



## **PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA CADEIRA DE RODAS COM VARIAÇÃO DE POSIÇÃO (C.V.P.) A ENGENHARIA E O PORTADOR DE DEFICIÊNCIA FÍSICA-GRUPO PARAMEC**

### **Primeiro Autor**

Freitas, L.S (Capitão do Grupo PARAMEC)

### **Co-autores:**

Abrão, A.M. (Prof.); Baião, M.R.; Bracarense, A.Q. (Prof. Orientador); Gomes, A.S.N.; Jucá Filho, H.F.; Lopes, D.T.; Melo, P.H.C.; Nagem, D.A.P.; Neves, C.S.; Nitsche, A.T.; Silva, S.R. (Prof.); Santos, M.J.V.; Sodré, R.T.M.; Soares, F.C.; Zibaoui, M.R.;

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Mecânica

Avenida Antônio Carlos 6627, PAMPULHA - 31270-901 - Belo Horizonte, MG, Brasil

[Paramec-1@campus.cce.ufmg.br](mailto:Paramec-1@campus.cce.ufmg.br)

***Resumo.** A cadeira de rodas com variação de posição (C.V.P.) é um projeto desenvolvido por alunos de graduação da Universidade Federal de Minas Gerais e visa beneficiar portadores de deficiência física de baixa renda. O desenvolvimento do protótipo foi baseado nos objetivos do grupo que são: a redução de custos e emprego de novas tecnologias e materiais para otimizar equipamentos para portadores de deficiência física. O material utilizado na construção do protótipo foi conseguido através de doações. A construção da estrutura seguiu conceitos de engenharia de projetos. Além da estrutura articulável, outra parte importante é o sistema de acionamento elétrico. Este sistema foi escolhido por ser simples e dar comodidade ao usuário. Este artigo descreve o desenvolvimento do projeto da cadeira, as etapas da construção e os benefícios que ela trás, através de entrevistas com portadores de deficiência física e profissionais da área. O artigo também descreve as próximas etapas do desenvolvimento da C.V.P..*

***Palavras-chave:** Cadeiras de Rodas, Mobilidade.*

## **1. INTRODUÇÃO**

O grupo Paramec - a engenharia e o portador de deficiência Física, surgiu no DEMEC - departamento de engenharia mecânica da UFMG com o objetivo de produzir aparelhos para portadores de deficiência física de baixa renda.

O Paramec atualmente envolve quatro áreas específicas de pesquisa. São elas:

- Projetos para Mobilidade de Portadores de Deficiência Física;
- Projetos de Equipamentos para Tratamento Fisioterapêutico;
- Adaptações Ergométricas e Ergonômicas em Processos e Equipamentos Industriais;

- Redução de Custos na Fabricação de Próteses.

E dentro da área de mobilidade vem desenvolvendo cinco projetos:

- Cadeira de rodas com variação de posição - C.V.P.;
- Plataforma modular para deslocamento de cadeiras de rodas sobre escadas;
- Mecanismo de catraca para cadeiras de rodas para subida de rampa;
- Rodinhas inteligentes para andador que travam com o peso da pessoa;
- Prótese de joelho para perna mecânica.

Este artigo trata do projeto da C.V.P.. Este aparelho constitui-se de uma cadeira de rodas que devido à sua estrutura móvel, acionada por um motor elétrico de corrente contínua alimentado por bateria, possibilita ao paciente se posicionar na posição vertical, trazendo deste modo inúmeras vantagens psicológicas e físicas.

## **2. BENEFÍCIOS**

Em uma primeira análise o objetivo principal do projeto da C.V.P. (Cadeira de rodas com variação de posição) é possibilitar ao usuário uma maior autonomia na sua vida diária. Porém as vantagens alcançadas são inúmeras.

