

Robot car: um carro robô controlado pelo movimento da face**Robot car: a robot car controlled by face movement**

DOI:10.34117/bjdv6n6-268

Recebimento dos originais: 07/05/2020

Aceitação para publicação: 11/06/2020

Maria Adriana Ferreira da Silva

Estudante do curso de Bacharelado Interdisciplinar em Tecnologia da Informação pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido: Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Endereço: Departamento de Engenharias e Tecnologia. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Rodovia BR-226, KM 405, s/n - São Geraldo, Pau dos Ferros – RN, Brasil, 59900-000.
E-mail: maria-anairda@outlook.com

Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo

Doutor em Engenharia Elétrica e da Computação, pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN): Universidade em que trabalha: Universidade Federal Rural do Semi-Árido.
Endereço: Departamento de Engenharias e Tecnologia. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Rodovia BR-226, KM 405, s/n - São Geraldo, Pau dos Ferros – RN, Brasil, 59900-000.
E-mail: francisco.segundo@ufersa.edu.br

Reudismam Rolim de Sousa

Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG): Universidade em que trabalha: Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Endereço: Departamento de Engenharias e Tecnologia. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Rodovia BR-226, KM 405, s/n - São Geraldo, Pau dos Ferros – RN, Brasil, 59900-000.
F-mail: reudismam.sousa@ufersa.edu.br

Ernano Arrais Junior

Doutor em Engenharia Elétrica e de Computação, pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN): Universidade em que trabalha: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
Endereço: Departamento de Engenharia Biomédica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). AC Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Lagoa Nova - Natal (59078970) – Brasil
E-mail: ernano.arrais@ufrnet.br

RESUMO

O brincar é uma atividade fundamental para o desenvolvimento infantil. Entretanto, a sociedade tem limitado o brincar principalmente das crianças que apresentam com alguma deficiência. As crianças com deficiência física, por exemplo, acabam por enfrentar diversas limitações na hora de escolher um brinquedo, pois, na maioria dos casos, os brinquedos são projetados ou adaptados, sendo que alguns deles estão desatualizados e os modernos são caros. Diante disso, com o objetivo de contribuir com a redução da desigualdade, este artigo apresenta uma proposta para um brinquedo inclusivo, intitulado "Robot Car", um carro robô destinado a crianças com deficiência física. O brinquedo será controlado por sinais biomédicos oriundos dos músculos faciais (sinais de eletromiografia (EMG)), com o objetivo de aumentar a oportunidade do brincar para todas as crianças de todas as idades e contribuir para o processo de inclusão. O sistema é processado utilizando a plataforma arduino e a comunicação é feita via Bluetooth

Palavras-chave: Brinquedo Inclusivo, Crianças com Deficiência, Músculos Faciais

ABSTRACT

Playing is a fundamental activity for child development. However, society has limited the playing mainly of children who have disabilities. Children with physical disabilities, for example, end up facing several limitations when choosing a toy because, in most cases, toys are designed or adapted, some of which are outdated and modern ones are expensive. Therefore, in order to overcome this lack of toys, this article presents a proposal for an inclusive toy, entitled “Robot Car”, a robot car for children with physical disabilities. The toy will be controlled by biomedical signals from the facial muscles (electromyography signals (EMG)), with the aim of increasing the opportunity of playing for all children of all ages and contributing to the inclusion process. The system is processed using the Arduino platform and communication is done via Bluetooth.

Keywords: Inclusive Toy, Children with Disabilities, Facial Muscles

1. INTRODUÇÃO

Segundo o último Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cerca de 24 % da população brasileira apresenta algum tipo de deficiência, que em alguns casos impossibilita o indivíduo de exercer certas atividades. Destes, cerca de 7 % tem alguma deficiência motora, totalizando mais de 13 milhões de indivíduos e desse total 67 % apresentam alguma dificuldade, 28 % apresentam grande dificuldade e 6 % são incapazes [IBGE 2010].

Ao levar em consideração o aumento dos casos de pessoas com deficiência, necessita-se desenvolver tecnologias com o objetivo de melhorar a qualidade de vida dessas pessoas, sendo o uso de Tecnologias Assistivas uma das formas que está recebendo bastante destaque. As tecnologias assistivas estão relacionadas com mecanismo que auxiliam pessoas com deficiência na realização de atividades que são comprometidas pela deficiência, como por exemplo, as funções motoras [Galvão Filho 2013], sendo um campo de estudo com características interdisciplinar que engloba elementos, tais como o uso de produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços voltados a desenvolver a autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social de pessoas com deficiência, com alguma incapacidade ou com mobilidade reduzida [Brasil 2009].

Dentre os tipos das pessoas que podem necessitar fazer uso de tecnologias assistivas, as crianças com deficiência podem ser uma das mais afetadas pelas dificuldades impostas pela deficiência, uma vez que, por suas próprias características, as crianças gostam de realizar várias atividades lúdicas de forma a propiciar o seu bem estar social e bem estar com o ambiente. A falta da realização de atividades que promovam esse bem estar pode influenciar de forma negativa no desenvolvimento das mesmas, evitando por exemplo que elas cresçam de maneira saudável, uma vez que as crianças com deficiência podem não apresentar as mesmas opções físicas ou cognitivas de uma criança sem deficiência. Isso pode fazer com que a criança com deficiência apresente várias dificuldades, dentre elas o uso de brinquedos durante suas horas de lazer [Ferreira et al. 2016].

