



MULTIPLATAFORMA DE CONTROLE DE DIREÇÃO PARA O PROJETO *SMARTCHAIR*

Rodrigo Barros da Silva¹, Tadeu Abreu Cerqueira¹ e Oberdan Rocha Pinheiro¹

¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

E-mails: rodrigo.barros@fieb.org.br, tadeu.cerqueira@fbest.org.br,
oberdan.pinheiro@fieb.org.br

RESUMO

O presente trabalho visa desenvolver um sistema para controle de direção de uma cadeira de rodas motorizada (CRM) comercial com multiplataformas de comando, tais como celulares smartphones, comandos de voz ou gestuais por visão computacional. O trabalho está sob contexto do projeto *SmartChair* desenvolvido no SENAI CIMATEC com o apoio do Instituto SENAI de Inovação em Automação. Nesse primeiro momento, os autores implementaram um circuito para o envio de sinais elétricos que ativam os comandos direcionais da cadeira. Junto à CRM, acoplou-se um *notebook* para o processamento dos *softwares* de reconhecimento de voz, de gestos por visão computacional e de controle da cadeira remotamente. As três formas de controle de direção da cadeira foram testadas de forma separada com programas não integrados entre si. As avaliações foram realizadas pelos próprios autores e apresentaram bons resultados em relação à precisão do reconhecimento dos comandos realizados pelo usuário.

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – existem aproximadamente 1 milhão de pessoas que usam cadeira de rodas no Brasil. São indivíduos que utilizam a cadeira de rodas por terem algum tipo de deficiência física e devido a isso apresentam grandes dificuldades na realização de tarefas simples do cotidiano, necessitando inclusive que outras pessoas os auxiliem na maioria das vezes [1].

Devido ao crescente desenvolvimento científico e tecnológico na área de produtos para cadeirantes, observado nos últimos anos, as vidas dos diversos portadores de necessidades físicas especiais têm mudado significativamente [2] e um desses produtos é a CRM – Cadeira de rodas motorizada. A CRM é um equipamento que permite que pessoas com severo comprometimento motor, incapazes de conduzir de forma independente uma cadeira de rodas de propulsão manual, busquem a autonomia em sua locomoção, com consequentes benefícios para sua autoestima e inclusão social.

O problema das CRMs comercializadas é a baixa flexibilização da interface de comando da cadeira pelo usuário. Existem pessoas com diferentes graus de dificuldade motora provocados pelo avanço da idade, doenças ou acidentes. Usuários com graves



problemas motores, como tetraplegia e paralisia cerebral, acabam sendo excluídos do uso da CRM devido à existência de apenas comandos por *joystick*.

Dessa forma, este trabalho surge com o objetivo de aumentar o conforto e a mobilidade dos portadores de necessidades físicas especiais criando uma multiplataforma de controle de direção para uma CRM de forma a oferecer ao usuário diversas formas de interface de comando, tais como por comandos vocais, gestuais ou remotos através de um celular ou *Tablet*.

Os objetivos específicos são a criação de soluções em *hardware* e *software* para o controle da CRM através do reconhecimento do comando por voz, da visão computacional para reconhecimento de gestos da cabeça e, remotamente, através de um dispositivo móvel. Portanto, o intuito do trabalho é oferecer ao usuário diversas formas de interface de comando da cadeira, além do *joystick*, facilitando a busca pela autonomia em sua locomoção, com consequências positivas para a sua autoestima e inclusão social.

Na próxima seção, o capítulo Metodologia abordará como aconteceu o desenvolvimento do projeto, bem como aspectos importantes para a compreensão da solução proposta. O capítulo de Resultados e Discussões trará os cenários de testes das plataformas de interação entre a cadeira e o usuário, evidenciando o funcionamento do sistema implementado. Além disso, serão feitas as considerações finais referentes aos dados alcançados no trabalho.

2. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no SENAI CIMATEC com o apoio do Instituto SENAI de Inovação em Automação e teve seu início com o estudo do funcionamento do circuito de controle de direção da CRM comprada para o projeto *SmartChair*. Em paralelo, levantou-se o estado da arte em relação ao controle de robôs móveis através de reconhecimento de voz, de gestos por visão computacional e remotamente por celular.