A possibilidade de ficar na posição vertical permite ao paciente uma maior autonomia, como alcançar objetos em estantes, livros por exemplo. O portador de deficiência física tem a possibilidade inclusive de realizar tarefas que antes seriam, se não impossíveis para ele, de extrema dificuldade, como fazer compras desacompanhado em um supermercado. Essa autonomia traz inúmeros benefícios psicológicos, ajudando o portador de deficiência física a se livrar da sensação de sempre estar dependente de alguém, auxiliando na reintegração do mesmo às rotinas diárias e à convivência social.

A permanência na posição sentada, como em uma cadeira de rodas normal, durante um período muito longo pode provocar a formação de escaras na pele devido à pressão constante exercida naquele local. A variação de posição garante a variação dos pontos de pressão minimizando este problema. A mudança de posições, de acordo com Peter S. Walker [1], garante também a existência do efeito piezo-elétrico que é o principal fator para favorecer a calcificação dos ossos, evitando dessa forma a osteoporose (fragilidade óssea).

A circulação sanguínea nos membros inferiores também é estimulada devido à alternância de posições, irrigando assim os referidos membros e ajudando no processo de reabilitação. O trato intestinal é auxiliado, uma vez que a permanência excessiva na posição sentada comprime os órgãos dentro da cavidade abdominal, dificultando a digestão e outros processos. A troca de posições evita esse excesso contínuo de pressão na região.

Devido à fraqueza muscular do portador de deficiência física, este geralmente fica desajeitado e mal-posicionado na cadeira de rodas. A C.V.P. garante um melhor apoio, melhorando sua sustentação e possibilitando ainda que este fique na posição ereta, como já foi dito.

## **3. DESCRIÇÃO DO PROJETO**

### **3.1 Parte mecânica**

A cadeira de rodas é um equipamento que pode ser considerado como uma órtese móvel. Órtese é um dispositivo usado para propiciar sustentação ou para ratificar, ou ainda corrigir uma deformidade. Sendo assim a cadeira de rodas é de extrema utilidade tanto na reintegração do indivíduo na sociedade quanto na sustentação e mobilidade do mesmo, de forma a garantir o máximo potencial funcional.

O projeto da C.V.P. (cadeira com variação de posição) foi desenvolvido de forma a possibilitar que o portador de deficiência física fique na posição vertical, a cerca de  $87^\circ$  com o plano horizontal referente ao chão. Esta posição, de acordo com Timoshenko [2], é um valor taxado como máximo em função do eixo de gravidade da cadeira de rodas, pois acima deste ponto pode ocorrer o tombamento do equipamento.

A C.V.P. é um equipamento de grande importância no que diz respeito à independência do portador de paraplegia, pois permite que o mesmo se coloque na posição “em pé” sem o auxílio de outras pessoas. Uma foto do equipamento na posição vertical pode ser vista na “Fig.1”.



Figura 1- Vista da C.V.P. na posição acionada, “em pé”.

A estrutura do equipamento foi toda montada com tubos em aço estrutural (ABNT 1045 ) sem costura de 12 a 20 milímetros de diâmetro soldados ou encaixados, quando móveis, por um pino. A construção e projeto do equipamento, foi todo realizado pelos alunos integrantes do grupo Paramec. A estrutura da cadeira consiste num sistemas de tubos montados e acoplados a um motor elétrico que quando acionado, elevam o assento e o apoio das costas de forma que estes fiquem praticamente em linha (formando um grande ângulo obtuso entre eles), colocando o usuário na posição ereta. O dimensionamento foi feito de forma a suportar uma pessoa de até 130 quilos, porém é recomendado para o peso médio dos portadores de deficiência física que é de 70 a 75 quilos. Um esquematização simplificada da vista lateral do mecanismo pode ser vista na “Fig. 2”.

O mecanismo foi pintado em duas tonalidades de cores diferentes , vermelho e amarelo, que tiveram como objetivo diferenciar as partes do mecanismo para facilitar a visualização do funcionamento e alterar o padrão preto de cor, uma vez que sendo a cadeira uma extensão do corpo do paciente um padrão “mais alegre” de cores pode auxiliar na melhora psicológica do paciente e aumentar sua auto estima.