As limitações na hora de brincar devem ser consideradas tão importantes quanto qualquer impedimento no desenvolvimento da criança. No entanto, devido a características, tais como a oferta e a demanda por produtos, os brinquedos não são fabricados de forma a atender as pessoas com deficiência, uma vez que produzir produtos com características assistivas pode demandar mais recursos para sua construção, dado que é preciso levar em consideração o tipo de deficiência específica da criança, e o universo de crianças com deficiência é menor do que aquelas que não apresentam deficiência, o que faz com que as crianças deficientes não sejam atendidas. Essa falta de brinquedo para atender a necessidade da criança com deficiência pode levar a vários problemas, tais como a redução da interação da crianças com outras crianças e um maior risco da criança desenvolver isolamento social [Ferreira et al. 2016]. Dessa forma, torna-se inegável a importância do brincar para crianças de todas as idades independente de sua condição física. As brincadeiras implicam em tomadas de decisões e trazem a oportunidade de exercitar o raciocínio da criança [Silva 2009].

Dessa forma, torna-se importante atender as pessoas com deficiência, tendo sido desenvolvidas diversas soluções de engenharia no sentido de melhorar a qualidade de vida da pessoa com deficiência de forma a contribuir com o processo de inclusão [Holloway and Dawes 2016]. Dentre essas soluções, a utilização dos biopotenciais (sinais provenientes do corpo) vem ganhando importância, principalmente, com sistemas de controle, sendo o biopotencial a variável de controle do sistema, permitindo que pequenas funções motoras impossibilitadas pela deficiência possam ser desempenhadas com o uso destas tecnologias [Furukawa et al. 2017]. Além do uso dos biopotenciais, projetos tecnológicos por meio da robótica estão sendo bastante utilizados, principalmente, como forma de reabilitação de pessoas com deficiência. A robótica envolve técnicas de construção e manipulação de robôs, o que possibilita o avanço de equipamentos e máquinas em diferentes áreas, dentre elas a área da saúde [KLoc et al. 2009].

Além do uso dos biopotenciais e da robótica, os jogos também têm se tornado importantes mecanismos para melhorar o tratamento de crianças com deficiências, desde pessoas que estão passando por tratamentos mais graves, procedimentos mais leves e até mesmo como ferramentas de auxílio à aprendizagem, sejam elas desenvolvidas para fins de tratamento ou mesmo para entretenimento [Alves et al. 2014]. Os jogos permitem buscar por uma sociedade com oportunidades para todos e incentiva também a criança a exercitar a atenção, a lógica e o raciocínio agregando conceitos de ludicidade, racionalidade e acessibilidade no processo de aprendizagem [Alves et al. 2014].

Levando em consideração o número significativo de pessoas com deficiência [IBGE 2010], bem como a falta de brinquedos adaptados para crianças com deficiências físicas, a proposta do trabalho é desenvolver um brinquedo adaptado que utilize uma parte do corpo como ferramenta de

controle, como por exemplo os músculos da face e utilizar esses movimentos faciais como variáveis de controle do brinquedo, possibilitando a criança a oportunidade de ter acesso a um jogo adaptado, e promover a inclusão de pessoas e crianças com deficiência física no ato de brincar. O brinquedo inclusivo é intitulado “Robot Car”, um carro robô destinado a crianças com deficiência física motora que visa apoiar e treinar suas habilidades em diferentes atividades. O brinquedo será controlado por sinais biomédicos oriundos dos músculos faciais -- sinais de eletromiografia (EMG) -- com o objetivo de aumentar a oportunidade do brincar para todas as crianças de todas as idades e contribuir para o processo de inclusão.

O artigo está organizado em seis seções. Na Seção 2 são apresentados os trabalhos relacionados. A Seção 3 irá mostrar a proposta do brinquedo, os elementos que farão parte do brinquedo, bem como a plataforma utilizada para realizar o controle e como será o funcionamento do carrinho; a Seção 4 apresenta quais brincadeiras serão utilizadas para a validação; a Seção 5 apresenta os resultados do teste prático e a Seção 6 termina com as considerações finais.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção são apresentados alguns trabalhos relacionados ao trabalho em questão. Dentre eles, Perez-Muñoz et al. (2018) apresentam um sistema interativo baseado em jogos sérios destinado a apoiar a terapia de reabilitação física em crianças com diferentes tipos de deficiências. No trabalho são abordados um conjunto de jogos sérios, um módulo lógico para configurar automaticamente os parâmetros do jogo de acordo com o perfil do paciente, e uma interface Kinect para detectar movimentos realizados por crianças. Para validar a proposta, foi realizado um experimento composto por duas etapas: a primeira destinada a avaliar as configurações de jogos sugerida por um sistema fuzzy, e a segunda focada na avaliação da proposta, validada com cinco crianças com deficiência.

Por outro lado, Chou et al. (2011) apresentam o desenvolvimento de um sistema de aprendizado baseado em jogos, com o objetivo de aumentar a motivação e a eficácia do aprendizado dos alunos, para isso utilizou-se robôs de brinquedo. O sistema utilizou um kit educacional e integrou tecnologias de comunicação sem fio, conteúdo digital multimídia, mapa-múndi, modelos atraentes de brinquedos tridimensionais e robôs de brinquedo, etc. O trabalho obteve como resultado a melhora na motivação e a eficácia da aprendizagem dos alunos.

De outra forma, Ferreira et al. (2016) propõem um brinquedo inclusivo intitulado “HugMe”, destinado a diferentes atividades, com acessibilidade adaptada que aprimora o brincar para todas as crianças, em especial as que apresentam necessidades especiais. O objetivo é criar um brinquedo atraente fácil e intuitivo de jogar. Os testes foram realizados em crianças com diferentes patologias, dentre elas Autismo, Paralisia Cerebral, Síndrome de DiGeorge, Hemiparesia Esquerda, Atraso no

desenvolvimento global, Disfunção da Integração Sensorial. Apenas uma criança necessitou de assistência permanente devido ao uso de cadeira de rodas.

