

C.O.D. – Cadeira Ortostática Dinâmica

Walef Robert Ivo Carvalho*

*Estudante de Engenharia Biomédica, Instituto Nacional de Telecomunicações - INATEL
Santa Rita do Sapucaí – Minas Gerais, Brasil.
e-mail: walefcarvalho@geb.inatel.br

Resumo: Os índices brasileiros revelam que há cerca de 24,6 milhões de portadores de deficiência física. Para minimizar as dificuldades de acessibilidade no cotidiano dessas pessoas, foi proposta, nesta pesquisa, uma aplicação da engenharia de reabilitação e conceitos eletrônicos abordando o desenvolvimento de equipamento móvel capaz de deixar os deficientes físicos em posição ereta e permiti-los a locomoção com o aparelho para o local desejado, denominado **C.O.D. – Cadeira Ortostática Dinâmica**. O equipamento supre as dificuldades enfrentadas pelos acometidos da lesão medular, auxiliando-os no processo de locomoção em qualquer recinto. Dessa forma, o usuário, por estar em pé, pode realizar atividades habituais, dentro dos limites impostos pela deficiência. O protótipo, para mover, é controlado via sensores de movimento acoplados à cabeça do usuário ou um *joystick*. O paciente, ainda, pode guiar a **C.O.D.** até ele utilizando um controle remoto quando está distante dela e, posicionado frente à **C.O.D.**, pressiona um botão e um braço mecânico metálico dirige-se até o peitoral do deficiente. Findas essa etapa, a pessoa realiza os procedimentos de segurança, acoplando-se ao equipamento e, então, pressiona outro botão para ser levantado e, em pé, tem a possibilidade de locomoção. Os *drivers* em ponte H recebem comandos da unidade de controle e movimentam os motores DCs localizados no interior da estrutura. É possível observar em um display o percentual de bateria atual. Certifica-se que **C.O.D.** é um equipamento de tecnologia assistiva de baixo custo e supre as necessidades dos deficientes físicos, auxiliando-os em sua reabilitação física e autocuidado.

Palavras-chave: Deficiência física. Acessibilidade. Estrutura Mecânica.

Abstract: *There are currently about 24.6 million physically disabled living in Brazil. This special group of people constantly faces mobility difficulties in their day-to-day living. Hence to ease their problems and improve the accessibility of the disabled, this research proposes an application of rehabilitation engineering and electronic concepts to develop a mobile equipment capable of letting disabled upright and enable them to move with it to location wanted, called **C.O.D. - Chair Orthostatic Dynamics**. The equipment meets the difficulties faced by those affected spinal cord injury, aiding them in the process of locomotion in any enclosure. Thus, the user, to be standing, can perform usual activities, within the limits imposed by disability. The prototype is controlled via remote control, motion sensors inserted in user's head or a joystick. The patient*

can guide C.O.D. using the remote control when you are away from it and then presses a button and a steely mechanical arm is directed to the patient's breastplate. Done that step, the user performs security procedures, engaging to the equipment and then he presses another button to be lifted. The H-bridge drivers receive commands from the control unit and move the DCs motors located inside the mechanical structure. So the poor is raised e, then, has the locomotion possibility. It can be seen on a display the percentage of battery current. Make sure that C.O.D. is a low cost technology assistive and meets the needs of disabled people, helping them in their physical rehabilitation and self-care.

Keywords: *Physical Disabilities. Accessibility. Structure Mechanical.*

Introdução

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) revela que existem 24,6 milhões de pessoas com deficiências no Brasil [1]. Nessa estimativa, é expressiva a quantidade de pessoas com deficiência física e motora e, as causas, na maioria das vezes, estão ligadas às imprudências e acidentes que comprometem a medula espinhal. De acordo com uma pesquisa realizada pela fisioterapeuta Tatiane Rondini [2], de São Paulo, são várias as causas geradoras de comprometimentos motores. Dentre elas está a lesão medular. A incidência nacional anual de casos de Traumas Raquimedulares (TRM) com hospitalização é de 30 a 40 por milhão. Pode-se supor que de 5 a 6 mil pessoas por ano apresentam esse grave comprometimento neurológico. A população mais afetada é jovem e do sexo masculino. Um levantamento estatístico realizado pela equipe de lesão medular da AACD no ano de 2000 aponta que a média etária dessa população é de 30 anos [3].