O modelo construído é o segundo protótipo. O primeiro modelo foi todo construído em tubos de PVC. Esta construção mais simples teve como objetivo a análise das diversas articulações que compunham o mecanismo de levantamento. A segunda C.V.P. teve por objetivos uma análise mais profunda do mecanismo como um todo, englobando a análise

estrutural e do mecanismo de subida, assim como seu acionamento elétrico e sua alimentação, não levando em conta assim itens “opcionais” como apoios de braço, estofamento dos assentos, cintos para imobilização, etc.

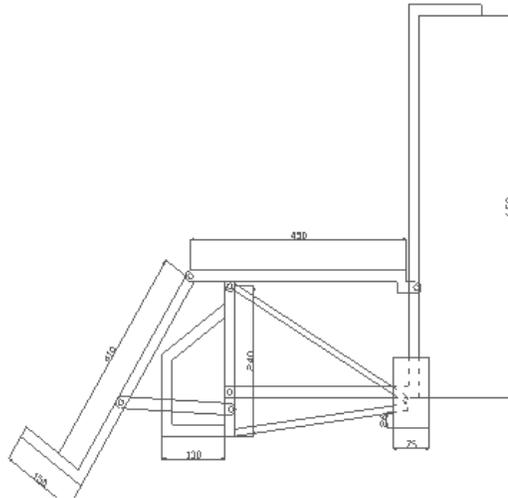


Tabela 1. Características gerais do motor motorreductor do tipo CEP conforme dados do catálogo da Bosch do Brasil.

<b>Motorreductor tipo CEP</b>	
<b>Tensão dos Motores</b>	12 VCC ou 24 VCC
<b>Consumo Nominal</b>	7,5 A (conforme torque aplicado)
<b>Torque / Opções</b>	13 a 25 Nm
<b>Sentido de Rotação</b>	Horário ou anti-horário
<b>Velocidades</b>	1 ou 2
<b>Rotações</b>	Máximo 100 rpm
<b>Aplicações já Desenvolvidas</b>	Camas hospitalares, cadeiras e mesas oftalmológicas, esteiras rolantes, etc.