Diferentemente, Golçalves et al. (2018) apresentam o desenvolvimento e avaliação do uso de um jogo de quebra-cabeça, utilizando o dispositivo vestível Myo como forma de interação, que tem por objetivo prover uma melhor acessibilidade às pessoas e crianças que possuam algum tipo de deficiência nos membros superiores, melhorando o acesso a jogos digitais. O dispositivo vestível foi usado para controlar um jogo de quebra cabeça com o objetivo de criar uma interação entre a pessoa e o jogo. A avaliação do jogo foi realizada com indivíduos com deficiência nos membros superiores, com idade entre cinco e quinze anos. O resultado da avaliação foi bastante significativo.

Por outro lado, Bairros et al. (2019) desenvolveram uma solução computacional baseada em jogos sérios com o objetivo de apoiar no processo de reabilitação física de pacientes amputados de membro superior. O sistema proposto oferece uma ferramenta de treinamento utilizando a plataforma arduino integrada a técnicas de monitoramento de sinais EMG (sinais eletromiográficos) para auxiliar nas primeiras fases do processo de reabilitação destes pacientes. Mesmo sendo um estudo inicial, os resultados foram bastante significativos, pois o paciente conseguiu controlar as funções do jogo de maneira satisfatória.

De outra forma, Pérez-Muñoz et al. (2018) apresentam o resultado de um estudo de impacto gerado nas terapias de reabilitação em crianças com deficiência usando ferramentas interativas criadas com o Kinect. Nele foi realizado um estudo experimental com cinco crianças entre 5 e 8 anos, sendo realizada uma avaliação de aptidão senso-motora. Como conclusão, o trabalho mostra que a aplicação de jogos sérios tem sido muito favorável, pois é capaz de melhorar o processo de desenvolvimento e otimização das habilidades sensório-motoras do paciente em comparação com uma terapia tradicional.

Os trabalhos citados acima apresentam propostas que utilizam o conceito de jogos sérios como forma de reabilitação de pacientes com algum tipo de deficiência, além disso buscam mostrar a importância de criar dispositivos adaptáveis para crianças com qualquer tipo de deficiência. Por sua vez, a proposta do Robot Car é a criação de um brinquedo inclusivo controlado pelos sinais biomédicos oriundos dos músculos faciais, sinais de eletromiografia (EMG), com o objetivo de aumentar a oportunidade do brincar para todas crianças de todas as idades e possibilitar a comunicação dos mesmos com pequenos robôs de forma a contribuir para o processo de inclusão.

3. SISTEMA PROPOSTO

Nesta seção, apresenta-se os aspectos relacionados ao sistema proposto para possibilitar que crianças com deficiência possam utilizar brinquedos. Os brinquedos usuais não são adaptados as

crianças com deficiência. Além disso, os brinquedos disponíveis e pensados para crianças com deficiência física motora são, na maioria dos casos, especialmente projetados ou adaptados e o custo para desenvolver um brinquedo adaptado a deficiência do usuário pode tornar-se caro, o que dificulta a aquisição de brinquedos atualizados. Dessa forma, as crianças com deficiência podem possuir pouco ou nenhum acesso a brinquedos, o que pode afetar o seu desenvolvimento e bem estar.

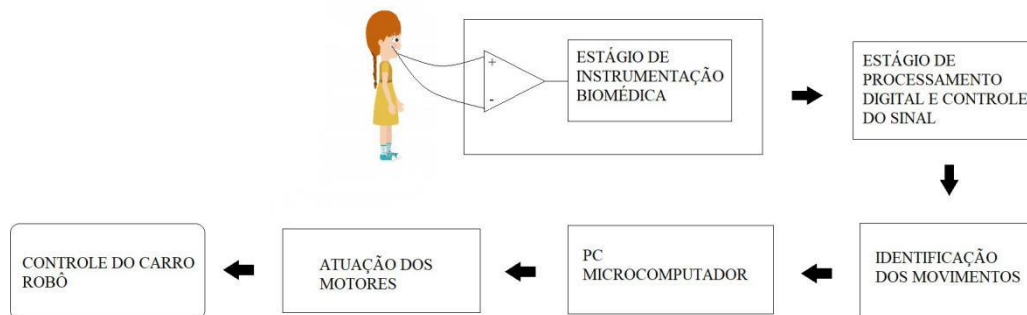
Para superar os problemas de adaptação dos brinquedos a realidade das crianças com deficiência e buscando contribuir para o desenvolvimento adequado dessas crianças, neste trabalho é proposto um sistema que permite a manipulação de um brinquedo inclusivo para crianças com deficiência física motora, que visa apoiar e treinar suas habilidades na realização de diferentes atividades. O sistema proposto pode ser usado para fins educativos ou como brinquedo simples.

Como deficiência alvo da proposta, focou-se nas deficiências em que o usuário não pode fazer uso de qualquer outro órgão, tal como as mãos para controlar o brinquedo, podendo apenas controlar os músculos da face. Esse tipo de deficiência foi escolhido uma vez que trata-se de um dos graus mais alto de deficiência e os brinquedos voltados para esses deficientes são mínimos ou inexistentes. Como o usuário não possui as mãos para manipular o brinquedo, são necessários fazer uso de outros órgãos. Neste trabalho, foi escolhido o uso dos músculos da face, o que permite que os usuários que possam no mínimo movimentar os músculos da face possam fazer uso do brinquedo.

