

1 Introdução

Esta pesquisa tem por objetivo desenvolver no campo do Design, a partir da estrutura *tensegrity*, utilizada atualmente apenas no campo das artes plásticas, tecnologias (métodos e técnicas) que gerem a sua aplicação em produtos úteis. Em especial, visa-se estudar o caso cadeira de rodas, pelos problemas enfrentados por seus usuários quando dependentes dela por um longo período de tempo diário, para estender as possibilidades de uso do *tensegrity*. A partir dos estudos, intenta-se desenvolver um projeto de cadeira de rodas que faça uso da estrutura.

Moraes e Mont'alvão (2010) enfatizam “O desafio para a superação de limitações do deficiente na área projetual conta com o arcabouço da Ergonomia como elemento que guarda a possibilidade de superar as barreiras impostas recuperando o sentido antropológico e valorizando o agir humano através de um homem que se transforma dando expressão material às aspirações reabilitadoras”.

Os estudos nessa área são muitos e o tema é de grande relevância para a comunidade internacional. Numa das mais recentes pesquisas o neurocientista brasileiro Miguel Nicolelis propõe apresentação de um de seus projetos mais ambiciosos: o de fazer um paraplégico dar o pontapé na partida inicial na Copa do Mundo de 2014 no Brasil com o poder da mente auxiliado por um exoesqueleto.

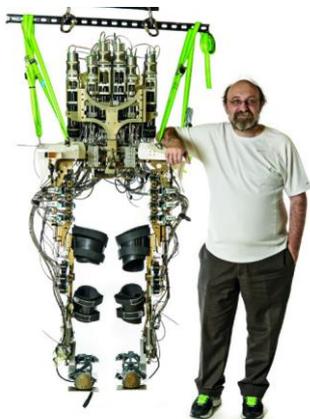


Figura 1 - Nicolelis e o exoesqueleto



Figura 2 - Exoesqueleto em teste



Figura 3 – Juliano Pinto com exoesqueleto na Copa 2014

A chamada interface cérebro-máquina tem o objetivo de fazer mover membros virtuais (externos ao corpo) com da força a mente. Numa pele artificial, com placas de circuitos integrados flexíveis que vão revestir um exoesqueleto e dar um *feedback* tátil ao usuário que usa o equipamento. Isto, segundo Nicoletis, permite que o indivíduo tenha sensações do corpo antes impossíveis, pelo controle do próprio cérebro.

Todos os esforços de pesquisas nessa área são para minimizar os problemas do deficiente físico em sua reabilitação que se depara com uma nova realidade que não o permite mais se locomover, de uma forma geral, sem o auxílio de terceiros e/ou de equipamentos auxiliares que em suma, substituem sua capacidade motora de locomoção.

E de acordo com a Declaração Internacional dos Direitos das pessoas portadoras de deficiência adotada em 09/12/1973 - ONU, no seu parágrafo 6º descreve: “As pessoas portadoras de deficiência têm direito a tratamento médico, psicológico e à assistência, incluindo equipamento protético, à reabilitação médica e social, à educação em geral, educação vocacional, de treinamento e auxílio, ao aconselhamento, à prestação de serviços e outros que possibilitem o desenvolvimento de suas capacidades e habilidades ao máximo e que acelere o processo de sua integração ou reintegração social”.

Meu interesse pelo estudo de cadeira de rodas vem desde 1993 quando cursava a graduação de desenho industrial na UFRJ com orientação do professor Roberto Verschleisser. À época, ao longo de seis anos foi desenvolvido um projeto de cadeira de rodas ortostática que permite o usuário ficar de pé. Já no mestrado em Design pela PUC-Rio, vinculado ao Laboratório de Investigação em Livre Desenho (LILD) desenvolveu-se a pesquisa intitulada “Cadeira de rodas: uma abordagem projetual e prescritional”, finalizada em 2004, na área de



Figura 4 - Ortopostática sentada Figura 5 - Ortopostática em pé Figura 6 - Ortopostática em uso

reabilitação para deficientes físicos. Nela foram analisados projetos de cadeira de rodas ofertadas pelo mercado nacional e verificados seus aspectos ergonômicos e de usabilidade e constatou-se a precariedade ou inexistência desses estudos pelos fabricantes, com consequências graves ao usuário de cadeira de rodas. A pesquisa fez parte da parceria do LILD com o Centro de Vida Independente (CVI) e será o fundamento do capítulo 2.