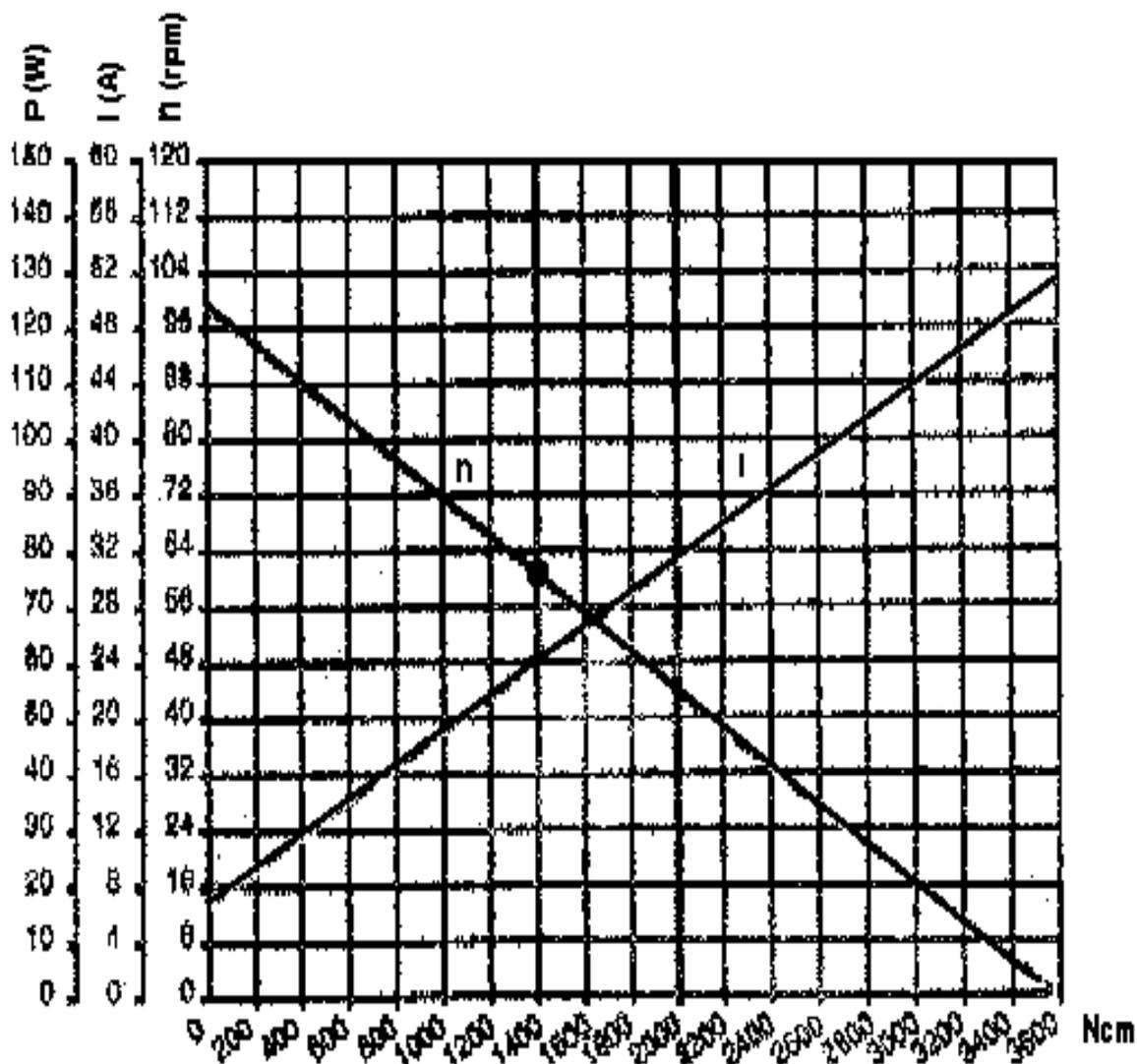


Figura 3 : Gráfico de desempenho para um motor motorreductor do tipo CEP retirado no catálogo da Bosch do Brasil.

## 4.2 Descrição do circuito de acionamento

O circuito de comando executa as operações de subida, descida e parada da cadeira atuando sobre as ligações entre o motor e a bateria, mediante de uma “caixa do circuito”, duas chaves de fim de curso e uma chave de três posições.

A “caixa do circuito” está situada sobre o eixo das rodas, sendo ela responsável pelas diferentes ligações da bateria com o motor. Os relés executam a operação de reversão da velocidade, enquanto os diodos descarregam o relé e o resistor diminuindo o consumo de potência pelo circuito. O circuito funciona como um “interpretador” dos comandos das chaves. As duas chaves de fim de curso estão posicionadas de forma a impedir que o movimento ultrapasse os limites do mecanismo de subida, evitando assim um esforço excessivo por parte do mecanismo e do motor e conseqüente quebra dos mesmos. As chaves de fim de curso quando acionadas, bloqueiam a condução de corrente, fazendo o motor, e conseqüentemente a cadeira, parar em uma posição final.

A chave de três posições (controladora) foi colocada em um dos apoios de braço da cadeira de forma a ser facilmente manuseada pelo usuário. As três posições (subir, parar, descer) permitem ao usuário escolher a inclinação desejada proporcionando maior conforto e agilidade. Uma esquematização do circuito elétrico pode ser visto na “Fig. 4”.