3.1. VISÃO GERAL DO SISTEMA

A estrutura de funcionamento do jogo pode ser vista na Figura 1. Um equipamento especial é acoplado ao rosto do paciente de forma a capturar os movimentos dos músculos da face, no estágio de instrumentação biomédica. Os dados da face recebidos são processados no estágio de processamento digital e controle do sinal de forma a possibilitar a identificação das ações realizadas pelo usuário do sistema. Baseado nos dados processados no estágio anterior, os movimentos realizados pelo usuário são identificados e funcionam como entrada para um sistema implantado em um computador que realiza a análise dos movimentos. O sistema implantado no computador então atua sobre o sistema de forma a controlar um brinquedo. Para controlar o brinquedo, precisa-se do brinquedo em si e também de um atuador que receberá os comandos do sistema instalado no microcomputador e atuará sobre o brinquedo. No sistema proposto, o brinquedo controlado é um carro rôbo, mas esse o brinquedo poderia ser substituído por outros brinquedos. Para isso, precisa-se substituir o módulo de atuação e o brinquedo sendo controlado, assim como as ações que podem ser realizadas para manipular o novo brinquedo.

Figura 1. Esquema geral de funcionamento do sistema proposto.



Fonte: Autoria própria

3.2. ESTÁGIO DE INSTRUMENTAÇÃO BIOMÉDICA

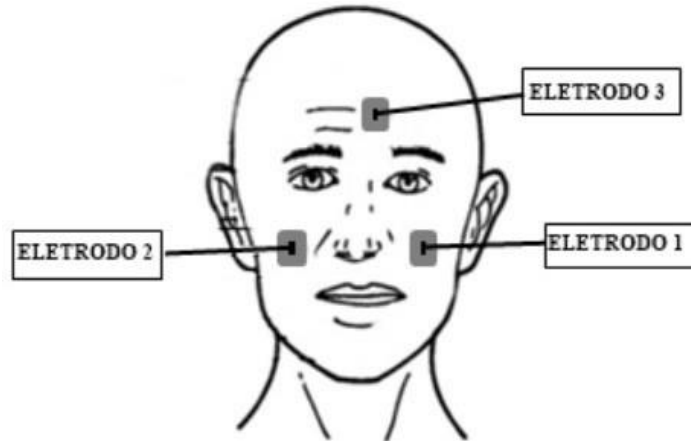
O primeiro estágio do sistema proposto consiste na instrumentação biométrica, mais precisamente, coletar os movimentos efetuados pelo músculos da face do usuário. No entanto, as informações dos músculos da face, representadas em forma de sinal EMG (Eletromiografia), não puderam ser coletados diretamente, uma vez que o sinal oriundo da face é de baixa amplitude, o que dificulta a aferição e utilização para a finalidade a que o projeto se destina. Dessa forma, foi necessário neste estágio utilizar um amplificador de instrumentação para amplificar o sinal elétrico recebido.

No trabalho, utilizou-se um amplificador de topologia padrão para amplificadores de instrumentação [Razavi 2010]. Durante os experimentos, identificou-se uma variação baixa entre os sinais de entrada, o que poderia dificultar a identificação do sinal produzido pelos músculos da face. No entanto, de forma a resolver esse problema, essa variação pode ser modificada, aumentando o ganho do amplificador para que esses valores fiquem próximos de 5 volts, o que facilita a comunicação do equipamento que atua sobre o brinquedo sendo controlado.

De forma a capturar os movimentos de interesse, tal como um sorriso, colocou-se eletrodos em locais estratégicos da face. Para capturar esses sinais, realizou-se a aquisição do sinal EMG, baseado inicialmente na escolha de quatro movimentos distintos da face de forma a garantir uma boa variação nos movimentos realizados. No entanto, o sistema pode ser adaptado para tratar outros movimentos, bastando para isso alterar os módulos que processam e controlam o sinal, para considerar também o sinal desses movimentos adicionais. Esses movimentos são mapeados para ações do usuário de forma a controlar o rôbo brinquedo. Para capturar esse conjunto de movimentos, são dispostos três eletrodos do tipo Ag/Ag-Cl no rosto do usuário. Na Figura 2 pode ser vista a disposição dos eletrodos na face: os eletrodos 1 e 2 são os eletrodos de sinal, dispostos em ambas

bochechas, o eletrodo 3 é o eletrodo de referência, colocado no centro da testa, logo acima das sobrancelhas.

Figura 2. Disposição dos eletrodos na face.



Fonte: Autoria própria

3.3. ESTÁGIO DE INSTRUMENTAÇÃO BIOMÉDICA

O segundo estágio do sistema proposto é o estágio de processamento e controle do sinal. Para realizar o processamento e controle do sinal, o trabalho utilizou a plataforma arduino. De forma a realizar o processamento e o controle do sinal, a tensão emitida pelo sinal, produzido no estágio anterior, é convertida em bits de 8 a 10. Esses bits são utilizados como variáveis para controle do sistema.

3.3.1. Estágio de Instrumentação Biomédica

O conjunto de bits identificados no estágio de processamento e controle do sinal precisam ser convertidos em informações de interesse, especificamente, no trabalho, os movimentos realizados pelo usuário com a face. Neste trabalho, quatro movimentos distintos foram capturados, são eles a identificação se o usuário está sorrindo, se está levantando o lado esquerdo da bochecha, se está levantando o lado direito da bochecha e se o usuário está abrindo a boca. Esses movimentos serão posteriormente convertidos em ações do usuário para controlar o rôbo brinquedo em formato de carro.

O carrinho utilizado como brinquedo não é conectado ao computador diretamente por fio. Dessa forma, necessita-se de um meio de comunicação sem fio para controlar o carrinho rôbo. Várias interfaces de comunicação são possíveis, no trabalho, utilizou-se a interface de comunicação com o sistema via Bluetooth, uma vez que a distância entre o sistema implantado no computador e o equipamento sendo controlado é pequena. Assim, ao utilizar a plataforma e realizar determinado movimento, o *software* de controle enviará instruções através de um módulo de comunicação

Bluetooth Shield HC-05, o microcontrolador arduino acoplado ao brinquedo interpretará os dados recebidos, e posteriormente executa a ação desejada, atuando sobre o brinquedo sendo controlado.