Existem muitos fatos ocorridos com amigos e familiares que, por conta de um descuido ou imprudência, perdem os movimentos dos membros inferiores, tornando-se dependente de uma cadeira de rodas. Nota-se que essa realidade está bem próxima: o pai do integrante da equipe enfrenta tais dificuldades.

Intentando beneficiar ao pai do integrante e todos que passam por esse problema (de não poder andar ou ficar em pé), motivou-se a criação de um projeto que promova mais acessibilidade aos acometidos pela lesão medular.

Contudo, há a necessidade de conhecer a TA (tecnologia assistiva) para assim, compensar as

capacidades ausentes ou deficientes desse grande número de pessoas [4]. Existem diversos equipamentos de TA que auxiliam na acessibilidade dos portadores de deficiência física e a cadeira de rodas é o dispositivo mais utilizado atualmente. Ela foi inventada cerca de 100 anos atrás e vem sendo aprimorada e adaptada às diversas pessoas com diferentes tipos de lesões [5]. A posição ortostática é essencial, pois promove uma série de benefícios corporais, como: ajuda a melhorar o bombeamento sanguíneo, ações intestinais, cardíacas e pulmonares; permite a mobilidade das diversas parte do corpo, impedindo o surgimento de escaras (úlceras de decúbito); previne doenças ligadas aos ossos, pois os que não se movimentam, perdem cálcio e ferro em seu organismo [6].

No entanto, os cadeirantes, por não possuírem movimentos nos membros inferiores, não conseguem ficar em pé. Portanto desenvolve-se a **C.O.D.(Cadeira Ortostática Dinâmica)**, um equipamento de tecnologia assistiva que auxilia essa expressiva quantidade de pessoas dependentes de familiares ou outros indivíduos para realizar suas atividades habituais ou necessitam de cadeiras de rodas para a locomoção. Ela tem como objetivo estimular e promover a máxima autonomia e independência do usuário nas atividades de vida diária, tendo como foco principal reinserir o indivíduo na sociedade de forma autônoma, porém, respeitando suas limitações. Ela pode promover uma série de benefícios corporais ao paciente, auxiliar em sua fisioterapia e elevar, sobretudo, a autoestima do usuário.

Materiais e métodos

Aplica-se a metodologia de engenharia para o desenvolvimento do protótipo. Primeiramente, foi desenvolvida uma pesquisa tecnológica com o objetivo de montar um protótipo e aplicá-lo às pessoas que não conseguem se locomover sem o auxílio de uma cadeira de rodas. Para sua materialização, a fim de comprovar sua viabilidade e desenvolver novos produtos com uma maior eficácia e de baixo custo às pessoas com deficiência, realizaram-se entrevistas com pacientes para atentar o que realmente eles precisam para seu dia a dia e o que mais possuem dificuldades. Feito isso, analisaram-se os produtos já existentes que suprem às necessidades das pessoas portadoras de deficiência física. Para colocarem os cadeirantes em posição ortostática, essencial à saúde do indivíduo, não há muitos projetos desenvolvidos ou em fase de construção.

O Lokomat™ é um dispositivo robótico que promove a suspensão do paciente, com auxílio de um colete adaptado ao seu tamanho. Por meio de faixas, suas pernas são conectadas ao Lokomat™. O aparelho então começa o movimento de caminhar, no ar, e vai descendo até alcançar a esteira. Um computador controla o ritmo da caminhada e as respostas do corpo ao movimento com base em gráficos e uma série de dados. Inicialmente, o paciente começa com metade do peso suspenso, para facilitar a execução dos movimentos. Conforme a evolução, a suspensão diminui e é colocado