Existe atualmente uma série de trabalhos que fazem o reconhecimento de voz aplicado ao controle dos movimentos em cadeiras de rodas, como em [1], [3] e [4]. Em todos esses trabalhos a técnica envolvida no reconhecimento da voz é basicamente a mesma, usando redes neurais artificiais.

O estudo sobre reconhecimento de gestos, como nos trabalhos [5] e [6], tem sido estimulado pelas inúmeras possibilidades de aplicações com interface homem-máquina de maneira mais fácil e natural. Essas pesquisas permitiram definir as arquiteturas utilizadas para cada plataforma de comando da CRM.

O bloco da plataforma de teste é formado por uma cadeira de rodas motorizada. A cadeira é da marca *Freedom Carbon*, possui motores elétricos, baterias, circuito de acionamento elétrico e *joystick* para o controle dos movimentos.

Constatou-se que circuito de controle da cadeira de rodas com o *joystick* original é formado basicamente por um microcontrolador PIC e outros componentes periféricos de forma que, de acordo com uma tensão aplicada pelo *joystick*, um sinal é enviado aos motores da cadeira de rodas para que execute o movimento de direção respectivo. Na



Figura 1 pode-se observar o circuito do microcontrolador da cadeira de rodas e de onde vem os sinais do *joystick*.

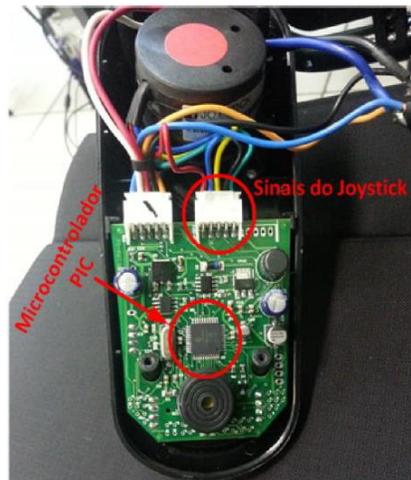


Figura 1 – Circuito do joystick original da cadeira visto de cima. Fonte: Própria.

Dessa forma, para controlar a cadeira de rodas sem necessitar do *joystick*, basta implementar um circuito que envie as tensões que o *joystick* original enviaria ao circuito do microcontrolador para realizar os movimentos desejados. Portanto, é feito um circuito de interface que simula as ações do *joystick* para que através de comandos de um computador se consiga controlar os movimentos da cadeira de rodas. Na Figura 2, pode-se ver o diagrama de blocos simplificado do sistema, incluindo o circuito de interface em médio nível, formado basicamente por dois conversores digital/analógico e um amplificador operacional.

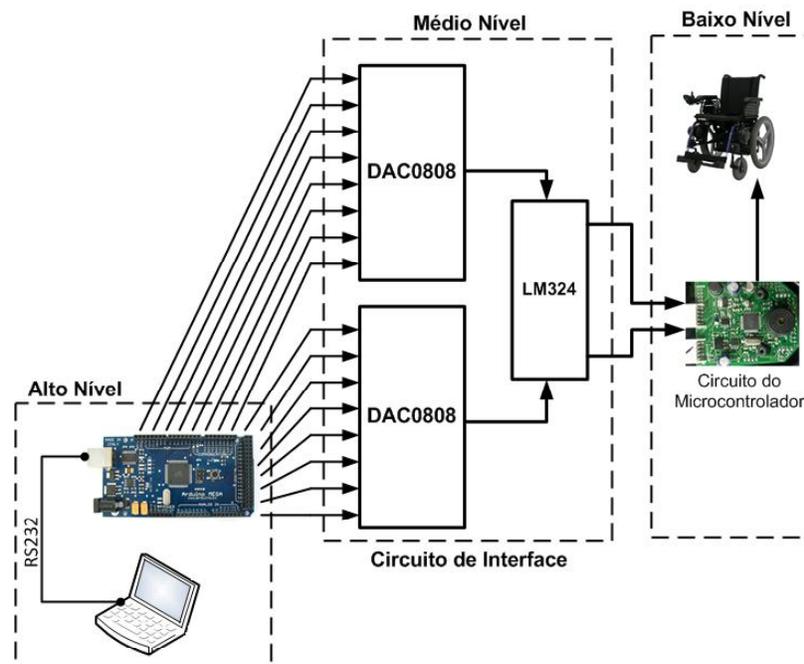


Figura 2 - Diagrama de blocos do sistema, destacando o circuito de interface entre a cadeira de rodas e o computador. Fonte: Própria.