Ao receber o sinal processado nas etapas anteriores, esses sinais são utilizados para atuar sobre os motores do carro, que fará com o carrinho realize movimentos, baseados nos dados recebidos como entrada. Dessa forma, os sinais efetuados pelos músculos da face, funcionarão como um controle de forma a definir os movimentos do carrinho rôbo. Atualmente, as direções implantados no sistema foram seguir em frente, voltar para trás, ir para direita e esquerda e pausa (quando nenhuma ação está sendo produzida).

3.4. O *HARDWARE* E A ESTRUTURA DO CARRINHO

Uma vez definidos os elementos envolvidos no sistema de controle do brinquedo, desde a instrumentação biomédica até o processamento e o controle do sinal, nesta seção descreve-se a montagem do *hardware* e a estrutura do carrinho que recebeu o nome de Robot Car, por se tratar de um carro que é controlado como um rôbo. O Robot Car é composto por um chassi de MDF projetado para integrar todos os componentes. Dentre esses componentes, o Robot Car contém uma bateria de 9V, um Arduino Mega 2560, uma ponte H (L9110S) e dois motores CC. O arduino é responsável pelo controle de todos os dispositivos, por sua vez, a ponte H tem a função de possibilitar o controle do sentido dos dois motores CC a partir de comandos do arduino, o que possibilita o movimento do carro para frente, trás, esquerda e direita. Para enviar comandos para o Robot Car, foi utilizado um módulo Bluetooth (HC-05). Este módulo possui um ótimo alcance para estabelecer a comunicação face-arduino, o que torna possível ao usuário controlar o Robot Car remotamente, por meio dos movimentos da face.

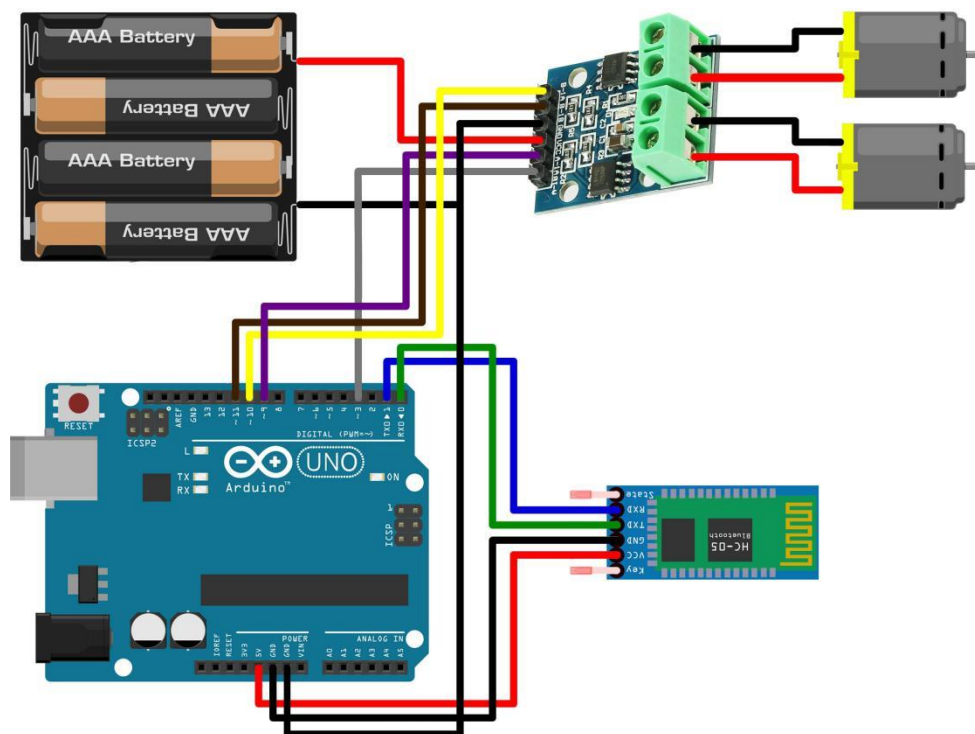
Na Figura 3, pode ser visto o esquemático da ligação de todos os componentes utilizados para a montagem e estrutura do Robot Car. Embora o sistema proposto tenha sido utilizado para controlar um brinquedo, variando o atuador e o sistema sob controle, o sistema pode ser adaptado para controlar qualquer tipo de aparelho. Dessa forma, pode ser utilizado em vários ambiente que necessitem da manipulação de equipamentos para usuários que não sejam capazes de utilizar outros membros do corpo, apenas os músculos da face.

3.4.1. Funcionamento

Durante o funcionamento, os eletrodos são colocados na face do usuário e conectados ao carrinho por uma conexão sem fio por meio do módulo Bluetooth HC 05. O controle do carrinho é realizado de acordo com a leitura respectiva de cada movimento enviado para o Arduino, representado com um número constante referente a cada direção (direita, esquerda, frente e trás).

Ao ser ligado, o robô permanece parado. Quando recebe uma instrução o carrinho muda o seu estado. Os comandos básicos enviados para o carrinho permite ao usuário realizar vários movimentos como ir para frente, dobrar para os lados esquerdo e direito, dar à ré e parar. O Robot Car terá as seguintes condições pré-programadas no seu microcontrolador, por exemplo, quando o arduino receber o valor 10 enviado via Bluetooth que indica que o movimento foi o “abrir a boca” os motores serão ligados realizando giro no sentido horário fazendo-o mover para frente, a mesma lógica será empregada para as outras variáveis de direção (direita, esquerda, frente e trás). Na Figura 4 pode ser visto o protótipo da montagem do carrinho.

Figura 3. Esquemático da construção do Robot Car.