mais peso, pois o objetivo é que o paciente consiga andar no solo com todo o seu próprio peso e com um padrão de marcha melhor. No Brasil não existe nenhuma máquina similar a essa. Existem outras tecnologias para treino de marcha, mas nenhuma faz a pessoa desenvolver uma troca de passos de forma motorizada. Seu custo é da ordem de 1,5 milhão de reais. [7]. Desenvolvido no Instituto Nacional de Telecomunicações, há o elevador ortostático dinâmico, que permite ao usuário ficar em posição ereta e, com um auxílio de uma fisioterapeuta, o paciente realiza o tratamento de marcha [8]. As cadeiras de rodas motorizadas permitem a mobilidade dos usuários de cadeiras de rodas de forma independente através de um controle joystick. A pessoa pode escolher a velocidade de movimento da cadeira de rodas e há luzes que indicam o percentual da bateria. Seus preços variam entre 7 mil reais a 20 mil reais, comprada no Brasil [9]. Há também a cadeira de rodas *stand-up* que deixa o usuário em posição ortostática. No entanto, quando está em pé, não existe a possibilidade de movimento com a cadeira. O sistema adota atuadores lineares elétricos para realizar o levantamento do usuário quando ele pressiona o botão. O procedimento é lento para não afetar a saúde do paciente [10].

Uma fisioterapeuta acompanhou e auxiliou no desenvolvimento das pesquisas sobre o sistema nervoso e seus periféricos, para entender o funcionamento corporal de um paciente que sofre lesão medular. Ela indicou, ainda, os melhores acessórios a serem utilizados no momento da montagem do protótipo para garantir a saúde do paciente. Para que os deficientes possam ser levantados, é necessário que, primeiramente, seja realizado os ajustes de segurança. Dessa forma, optou-se em utilizar almofadas de colchão “casca de ovo” e elásticos flexíveis para prender o usuário ao equipamento.

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica mais aprofundada para adotar a parte mecânica mais viável para o desenvolvimento do equipamento. Após isso, avaliou o conceito do desenvolvimento de um braço mecânico que, após um comando, desceria até a altura do peitoral do usuário e o levantasse. No entanto, deveria utilizar um motor de alto torque, de 24 V, para isso ser possível. Para uma melhor força, é necessário acoplar uma caixa de redução ao eixo do motor. Uma estrutura metálica foi montada, pois é fornece uma melhor estabilidade, firmeza e é livre de quebras.

Um controle remoto é agregado à **C.O.D.** Sua função é permitir que o usuário guie a cadeira no momento em que estiver distante dela. Por exemplo, se o usuário estiver na cama e não conseguir alcançar a **C.O.D.** para utilizá-la, ele a guia por meio do controle remoto. O sistema de transmissão e recepção adotado ao controle à distância é o mesmo aplicado os portões eletrônicos, com transceivers comerciais.

Assim que o usuário estiver em frente ao equipamento, ele deve, figura 1:

1- Colocar os pés na plataforma do equipamento;

- 2- Prender os membros inferiores através de elásticos flexíveis no aparelho.
- 3- Pressionar o botão para realizar a descida do braço mecânico;
- 4- Prender o cinto de segurança, que está em anexo à C.O.D., em uma almofada ajustável situada no quadril do usuário;
- 5- Amarrar um elástico no equipamento, localizado na parte peitoral do paciente, prendendo-o à estrutura da C.O.D.;
- 6- Pressionar o botão para realizar a subida do braço mecânico.



Figura 1: Procedimentos para ficar na posição ortostática.

Utilizaram-se três motores DC, de corrente contínua com 24V de operação, em sua parte inferior para permitir a locomoção e o levantamento do usuário, figura 2. Um dos motores é ligado a uma rosca sem fim. Logo, ao pressionar o botão que realiza a subida, o motor envia comandos à rosca, fazendo-a girar. Esse processo move um braço mecânico ligado ao terminal dessa engrenagem, puxando um suporte em que o paciente está fixo. Assim, o levantamento do usuário é realizado. Há sensores de fim de curso acoplado na rosca sem fim, para que garanta a segurança do paciente ao subir ou descer. O sistema mecânico adotado garante a estabilidade do paciente no momento de subida e descida. Da forma como o usuário é preso ao equipamento, no momento em que iniciar o movimento de subida, seu corpo acompanha a mecânica desenvolvida, sobrepondo o peso na plataforma do equipamento, no processo de levantamento, sem interferir em sua saúde. O sistema de frenagem é eletromagnético.