Com isso, em alto nível pode-se implementar todas as técnicas pesquisadas sobre reconhecimento de voz, de gestos e controle remoto por celular, visto que o computador já consegue se comunicar normalmente com o circuito da cadeira de rodas, simulando as ações do *joystick* original.

Vale destacar a utilização da plataforma Arduino como um mediador entre o computador e o circuito de interface. No entanto podem ser utilizadas outras plataformas, bem como microcontroladores, microprocessadores e FPGA para a mesma função realizada pelo Arduino, que consiste apenas em se comunicar com um *notebook* e enviar uma sequência de 16 bits ao circuito de interface em médio nível.

2.1 Controle da direção através do reconhecimento por voz

A comunicação através da fala é provavelmente o modo mais eficiente de comunicação. Ao longo dos anos, várias pesquisas foram introduzidas e aperfeiçoadas neste campo, que resultaram na invenção do megafone, telefone, entre outros [7]. Alguns trabalhos interessantes com o reconhecimento de voz foram propostos nos últimos anos, como em [7], [8] e [9]. As técnicas utilizadas para o problema são diversas, sendo um campo aberto para otimização, processamento de sinais e redes neurais.

De maneira geral, pode-se resumir de forma bem simplificada os passos necessários para configuração de um sistema de reconhecimento de voz, como pode ser observado na Figura 3.

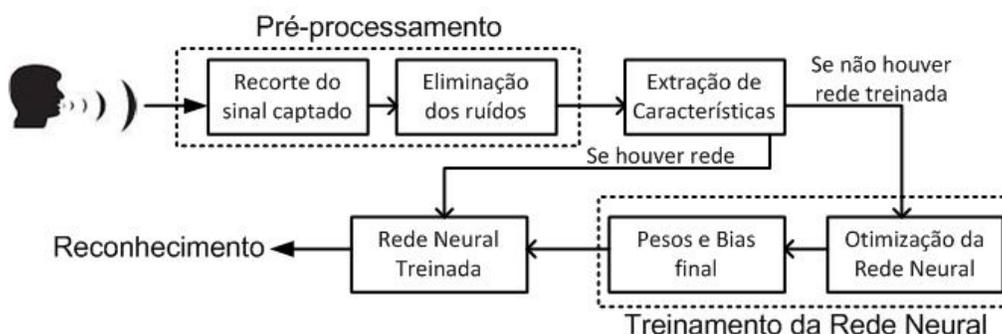


Figura 3 - Diagrama de blocos dos passos para o reconhecimento de voz.

Fonte: Própria.

Já existem plataformas desenvolvidas para realizar todo esse procedimento de reconhecimento de voz, disponíveis para serem livremente utilizadas e que possuem um alto grau de confiabilidade, como é o caso do *software IBM Via Voice*, sendo usado em projetos que necessitam do reconhecimento vocal [1].

Nesse sentido, este trabalho utilizou para o reconhecimento de voz a API (*Application Programming Interface*) *Java Speech* desenvolvida pela IBM, próprio para a plataforma Java, também conhecido como *IBM Via Voice*, devido a essa confiabilidade e grande difusão no mercado, além do fato de ser uma plataforma totalmente gratuita. Dessa forma, basta incorporar a API em uma aplicação Java própria de forma a realizar ações de acordo com o comando de voz que é reconhecido no programa. Para os comandos vocais, selecionaram-se as seguintes palavras: “avançar”, “retroceder”, “direita”, “esquerda” e “interromper”.