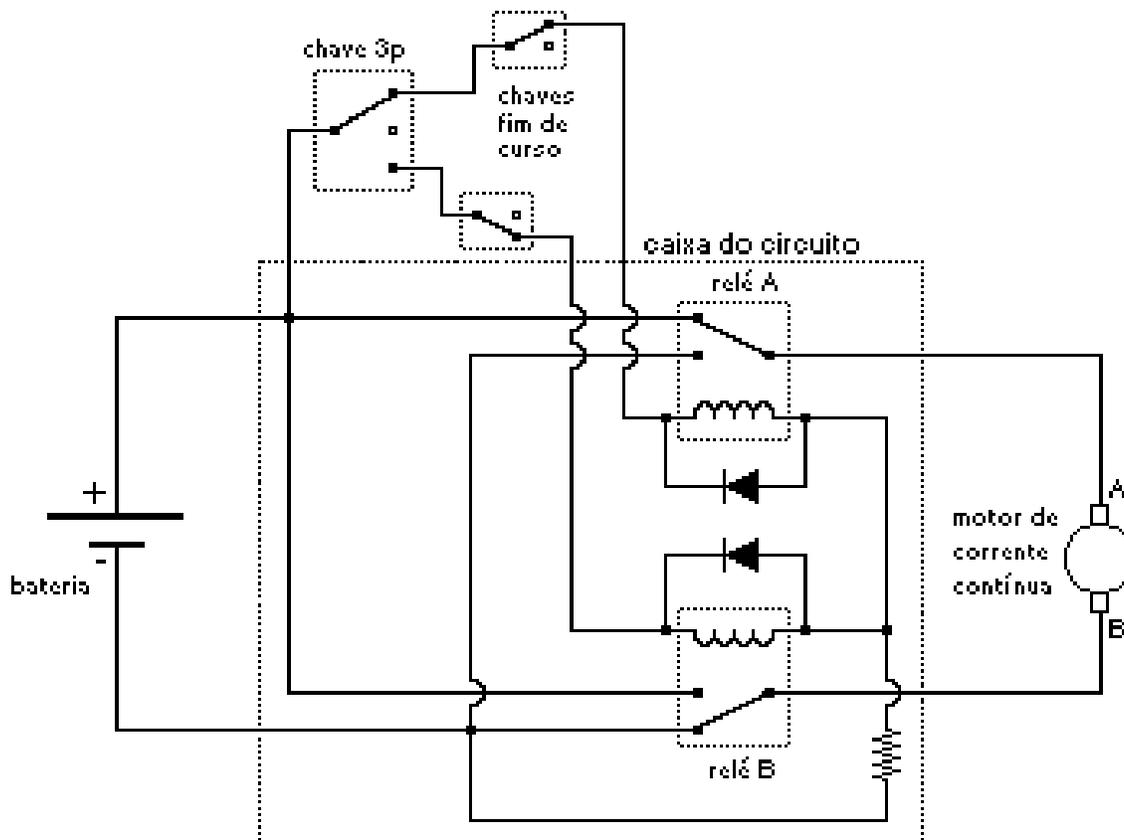


Figura 4: Esquema do circuito elétrico correspondente ao sistema de acionamento da cadeira de rodas com variação de posição (C.V.P.).

## 5. Modificações e construção do novo protótipo - C.V.P. 3.0

Uma vez verificada a funcionalidade do mecanismo da cadeira de rodas, o grupo partirá para a construção de um protótipo onde todos os itens serão inclusos, assemelhando-se a um produto final de mercado. Algumas falhas de mecanismo existentes no protótipo apresentado no item 3 serão corrigidas, dentre estas, a mudança no centro de gravidade do conjunto. Porém, as grandes mudanças serão feitas no sentido de otimizar a C.V.P. de forma a lhe conferir um aspecto mais completo de equipamento fisioterapêutico.

Essas considerações visam, basicamente, o aprimoramento funcional do dispositivo, a diminuição do peso total do conjunto, além da implantação de melhorias de ordem estética, sempre levando em conta a premissa do baixo valor agregado.