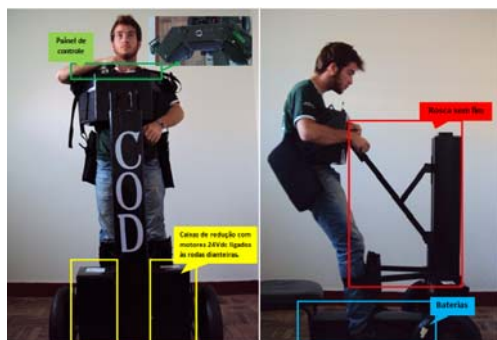


Figura 2: Solução mecânica adotada.

A movimentação da cadeira é realizada por duas rodas pneumáticas de 12 polegadas contidas em sua parte inferior e 2 rodas giratórias. Por meio de um controle *joystick* digital, ora nível lógico alto ora nível lógico baixo, o usuário pode escolher o lado que deseja ir; para frente, trás, direita ou esquerda. Quando é dado um comando, a chave fecha curto, indicando que determinada posição foi acionada. No momento em que ocorrer um comando feito pelo *joystick* ou controle remoto, é enviado às entradas de uma memória EEPROM 28C64 níveis lógicos baixos ou altos. A unidade de controle recebe dados vindos dos botões que levantam e descem o usuário, ajuste da velocidade de operação dos motores, controle *joystick*, controle remoto e sensores de inclinação.

Quando o usuário está em pé, ele pode mover com equipamento utilizando um controle remoto ou um *joystick*. No entanto, os tetraplégicos não possuem mobilidades nos membros superiores. Sendo assim, utilizam-se chaves de mercúrio acopladas à cabeça do usuário para que ao inclinar a cabeça, o equipamento seja movido.

Utilizam-se 3 drivers em ponte H para mover os motores DC. A alimentação de todo o sistema é dado através de 8 baterias de 12 V – 7Ah. Elas são ligadas em série e paralelo, obtendo 24V – 49AH.

A unidade de controle geral do protótipo é dada pela memória. Utiliza-se um microcontrolador da família MSP 430, independente da memória para enviar dados ao display, informando a data, horário e o percentual da carga das baterias.

Resultados e Discussões

Após ligar todas as placas de circuito impresso comutadamente, observou-se que a placa de transmissão e recepção não estava operando na maneira ideal. As frequências eram as mesmas. No entanto, não havia tensão suficiente para ativar o transmissor. Aumentando essa tensão de 9V para 12V, observou-se o funcionamento. O regulador de tensão que transformava 24V das baterias para 12V e ativava o relé para liberar tensão às demais placas esquentou bastante em curto período. Desse modo, colocaram-se 2 ventoinhas de 12V para evitar o aumento de calor dentro da gabinete. Os drivers em ponte H o circuito PWM foram eficazes.

Testes com o público-alvo

A **Cadeira Ortostática Dinâmica**, primeiramente foi testada com o integrante da equipe. Ao pressionar os botões, o braço mecânico desceu até a altura do peitoral do usuário. Finda essa etapa, o usuário necessita realizar os ajustes de segurança. Foram testadas diversas vezes para ver se os elásticos não cederiam e notou a eficácia com este tipo de material. Procederam aos testes com as almofadas ajustáveis situadas no quadril e peitoral do usuário e foi possível analisar o conforto que era oferecido ao usuário, conforme mostrado na figura 3.



Figura 3: Processo de levantamento do usuário.