2.2 Controle da direção através da visão computacional

Para a plataforma de reconhecimento de gestos por visão computacional, pensou-se no diagrama de blocos representado na Figura 4:

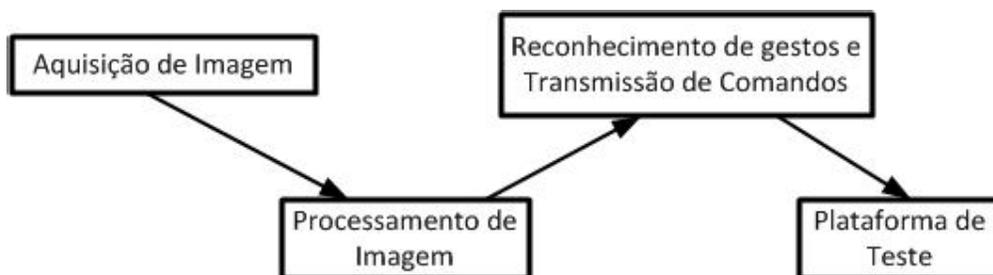


Figura 4 - Diagrama de blocos para reconhecimento de gestos por visão computacional. Fonte: Própria

Cada bloco da arquitetura será responsável por uma determinada função no projeto. Para o bloco de Aquisição de Imagem, responsável por adquirir as imagens gestuais do usuário - no caso, os movimentos com a cabeça - e enviá-las para o próximo bloco, utilizou-se uma câmera RGB de resolução de dois *megapixels*. No bloco de Processamento de Imagem, as informações recebidas da câmera serão tratadas via software por um computador. Para isso, utilizou-se o OpenCV - bibliotecas de código aberto que fornecem suporte ao desenvolvimento de programas nas áreas processamento de imagem, reconhecimento de padrões e modelagem em 3D.

O programa foi elaborado em linguagem C++ e realiza as seguintes funções: transformação da imagem em um conjunto de pixels, mudança da escala RGB para escala de cinza, a localização do corpo do usuário; a segmentação e o rastreamento da parte do corpo necessária para o projeto, no caso, a cabeça. A Figura 5 ilustra o funcionamento do programa:

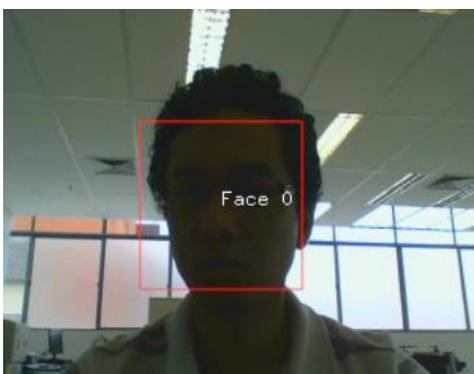


Figura 5 - Rosto rastreado pelo programa utilizado. Fonte: Própria.

Dentre as bibliotecas de visão computacional do OpenCV, utilizou-se a biblioteca com as classes e funções que implementam o algoritmo de Viola e Jones [10] visto no trabalho de Bradski [10] de forma melhorada para localização de objetos. O bloco de interpretação dos gestos e a transmissão dos comandos de controle para a plataforma também foram realizados via computador com programação em C++. O algoritmo de reconhecimento do gesto localiza o centróide da face e, através do

deslocamento do centróide em relação a uma origem, determina-se qual o comando de direção desejado.

2.3 Controle da direção em modo remoto por celular

Para controlar a cadeira de rodas através de um celular ou *Tablet* remotamente, utilizou-se a ideia de enviar sinais por uma rede local, também denominada LAN – *Local Area Network*. Assim, por uma rede WI-FI, pode-se enviar comandos para um computador através de um celular ou dispositivo remoto desde que todos estejam conectados à mesma LAN.

Dessa forma, como a cadeira já terá em seu sistema um *notebook*, que fará tanto o reconhecimento da fala quanto o reconhecimento de gestos, esse mesmo *notebook* também será responsável por disponibilizar um servidor local em que outro dispositivo móvel, conectado à mesma rede WI-FI, pode se comunicar com o *notebook* enviando e recebendo sinais.