Um resumo das principais alterações está disposto a seguir:

- Redimensionamento dos principais pontos de fixação e articulação da parte móvel do protótipo com a parte fixa, visando a redução do número de soldas e a de material, o que diminuiria custos e peso. Ainda nesta etapa, alguns elementos da estrutura serão redimensionados para garantir maior rigidez e menor peso.
- Alteração do posicionamento do eixo das rodas traseiras, buscando a alteração do centro de gravidade (C. G.) da cadeira, facilitando sua movimentação quando na posição sentada e aumentando a segurança e estabilidade do dispositivo, quando na posição ereta.
- Inversão da posição do sistema de levantamento (fuso/motor) possibilitando um acréscimo ao conforto do usuário, por aumentar o espaço na região próxima do encosto da cadeira, além de propiciar melhoria estética.
- Posicionamento da bateria e da caixa de circuito. Uma avaliação da disposição destes elementos indicou a possibilidade de colocação em linha dos mesmos. Isto se tornou necessário ao acomodamento espacial do motor do sistema de levantamento (na posição sentada, este deverá alojar-se ao lado dos mesmos) devido à inversão, citada anteriormente. Esta alteração também vai de encontro com a proposta de “dobramento” da cadeira.
- “Dobramento” da cadeira, com o intuito de reduzir espaço para facilitar o transporte. Esta etapa será dividida em duas partes. A primeira possibilitará o dobramento do encosto da cadeira, acarretando a diminuição de sua altura (que ficará reduzida à altura das rodas). Após avaliar a impossibilidade de dobramento da C.V.P., como é feito em cadeiras comuns, a segunda parte propõe um recolhimento dos principais elementos transversais da estrutura que, em vez de dobráveis, serão projetados para fecharem sobre si mesmos, de forma linear.
- Fixação do cinto. Será feita de forma a proporcionar maior conforto e mobilidade dos membros superiores do usuário garantindo, todavia, sua fixação com segurança e estabilidade.

## 6. Conclusão:

O principal objetivo do grupo foi alcançado – “a redução do preço de custo do equipamento que trás benefícios até então inacessíveis a portadores de deficiência física de baixa renda”. No protótipo construído conseguiu-se reduzir os custos de produção significativamente em relação a um modelo similar existente no mercado, sem levar em conta o fato de ter sido fabricado de forma artesanal pelos alunos e sem uma análise mais detalhada de custos de matéria-prima, uma vez que o grupo se preocupou com o desenvolvimento estrutural do equipamento. O grupo acredita que, se produzida em série, com matéria prima de baixo custo, a redução no preço pode chegar a cerca de 72 a 78% de uma similar existente no mercado. Alcançando assim uma parcela da população que não tinha condições de possuir um

equipamento deste nível. A redução no custo também facilitaria a adoção pelos estados federativos deste equipamento, uma vez que se tem inúmeros benefícios a um custo reduzido.

O comportamento do mecanismo foi muito satisfatório, chegando a levantar durante os teste uma pessoa de 105 quilos, mostrando que o conjunto suportaria bem o uso diário por um paciente, uma vez que a média de peso destes se situa em 70 quilos para menos. O conjunto elétrico também se mostrou eficiente. A bateria de alimentação apresentou uma eficiência de 40 movimentos de subida e descida e um tempo de recarga de aproximadamente 8 horas (uma noite de espera).

### ***Agradecimentos***

O Grupo PARAMEC gostaria de deixar registrado seu sincero agradecimento à Pró-Reitoria de Extensão da Universidade Federal de Minas Gerais pelas bolsas de extensão cedidas ao grupo, ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais pelo espaço aberto para trabalhos do grupo e a Empresa K&K Estruturas e Equipamentos LTDA., na pessoa do Sr. Pedro Kaechelle, pela doação dos materiais para construção dos protótipos.

### **7. Referências Bibliográficas:**

- [1] WALKER, P. S. – *Human Joints And Their Artificial Replacements*, Thomas Books, Springfield, Illinois, USA, 1977.
- [2] TIMOSHENKO, S.; YOUNG, D. H. - *Mecânica Técnica*, 4ª edição, Ed.Sedegra, Rio de Janeiro, Brasil, 1959.
- [3] BEER, F. P.; JOHNSTON, E. R. – *Resistência dos Materiais*, 2ª edição, Ed. McGraw-Hill, 1989.