Fonte: Autoria própria

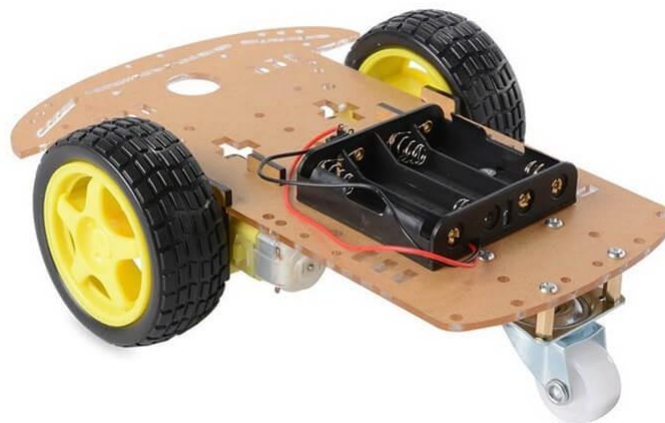
4. AVALIAÇÃO

Para avaliar o sistema proposto foram realizados estudos para verificar na prática as funções conceituais, para mostrar a eficácia do brinquedo. Para isso, construiu-se alguns jogos, que são importantes mecanismos para melhorar o tratamento de crianças com deficiências, para fazer a validação do desempenho do carrinho.

Na Figura 5, apresenta-se o primeiro jogo desenvolvido. O jogo é semelhante a uma corrida e tem como foco o ensino da matemática. Por se tratar de um tipo de jogo, que além da diversão possui como objetivo o ensino da matemática, o jogo se caracteriza como um jogo sério, que são importantes

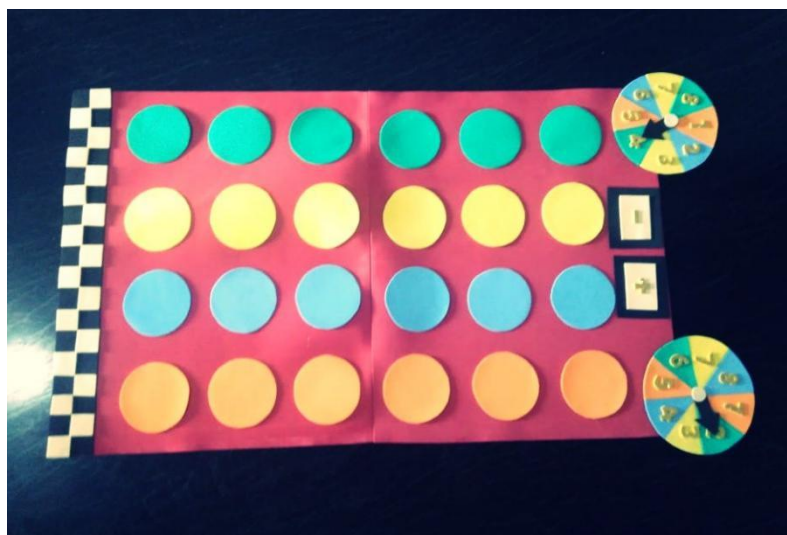
em várias áreas, tais como educação e saúde. O jogo proposto pode ser brincado individual ou com grupos de quatro pessoas em que são fornecidas várias questões em formato de quiz e sempre que o usuário responde corretamente a pergunta do quiz, ele pode avançar uma posição. Para avançar, a criança com deficiência que possui apenas os músculos da face como forma de comunicação com o carrinho, utiliza o sistema para realizar os seus movimentos.

Figura 4. Protótipo de Carrinho Montado.



Fonte: Autoria própria

Figura 5. Jogo corrida da matemática.

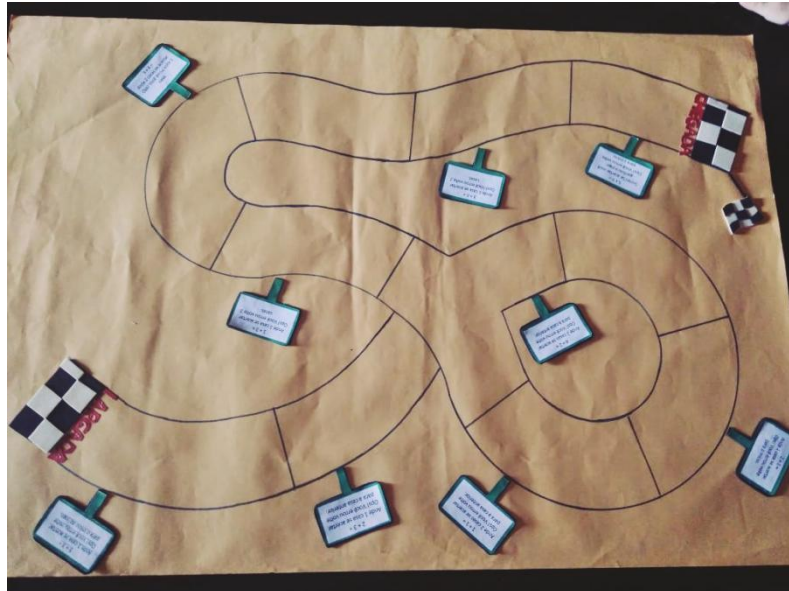


Fonte: Autoria própria

Por outro lado, na Figura 6, apresenta-se o segundo jogo que também é um jogo sério focado no ensino da matemática. O jogo disponibiliza uma pista com várias células e placas disposta em locais estratégicos ao longo da pista. Cada plaquinha contém uma operação de soma, se o usuário acerta o resultado da operação, ele avança uma casa (célula), por outro lado se errar volta uma casa,

permanece onde estar ou volta para o início do jogo, dependendo das regras acertadas entre os usuários antes do início do jogo.

Figura 6. Pista com obstáculos.