Entende-se aqui que a atual pesquisa é viabilizada pela união de expertises e de pesquisas que ao longo dos últimos 30 anos vêm reunindo o LILD e o CVI. Considera-se, em especial, que os estudos e projetos sobre tecnologias vinculadas aos processos de desenvolvimento de cadeiras de rodas e ao uso da estrutura *tensegrity*, efetuadas nestas investigações prévias em parceria com usuários, têm com a atual pesquisa a possibilidade de se concretizar no desenvolvimento de um design para cadeiras de rodas.

Justifica-se a afirmação a partir da constatação de que, ao longo do tempo, alguns criadores de modelos de *tensegrity* têm expressado a descrença da comunidade internacional em um uso da estrutura como design de produto ou em aplicações diferentes das vinculadas as artes plásticas, mesmo sabendo-se da capacidade mecânica e resistência dessas estruturas que serão mais detalhadas no capítulo 4.

A título de ilustração, em contato pessoal com o designer norte americano Kenneth Snelson, um dos maiores estudiosos que desenvolve pesquisa sobre *tensegrity* desde a década de 1960, sendo a “Torre Trigonal” de 1962 sua primeira escultura, o professor Ripper em 2003, o indagou acerca das aplicações de uso da estrutura em produtos como bicicletas e bases para tendas e quando apresentado às pesquisas com esse tipo de estruturas desenvolvidas pelo LILD, Snelson ficou bastante surpreso em saber que existiam aplicações do *tensegrity* em design de produto além das empregadas em esculturas.



Figura 7 - Ortostática: usuário em pé

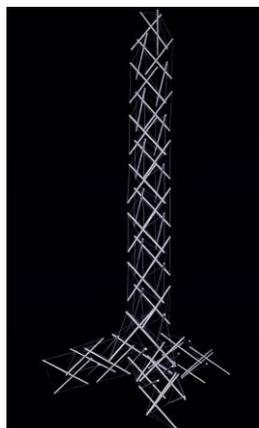


Figura 8 - Trigonal Tower, 1962 - Snelson



Figura 9 - Early X-Piece, 1948 - Snelson

Segundo Snelson em sua biografia *Arts and Ideas* de 2013, o termo foi historicamente criado por Fuller pouco tempo após observar sua obra *Early X-Piece* de 1948. Este trabalho foi um exemplo rudimentar de um princípio para o qual Fuller mais tarde cunhou a palavra "*tensegrity*", uma combinação das palavras tração e integridade, para denominar estruturas que não se tocam e são mantidas no lugar por tração dos cabos.

O engenheiro, arquiteto e designer Richard Buckminster Fuller foi o primeiro estudioso dessas estruturas, hoje conhecidas como *tensegrity*, na década 1920. Uma de suas maiores contribuições está na arquitetura com a invenção da cúpula geodésica, um sistema de geometria complexa que permite construir espaços de grandes dimensões sem obstáculos de colunas e estruturas verticais de apoio. Sua primeira aplicação foi na construção do pavilhão americano para uma exposição em Montreal no Canadá em 1967. Fuller também desenvolveu um modelo *tensegrity* esférico que serviu de ponto de partida para os demais estudos de sua época em diante, tornando-se a principal referência nessa área.



Figura 10 - Cúpula geodésica, 1967 - Fuller

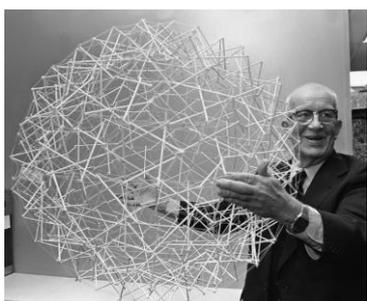


Figura 11 - *Tensegrity* esférico, 1927 - Fuller



Figura 13 - Arquitetura Kurilpa Bridge – Brisbane, Queensland, Austrália



Figura 12 - Escultura Needle Tower, 1968 - Snelson

A utilização de materiais renováveis na pesquisa, como o bambu, também é outro lado positivo contribuindo para um Design Centrado no Usuário e atendendo aos aspectos ecológicos do desenvolvimento sustentável e será abordada no capítulo 4, mais especificamente no item 4.3.