Após terem realizados testes com o integrante da equipe diversas vezes, o equipamento foi levado até um local de reabilitação para portadores de deficiência física e motora no município de Santa Rita do Sapucaí - MG. No entanto, não é possível ainda realizar testes e procedimentos com pacientes por conta do comitê de ética. O pai do integrante da equipe se prontificou a ajudar nos testes, assinando um termo com a equipe. Em primeiro momento, ajustou-se um *duty-cycle* baixo para que o motor girasse devagar e o empuxo do paciente foi realizado de modo suave. Travaram-se as rodas traseiras. Elas possuem uma alavanca. Desligaram-se os comandos de joystick, controle remoto e sensores para que o projeto não ande com o paciente sendo levantado.

Notou-se que o corpo conseguiu atingir a posição vertical. O comportamento fisiológico do paciente não foi alterado e não houve tonturas, desmaios ou hipotensões na posição ortostática. Após isso, foi ligado o controle joystick e o usuário conseguiu guiar o equipamento em terreno plano com tranquilidade. Aplicou-se uma velocidade baixa para o movimento dos motores.

Os sensores de mercúrio que permitem o movimento da **C.O.D.** com a cabeça não foram muito precisos. Qualquer movimento brusco movia o equipamento e isso não pode acontecer. Após todas as etapas de teste, montou-se uma tabela técnica, figura 4.

Características	Dados
Altura da C.O.D. (m)	1.50
Comprimento do apoio para os pés (m)	0.30
Tempo de elevação (s)	10 a 50
Largura da cadeira (m)	0.40
Rodas dianteiras	Rodas rodízios Giratórias de Silicone - 50mm
Rodas traseiras	Pneumáticas - 12 polegadas
Altura da rosca sem fim (m)	1.10
Potência do motor de levantamento	1 motor de 24 V - 100W
Potência dos motores de movimento	2 motores de 24 V - 210W
Sensores de fim de curso (qtde.)	2
Sensores de movimento de mercúrio (qtde.)	4
Frequência de operação do controle remoto (MHz)	453
Altura entre queixo e joystick (cm)	7
Driver eletrônico (A)	50
Velocidade máxima (km/h)	20
Carga máxima (kg)	6
Fusível (A)	100
Autonomia máxima (km)	30
Peso das baterias (kg)	12
Peso da estrutura (kg)	48
Peso total do equipamento (kg)	60
Segurança no Levantamento	Sensores de fim de curso
Distância máxima de acionamento do controle remoto (m)	10
Baterias (qtde.)	8 baterias 12V - 7Ah, 2 ligadas em série, obtendo 24V e as demais em paralelo tendo 49AH
Travamento do motor	freno eletromagnético
Sensor de pânico	Botão normalmente aberto
Painel de comando	Display, Sensor de pânico, 3 potenciômetros de ajuste de velocidade, 1 joystick digital, Leds de indicação, Porta-fusível
Observações	Autonomia considerando baterias novas, terreno plano e pista lisa e carga de 100kg

Figura 4: Tabela com características técnicas.

O ortatismo foi realizado de modo tranquilo e conseguiu atender à necessidade. Para melhorar, deve-se utilizar atuador linear elétrico, que é utilizado nas cadeiras de rodas motorizadas *stand-ups* e no Lokomat™.

O circuito controlador da motorização do equipamento conseguiu se assemelhar ao utilizado nas cadeiras de rodas motorizadas. As caixas de redução fizeram barulhos. É necessário adotar os mesmos motores e soluções mecânicas adotados nas cadeiras de rodas motorizadas. É preciso aguardar o consentimento e autorização do comitê de ética para poder realizar testes com pacientes com diferentes níveis de lesão, para que seja possível analisar a saúde ocupacional do indivíduo, pois cada organismo reage de uma forma. Precisa-se aprimorar o sistema de controle por sensores de inclinação situados na cabeça do usuário. Os ajustes de segurança devem ser realizados de modo cauteloso para que não haja riscos ao usuário, deixando-o bem fixo ao aparelho. Os comandos para o usuário ser levantado, abaixado ou se locomover devem ser realizados apenas quando o paciente já estiver bem seguro ao protótipo. Visa-se aplicar os comandos cerebrais do paciente para controlar o protótipo, porém requer um amplo estudo e parcerias com outros profissionais interessados. O projeto não está completamente pronto, pois sempre há melhorias possíveis a serem feitas e, a cada benefício que se acrescenta, surge outra ideia para evoluir ainda mais.