Fonte: Autoria própria

As duas brincadeiras apresentam alguns benefícios para o desenvolvimento da criança, entre eles está a capacidade da criança desenvolver o cálculo mental e o raciocínio lógico matemático, compreender o processo da adição e subtração e desenvolver a atenção e a concentração da criança [Sagioneti. 2016]. Além disso, são brincadeiras que a criança poderá brincar com o carrinho sem dificuldade realizando os movimentos identificados.

Adicionalmente, os usuários que não possuem esse tipo de deficiência podem utilizar um carrinho tradicional por controle remoto. Dessa forma, o Robot Car, além de propiciar que a criança desenvolva o seu bem estar por meio do uso de um brinquedo, também facilita a interação da criança com outras crianças, sendo deficientes ou não, o que diminui o isolamento social da criança com deficiência. As duas brincadeiras propostas são totalmente customizáveis. Por exemplo, ao invés de operações de soma no segundo brinquedo, os envolvidos no jogo podem utilizar outras operações matemáticas, tais como soma, subtrações ou multiplicações, ou mesmo coloquem nas placas outras perguntas que não estão relacionadas à matemática, por exemplo o ensino de português. Dessa forma, a customização do jogo, pode ser realizada considerando as necessidades do usuário e pode se tornar uma forma de trabalhar o ensino de qualquer conteúdo de interesse dos envolvidos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a validação os testes práticos foram efetuados em laboratório conforme duas situações: quando o indivíduo estava em repouso e ao realizar movimentos bucais de abrir e fechar. Na Figura 7 pode ser visto um usuário ao usar o sistema de controle proposto no trabalho.

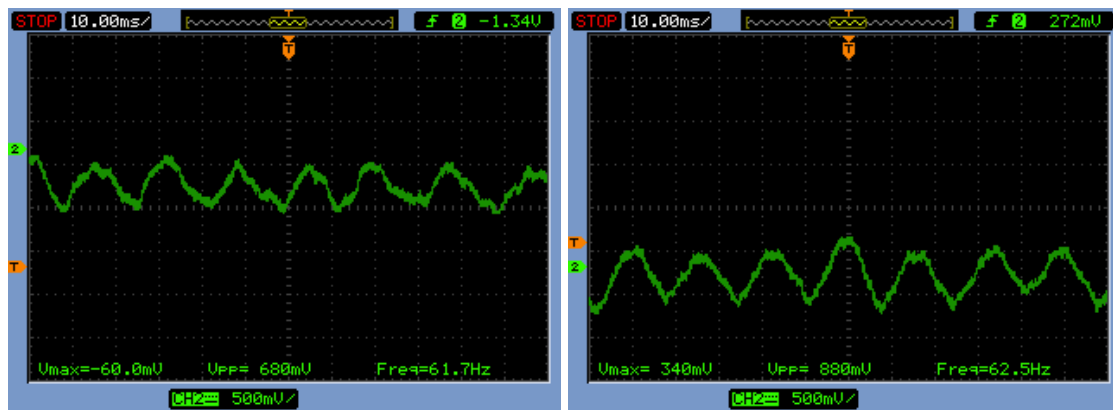
Figura 7. Testes Laboratoriais.



Fonte: Autoria própria

Durante os experimentos em laboratório, foi observado que o sinal apresenta uma boa variação de amplitude, conforme Figura 8. Na Figura 8a, apresenta-se o comportamento do sinal durante o repouso: a amplitude de pico-a-pico do sinal foi de 680 mVPP. Por outro lado, na Figura 8b expõe o comportamento do sinal durante o movimento de abrir da boca: a amplitude do sinal foi de 880 mVPP. Pode-se observar, também, que além do valor de variação da amplitude, tem-se uma variação CC (Corrente Contínua) entre os dois sinais, sendo essa uma característica importante para o bom funcionamento do processo de controle.

Figura 8. Sinais EMG na saída do estágio de instrumentação.



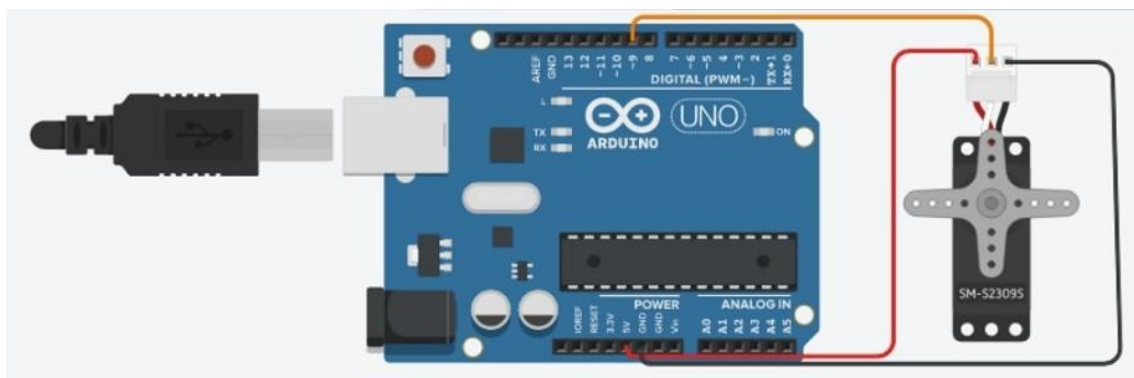
(a) Comportamento do sinal durante o repouso

(b) comportamento do sinal durante o movimento de abrir da boca

Fonte: Autoria própria

Uma vez feito a aquisição e amplificação do sinal, este é tratado utilizando filtros, dentro do próprio canal de instrumentação, e enviado ao microcontrolador arduino. Para testar o sistema foi utilizado um Servo motor, conforme Figura 9. Os resultados foram satisfatórios, conseguindo controlar o servo em ambos os sentidos, conforme o movimento bucal de abrir e fechar.