Diante do exposto a **justificativa** do desenvolvimento desta pesquisa é por entender que as estruturas conhecidas internacionalmente como *tensegrity* são amplamente utilizadas na arquitetura e artes plásticas, mas apesar de sua comprovada eficiência mecânica, é incipiente nos projetos de design de produto e inédita na aplicação em projetos de cadeira de rodas. Entende-se assim esta pesquisa e sua aplicação como uma diferenciação tecnológica.

Sabe-se que os estudos ergonômicos e de usabilidade a respeito de cadeira de rodas constantes na dissertação de mestrado “Cadeira de rodas: uma abordagem projetual e prescritiva”, assim como a experiência do pesquisador com design inclusivo são os referenciais e o ponto inicial para o desenvolvimento da atual pesquisa. Tem-se em vista que a parceria entre o CVI - por sua característica de ser uma ONG internacional de prestação de serviço de caráter jurídico, psicológico, terapêutico, educativo e inclusivo a deficientes físicos e familiares – e o LILD agrega valor teórico e prático ao LILD e a esta pesquisa. Salienta-se que o LILD desenvolve pesquisas e projetos para deficientes físicos desde a década de 1970 e também de estruturas tensionadas desde a mesma época. Sabe-se, por exemplo, que as estruturas tensionadas permitem utilização de materiais alternativos como o bambu e possuem características importantes como serem mais leves em peso e no aspecto visual e permitirem um processo de montagem, mais fácil, por encaixe, evitando o emprego excessivo de soldas e artefatos de fixação.

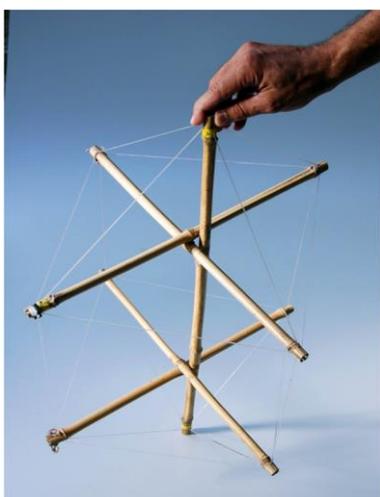


Figura 14 - Modelo *tensegrity* – Ripper / LILD



Figura 15 - Andadores - LILD e CVI



Figura 16 - Aplicação *tensegrity* em produto - LILD

Pela ótica do usuário o processo de reabilitação é longo e a interface correta com os equipamentos auxiliares é imprescindível para uma integração social e profissional rápida e segura. No decorrer da reabilitação a utilização incorreta dos equipamentos ou que não tenham estudos de ergonomia e design, pode levar ao agravamento do quadro clínico do usuário de cadeira de rodas.

Dessa forma foi estabelecido que o **problema de pesquisa** fosse como desenvolver uma estrutura de cadeira de rodas que interaja organicamente com o usuário utilizando a estrutura *tensegrity* com inserção de materiais alternativos em consonância com os padrões antropométricos, ajuste mecânico dimensional e ser adaptável ao determinado meio cultural a que se destina.

Considera-se como **hipótese** que a utilização do princípio conhecido como *tensegrity* pode ser integrado e aplicado no design de cadeira de rodas atendendo às necessidades de usabilidade do usuário, tornando esta uma extensão estrutural do corpo interagindo organicamente absorvendo impactos, já que o *tensegrity* é uma mola de cabos e barras, proporcionando maior conforto.

Para tanto foi estabelecido como **objetivo geral** proporcionar uma tecnologia cujos conceitos de desenvolvimento de uma estrutura *tensegrity* gerem novas aplicações de objetos de utilidade no campo do design.

Têm-se os seguintes **objetivos específicos**, o primeiro de desenvolver uma estrutura de cadeira de rodas montada por hastes tensionadas por cabos (*tensegrity*) com a utilização de materiais renováveis de baixo custo, como o bambu.

O segundo de verificar se a estrutura *tensegrity* é capaz de minimizar os impactos e gerar mais conforto ao usuário em decorrência do uso diário e contínuo em substituição as estruturas rígidas e soldadas utilizadas nos processos atuais de produção.



Figura 17 - Cadeira de rodas de estrutura rígida 1



Figura 18 - Cadeira de rodas de estrutura rígida 2



Figura 19 - Cadeira de rodas de estrutura rígida 3

como público deficiente físico-motor, usuário de cadeira de rodas e sua **abordagem** aos aspectos do design e do uso de cadeira de rodas, no âmbito de testes com modelos práticos para obtenção das informações necessárias para conclusão da pesquisa e comprovação da hipótese.