Com isso, é necessário desenvolver uma janela de interface na aplicação implementada para o controle remoto por celular. Neste trabalho foi feita a programação de um aplicativo para o sistema aberto *Android*, que se baseia na programação em linguagem Java. Na Figura 6, pode-se observar a tela de interface da aplicação criada para o controle remoto da cadeira de rodas por celular.



Figura 6 - Tela de Interface do Aplicativo em sistema Android.
Fonte: Própria

Dessa forma, ao acionar algum dos cinco botões da tela a cadeira realizará a ação desejada, além de mudar o texto do *status* em que a mesma se encontra (parada, indo para direita, indo para esquerda, indo para frente ou indo de ré).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para validar o reconhecimento de voz foram feitos testes em dois diferentes ambientes: um fechado, com menos ruído, e outro aberto, com maiores ruídos sonoros. Para cada ambiente foram realizados 50 testes de maneira a observar o número de acertos que relaciona o comando de voz executado com o movimento realizado pela cadeira de rodas.

Na Tabela 1, pode-se observar os resultados dos 50 testes realizados para cada comando nos dois ambientes.

Tabela 1 – Resultados dos 50 testes realizados para o comando de voz em ambiente fechado e em ambiente aberto.

Comando	Acertos em Ambiente Fechado	Acertos em Ambiente Aberto
“avançar”	48/50	46/50
“retroceder”	48/50	45/50
“direita”	49/50	47/50
“esquerda”	49/50	46/50
“interromper”	49/50	48/50

Com isso, pode-se afirmar que o reconhecimento de voz, mesmo em ambientes com ruídos consideráveis funcionou com uma boa taxa de acerto de, no mínimo, 90%.

O cenário de teste da parte de visão computacional é formado pela variação da luminosidade num ambiente controlado sem a presença de pessoas na cena captada pela câmera. O objetivo deste teste é saber o quanto e como a luminosidade afetaria o sistema de visão implementado. A variação da luminosidade foi mensurada utilizando o instrumento luxímetro representado na Figura 7.



Figura 7 - Aparelho Luxímetro para medição da luminosidade. Fonte: [10]

Para todas as luminosidades testadas, 4, 13, 184, 288, 490, 4000 e 35000 lux, não ocorreu problemas para o reconhecimento da face e dos movimentos direcionais desejados a partir dos gestos com a cabeça. Ressalta-se que o ambiente era controlado e o fundo de pano não tinha complexidade em termos de formas e cores devido ao algoritmo utilizado e as experiências trazidas no artigo de Suarez e Murphy [13]. Para situações de incidência direta dos feixes luminosos na câmera, o sistema proposto não foi eficiente. Isso demonstrou a necessidade de criar filtros para diminuir a interferência provocada para o caso de a luz estar incidindo de forma direta na lente da câmera.

Uma outra análise realizada durante os testes com a variação da luminosidade se refere à velocidade de identificação do rosto do usuário e de seu comando de direção. Os cenários são referentes à luminosidade de 4, 13, 184, 288, 490, 4000 e 35000 lux realizados dentro de uma sala pela manhã com variação da luz com as lâmpadas artificial sem e com incidência direta da luz sobre o usuário, respectivamente. Para cada ambiente, o programa foi executado cinco vezes e os tempos foram registrados. O maior



e o menor valores para cada cenário foram descartados e tirou-se a média dos três valores restantes. A Tabela 2 informa os valores médios mensurados para o tempo de processamento do programa proposto.

Tabela 2 – Tempos de processamento médio observados para diferentes taxas de iluminação do ambiente

Ambientes (Lux)	Tempo de processamento médio (ms)
4	163,910
13	152,451
184	101,604
288	107,660
490	117,169
4000	134,938
35000	87,367

Os resultados obtidos demonstraram que, em locais com baixa luminosidade, o tempo de processamento é maior do que em locais com alta luminosidade. Entre o ambiente de menor e de maior iluminação, houve uma diferença de 76ms aproximadamente.

4. CONCLUSÃO

O projeto desenvolvido gerou resultados satisfatórios na área de sistemas embarcados, programação orientada a objeto e em reconhecimento de padrões. Dessa forma, nota-se que esses resultados proporcionaram uma flexibilidade no controle de direção da CRM. O trabalho mostrou uma metodologia visando a construção de uma plataforma para controlar os movimentos de uma cadeira de rodas motorizada, especificamente da Freedom Carbon, através dos comandos de voz, comandos por celular ou de gestos com a cabeça. Assim, usando a metodologia explicada neste trabalho, é possível reproduzir um resultado bem semelhante ao que foi obtido.