Figura 9. Arquitetura do servo motor com arduino



Fonte: Autoria própria

6. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi proposto um brinquedo inclusivo intitulado “RobotCar” com o objetivo de simplificar o ato de brincar voltado para crianças deficiência física motora. O brinquedo torna possível que crianças com deficiência possam utilizar brinquedos sem obstáculos comuns que costumam sentir, de forma a mostrar que são igualmente capazes e possuem as mesmas habilidades

e oportunidades que outras crianças. O sistema proposto realiza a aquisição do sinal EMG facial a partir dos movimentos da face, realiza o reconhecimento da ativação do músculo, através das variações existentes no comportamento CC do sinal, de forma a controlar a um brinquedo. O jogo proposto, que utiliza os músculos da face como ferramentas de controle, fornece às crianças a oportunidade de ter acesso a um jogo adaptado, com o objetivo de promover a inclusão de pessoas e crianças com deficiência física motora no ato de brincar.

Como trabalhos futuros, pretende-se fazer aperfeiçoamentos para uma melhor qualidade do sistema de aquisição, um deles será realizar a substituição do módulo Bluetooth pelo módulo Wi-fi, para possibilitar um maior alcance e velocidade de transferência de dados e uma maior interação do usuário com o controle. Outro aperfeiçoamento para trabalhos futuros, será realizar a troca do filtro passa baixa por um filtro ativo para melhorar a qualidade do sinal para o controle.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), pelo financiamento da pesquisa pelo meio dos editais PROPPG/UFERSA 11/2019 e 39/2019. E ao Laboratório de Análise dos Sinais Biomédicos (LASBIO).

REFERÊNCIAS

[Alves et al. 2014] Alves, A., Hostins, R., Santos, M., Frisoni, B., Cipriani, M., Bianchini, P., Moreira, G., and Santos, R. (2014). Jogos digitais acessíveis na inclusão de alunos com deficiências, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades: desenvolvendo e avaliando um jogo sob a perspectiva do design universal. *In Anais do 3o Seminário Nacional de Inclusão Digital, SENID'14*, pages 1–10. SENID.

[Bairros et al. 2018] Bairros, G., Follmann, J., Amaral, E. M. H. D., and Saraçol, J. (2018). Proposta de solução para apoio à reabilitação física de pacientes com amputação de membros superiores. *In Proceedings of 10o salão internacional de ensino, pesquisa e extensão, SIEPE'18*, pages 1–6. SIEPE.

[Brasil 2009] Brasil, Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Comitê de Ajudas Técnicas. (2009). *Tecnologia Assistiva*. BRASIL, Brasília- CORDE.

[Chou et al. 2011] Chou, L., Liu, T., Li, D. C., Chen, Y., Jeong, M. T., Lee, P., and Lin, Y. (2011). Development of a game-based learning system using toy robots. *In 2011 IEEE 11th International Conference on Advanced Learning Technologies*, pages 202–204.

[Ferreira et al. 2016] Ferreira, R., Matos, D., Carvalho, V., and Soares, F. (2016). “hugme” development of an inclusive toy: First insights. *In 2016 2nd International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE)*.

[Furukawa et al. 2017] Furukawa, J., T. Noda, T. T., and Morimoto, J. (2017). Modeling to detect biosignal sensor failures for myoelectric assistive robot control. *IEEE Transactions on Robotics*, 33(4):846 – 857.

[Galvão Filho 2013] Galvão Filho, T. (2013). A construção do conceito de tecnologia assistiva: Alguns novos interrogantes e desafios. Disponível em http://www.galvaofilho.net/TA_desafios.htm. Acessado em 10 de maio de 2020.

[Gonçalves et al. 2018] Gonçalves, F., Cardoso, A., and de Aquino, R. (2018). Strategy for support people with physical limitation using games and wearable device myo. *IEEE Latin America Transactions*, 16(11):2808 – 2816.

[Holloway and Dawes 2016] Holloway, C. and Dawes, H. (2016). Disrupting the world of disability: The next generation of assistive technologies and rehabilitation practices. *Healthcare Technology Letters*, 3(4):254 – 256.

[IBGE 2010] IBGE, I. B. d. G. e. E. (2010). Censo Demográfico: Características Gerais da População, religião e pessoas com deficiência. IBGE.

[KLoc et al. 2009] KLoc, A. E., Koscianski, A., and Pilatti, L. A. (2009). Robótica: Uma ferramenta pedagógica no campo da computação. *In I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia*, UTFPR, SINECT’09, pages 1–10. SINECT.

[Perez-Munõz et al. 2018] Perez-Munõz et al., A. (2018). An interactive tool based on serious games and fuzzy logic to support the motor development and rehabilitation of children with disabilities. *In 2018 Congreso Argentino de Ciencias de la Informática y Desarrollos de Investigación (CACIDI)*.

[Pérez-Munõz et al. 2018] Pérez-Munõz, A., Ingavélez-Guerra, P., and Robles-Bykbaev, Y. (2018). New approach of serious games in ludic complements created for rehabilitation therapies in children with disabilities using kinect. *In 2018 IEEE XXV International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*.

[Razavi 2010] Razavi, B. (2010). Fundamentos de microeletrônica. LTC, Rio de Janeiro, 4 edition.

[Sagioneti. 2016] Sagioneti., M. A. R. (2016). Importância dos jogos para o ensino de conceitos matemáticos da criança com necessidades educacionais especiais. Disponível em www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernos/pde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_pdp_edespecial_uel_mariaaparecidaribassagioneti.pdf. Acessado em 20 de maio de 2020.

[Silva 2009]Silva, A. F. d. (2009). Roboeduc: Uma metodologia de aprendizagem com robótica educacional. *In Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte*, pages 1–127.