Como **métodos e técnicas**, tratando-se do estudo e análise do comportamento e de relações entre equipamentos auxiliares e deficientes físicos e motores, através de um modelo funcional e operacional, se justifica além do aspecto teórico, a adoção de aspecto prático pelos testes de uso.

Com relação ao aspecto teórico serão feitos levantamentos de literatura, escolha da bibliografia, montagem do escopo das pesquisas aplicadas, coleta e tratamento de dados de entrevistas, questionários e resultados dos testes práticos.

Em relação ao aspecto prático foi escolhido como mais adequado o método de pesquisa-ação, descrito e explicado no capítulo 6, que permite a intervenção tanto do pesquisador quanto dos participantes de forma cooperada para a obtenção de resultados.

Como técnica será utilizada a comparação entre o uso de uma cadeira de rodas convencional, de estrutura rígida e, o modelo de teste com estrutura *tensegrity* e entrevistas após os testes.

Para os testes práticos será desenvolvido um modelo de gabarito para facilitar e proporcionar o desenvolvimento de protótipos de estrutura tensionada para testes de usabilidade e ergonômicos com usuários.

Foi montado um processo detalhado de pesquisa visando melhor organizar a obtenção de dados das pesquisas e ordenar a sequência dos testes práticos com o usuário.

1 - Estudos básicos iniciais de coleta de dados:

- Início da consulta aos referenciais bibliográficos.
- Utilização de dados técnicos de cadeiras de rodas coletados na dissertação de mestrado “Cadeira de rodas: uma abordagem projetual e prescritiva”,

2 - Estruturação do processo de pesquisa e escolha de métodos e técnicas:

- Organização do escopo da pesquisa baseados no método escolhido.
- Criação de formulário para catalogação de relatos de deficientes físicos dos seus problemas na utilização das cadeiras de rodas nos testes.

3 - Desenvolvimento de gabarito para montagem do modelo.

4 - Confecção e montagem do modelo funcional de teste:

- Elaboração estrutural do modelo com aplicação de materiais de baixo custo e de alta resistência.

- Confeção, montagem e testes de resistência.

5 - Aplicação e análises dos testes com usuários no modelo funcional:

- Estudo do comportamento de deficientes físicos ao modelo funcional simulando situações de uso cotidiano.

- Comparação entre o uso da cadeira *tensegrity* com a de AVD – Atividade de Vida Diária.

6 - Coleta dos resultados dos estudos práticos e teóricos:

- Proposição de novos design e técnicas na concepção de projetos de desenvolvimento de cadeira de rodas.

A partir de agora serão apresentados os capítulos que compõem essa pesquisa que estão agrupados em blocos conceituais que primeiro discorrem do conteúdo teórico, nessa ordem, cadeira de rodas, *tensegrity* e desenvolvimento do projeto do protótipo da cadeira de rodas *tensegrity*, e em seguida o bloco das práticas de campo com a confecção dos modelos físicos do gabarito e protótipo de testes e da aplicação dos testes práticos e seus resultados, questionários e entrevistas e, por fim o bloco da conclusão da pesquisa com as considerações finais e pós-textuais. Nesse último capítulo também serão apresentadas conceitos de design da cadeira de rodas *tensegrity* que tem como ponto inicial o projeto do protótipo no capítulo 4 e incorporam todas as observações e mudanças sugeridas pelo grupo multidisciplinar que avaliou e testou a cadeira de rodas, constantes no capítulo 6. A apresentação de designs conceituais enriquece, mas não altera o escopo metodológico da pesquisa e ainda gera alternativas de projeto e amplia seu portfólio.

O objetivo principal ao design da cadeira de rodas *tensegrity* é ter a maioria de suas partes em bambu, por este ser de fácil manipulação e abundante na natureza. Contudo, foram geradas opções do design de forma conceitual da cadeira de rodas *tensegrity* pela combinação de materiais. Essa opção foi escolhida para a produção do protótipo de testes com a utilização de duralumínio no conjunto de uso e bambu na estrutura. Outra opção é a substituição completa por outros materiais que tenham valores mecânicos e técnicos semelhantes ao bambu. Todas as concepções se alinham ao contexto do objeto de pesquisa que possui uma estrutura versátil com partes móveis e ajustáveis e estão descritas no capítulo 7.