação para Robôs e Robótica Educacional.



Sarah Thomaz de Lima Sá, possui doutorado em Engenharia Elétrica e de Computação (PPgEEC, UFRN, 2016). Atualmente, é professora auxiliar do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Seus interesses em pesquisa são nas linhas de robótica educacional, sistemas para robótica e engenharia de software.



Samuel Oliveira de Azevedo, é graduado em Ciências da Computação pela UFRN (2004), mestre em Sistemas e Computação pelo PPgSC-UFRN (2007), e doutor em Engenharia Elétrica e de Computação pelo PPgEEC- UFRN (2013). Atualmente é professor da Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), coordenador de área do PIBID na mesma universidade, onde coordena projetos na área de Robótica Educacional. Suas principais áreas de interesse são: Robótica Educacional, Segurança da Informação, Engenharia de Software e TV Digital Interativa.



Luiz Marcos Garcia Gonçalves, possui doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, em 1999. Atualmente é Professor Associado do Departamento de Engenharia de Computação e Automação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Atua na linha de Robótica Educacional desde 2001. Outras linhas de interesse são: Robótica, Visão Computacional, Computação Gráfica, e Processamento de Imagens.



Akynara Aglaé R. S. S. Burlamaqui, ingressou no Curso de Pedagogia na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2002). Mestre em Educação pelo Programa de Pós Graduação em Educação da UFRN (2010). Doutora em Educação pelo Programa de Pós Graduação em Educação da UFRN (2014). Atualmente é professora adjunta da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA, Campus Angicos). Tem experiência nas áreas de Robótica Educacional, Informática aplicada à Educação, Educação a Distância, Tecnologias da Informação e Comunicação e Formação de Professores.