Conclusão

Certifica-se que a **C.O.D.** é um equipamento que intervém na saúde ocupacional do indivíduo, adaptando suas atividades cotidianas. Com ela é possível tornar o sujeito acometido pela lesão medular o mais autônomo e independente, promovendo e estimulando o autocuidado do usuário em suas atividades rotineiras. Criou-se um equipamento de tecnologia assistiva que compensa os déficits apresentados pelo indivíduo que sofreu lesão medular, no desempenho de suas atividades de vida diária, como o cuidado pessoal. Ela oferece suporte ao indivíduo para a reinserção social e uma promoção na sua qualidade de vida.

Os *softwares* desenvolvidos e *hardwares* montados foram eficazes com relação ao funcionamento do projeto. O *driver* de motor DC adotado é bastante eficaz quanto ao acionamento dos motores. É preciso estar atento ao peso do paciente que não pode ser ultrapassado dos 100 kg, pois os MOSFETS utilizados suportam apenas 50 A de operação. Para um maior peso, devem-se alterar os transistores e motores mais potentes, já que o equipamento possui 60kg.

A estrutura metálica foi eficaz, pois deixou o equipamento mais estável e livre de quebras. O investimento na **C.O.D.** foi da ordem de R\$3500,00. Um preço bastante inferior às cadeiras de rodas motorizadas *stand-up*. É necessário aguardar a liberação do comitê de ética para poder realizar testes com pacientes de diferentes níveis de lesão e fazer levantamentos se o equipamento promove melhorias na

saúde do paciente antes e após o uso do equipamento. A patente da ideia vem sendo requisitada.

Agradecimentos

Agradeço ao meu pai que me motivou ao desenvolvimento do projeto por ser deficiente físico, ao INATEL (Instituto Nacional de Telecomunicações), a Deus, minha família e ao CDTTA (Centro de Desenvolvimento de Transferência de Tecnologia Assitiva).

Referências

- [1] IBGE. Indicadores: **Índices sobre as deficiências**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/default_censo_2000.shtm>. Acesso em abril de 2012.
- [2] RONDINI, Tatiane. Anatomia: **A medula espinhal**. São Paulo. 2010. 13 f. Documento acadêmico (Fisioterapeuta). Acesso em abril de 2012.
- [3] AACD. Notícias: **Levantamentos estatísticos e pesquisas**. Disponível em: <<http://www.aacd.org.br/noticias.aspx>>. Acesso em março de 2014.
- [4] ORNAGHI, Josiane Marina. **Considerações acerca do uso da tecnologia assistiva no tratamento de terapia ocupacional para o lesado medular**. Curitiba. 2009. 107 f. Documento acadêmico (Estudante). Universidade Tuiuti do Paraná. Acesso em 15 de abril de 2012
- [5] BERSCH, R. SCHIRMER, C. Tecnologias assistivas e cadeira de rodas. In: **Ensaio pedagógicos: construindo escolas inclusivas**, MEC, SEESP, 2005. p. 87-92.
- [6] ESTAR, Bem. Notícias: **Entenda os benefícios e diferenças entre estar em pé ou sentado**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bemestar/noticia/2014/>>. Acesso em agosto de 2014.
- [7] ARANGIO, Juliana. Educação em altas habilidades: **Tecnologia robótica revoluciona tratamentos fisioterápicos**. Disponível em: <<http://altashabilidadesap.blogspot.com.br/2011/05/tecnologia-robotica-revoluciona.html>>. Acesso em agosto de 2014.
- [8] INATEL. CDTTA: **Elevador ortostático dinâmico**. Disponível em: <inatel.br/cdtta>. Acesso em agosto de 2014.
- [9] FREEDOM. Cadeiras de rodas motorizadas: **Linha stand-up**. Disponível em: <<http://www.freedom.ind.br>>. Acesso em abril de 2012.
- [10] LINAK. Atuadores lineares elétricos: **Linha medline or careline**. Disponível em: <<http://www.linak.com.br/>>. Acesso em março de 2013.