Outro ponto interessante deste trabalho é que ele foi todo desenvolvido usando plataformas e *softwares* de código aberto. Dessa forma, são reduzidos custos de licenças, que juntamente com o baixo custo de *hardware*, formado apenas por um *notebook*, dois conversores e um amplificador, fazem o projeto ter um preço bem pequeno se comparado ao valor total de uma CRM convencional. Isso viabiliza ainda mais a incorporação dessa plataforma nas cadeiras de rodas atuais que usam apenas o *joystick* para locomoção.

De maneira geral, o trabalho desenvolvido fornece uma gama de possibilidades de melhorias tanto em *hardware*, *software*, IHM, sensoriamento e visão computacional, objetivando sempre a melhoria na qualidade de vida dos portadores de necessidades físicas especiais, dando-lhes maior autonomia, mobilidade e conforto. Com isso, pode-se dar mais visão à cadeira de rodas, incorporando sensores do tipo *encoder*, CCD e entre outros para que a mesma possa tomar ações de forma autônoma, desviando de obstáculos e evitando avançar em desfiladeiros ou escadas, o que evita acidentes e garante uma maior segurança aos portadores de necessidades físicas especiais.



Através melhoria e testes futuros do projeto, espera-se que o *SmartChair* forneça facilidade na mobilidade e conforto aos indivíduos portadores de necessidades especiais, principalmente para os tetraplégicos e para os paraplégicos com limitações severas de movimento nos braços.

REFERÊNCIAS

- ¹Chiele, M. R.; Zerbetto, A. Desenvolvimento de uma cadeira de rodas controlada por voz. XVIII Congresso Brasileiro de Automática. Bonito-MS, 2010.
- ²Albrecht, B. L. Controle de uma cadeira de rodas motorizada através de eletromiografia em uma plataforma embarcada. Trabalho Final de Graduação — Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2012.
- ³Neto, J. A. O.; Castro, M. A. A.; Felix, L. B. Reconhecimento de comandos de voz para o acionamento de cadeira de rodas. XVIII Congresso Brasileiro de Automática. Bonito-MS, 2010.
- ⁴Silva, R. L. Desenvolvimento de uma interface homem-máquina aplicada a uma cadeira de rodas robótica por meio de pda. Dissertação de Mestrado — Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.
- ⁵Mitra, S.; Acharya, T. Gesture recognition: A survey. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, v. 37, n. 3, 2007. ISSN 1094-6977.
- ⁶Hasan, H. S.; Kareem, S. A. Human computer interaction for vision based hand gesture recognition: A survey. In: 2012 International Conference on Advanced Computer Science Applications and Technologies (ACSAT). IEEE, 2012. p. 55–60. ISBN 978-0-7695-4959-0. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6516326>>.
- ⁷Gevaert, W.; Tsenov, G.; Mladenov, V. *Neural networks used for speech recognition*. Journal of Automatic Control. University of Belgrade, 2010.
- ⁸Valiati, J. F. Reconhecimento de voz para comandos de direcionamento por meio de redes neurais. 2001. Disponível em: <www2.dem.inpe.br/ijar/RecVozRNeurais.doc>
- ⁹Brandão, A. S. Redes neurais artificiais aplicadas ao reconhecimento de comandos de voz. Trabalho Final de Graduação — Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- ¹⁰Viola, P.; Jones, M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001, v. 1, 2001.
- ¹¹Bradski, G.; Kaehler, A.; *Learning OpenCV*, 1a. ed., O'Reilly Media, 2008.



¹²ICEL. Disponível em: <<http://www.icel-manaus.com.br/>>. Acesso em: 30 set. 2014.

¹³Suarez, J.; Murphy, R. Hand gesture recognition with depth images: A review. In: 2012 IEEE RO-MAN: The 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication. [S.l.]: IEEE, 2012. p. 411–417.