

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Yaçana Maria da Costa Soares Sousa Lima

**PROJETO CONCEITUAL DE UMA CADEIRA INTELIGENTE PARA USUÁRIOS
COM CIFOESCOLIOSE**

Belo Horizonte

2021

Yaçana Maria da Costa Soares Sousa Lima

**PROJETO CONCEITUAL DE UMA CADEIRA INTELIGENTE PARA USUÁRIOS
COM CIFOESCOLIOSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Claysson Bruno Santos
Vimieiro

Belo Horizonte

2021

L732p

Lima, Yaçana Maria da Costa Soares Sousa.

Projeto conceitual de uma cadeira inteligente para usuários com cifoescoliose [recurso eletrônico] / Yaçana Maria da Costa Soares Sousa Lima. - 2021.

1 recurso online (78 f. : il., color.) : pdf.

Orientador: Claysson Bruno Santos Vimieiro.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Bibliografia: f. 73-78.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Engenharia mecânica - Teses. 2. Escoliose - Teses. 3. Cadeiras - Projetos - Teses. 4. Conforto humano - Teses. I. Vimieiro, Claysson Bruno Santos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 621 (043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

PROJETO CONCEITUAL DE UMA CADEIRA INTELIGENTE PARA USUÁRIOS COM CIFOESCOLIOSE

YAÇANA MARIA DA COSTA SOARES SOUSA LIMA

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, constituída pelos Professores: Dr. Claysson Bruno Santos Vimieiro (Orientador-Departamento de Engenharia Mecânica/UFMG), Dr. Rudolf Huebner (Departamento de Engenharia Mecânica/UFMG), Dr. Andre Gustavo Pereira de Andrade (Departamento de Educação Física/UFMG), Dr. Antonio Eustáquio de Melo Pertence (Professor Aposentado do Departamento de Engenharia Mecânica/UFMG), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de "**Mestre em Engenharia Mecânica**", na área de concentração de "**Projeto e Sistemas**".

Dissertação aprovada no dia 28 de maio de 2021.

Por:



Documento assinado eletronicamente por **Claysson Bruno Santos Vimieiro, Professor do Magistério Superior**, em 19/08/2021, às 08:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Antônio Eustáquio de Melo Pertence, Usuário Externo**, em 02/09/2021, às 09:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rudolf Huebner, Professor do Magistério Superior**, em 29/09/2021, às 18:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Andre Gustavo Pereira de Andrade, Professor do Magistério Superior**, em 07/10/2021, às 06:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site



https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0823638** e o código CRC **EC6EDEE3**.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe Edna, que me deu e dá todo o amor possível que há no mundo. A Deus, à minha mãe querida sem a qual eu não teria conseguido, aos meus familiares, aos meus amigos, aos professores, aos meus alunos de iniciação científica e aos meus médicos e terapeutas.

Se lo puoi sognare, lo puoi fare – Walt Disney

A boa cadeira é um projeto que nunca se consegue finalizar – Hanz Wegner

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial à minha mãe Edna Maria da Costa Sousa Lima, meu exemplo de amor, carinho e cuidado e que tanto me apoiou nessa jornada.

Ao meu orientador professor Dr. Claysson Vimieiro, pela confiança, pelas orientações e por me ensinar e incentivar a ter resiliência no decorrer do desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao professor Ms. Hugo Michel, pelas orientações e ensinamentos preciosos no decorrer desse período.

Ao professor Dr. Rudolf Huebner, que permitiu minha entrada na equipe de excelência do Laboratório de Bioengenharia (LabBio) UFMG e que me incentivou a desenvolver essa pesquisa.

Aos queridos alunos de iniciação científica João Paulo Bonfim, João Vitor Pereira, Lorenzo Corrêa, Maria Clara Magalhães, Matheus Souza, Nathalia Almeida e Virgínia Sátyro, por todo apoio, ajuda e companheirismo.

A todos os amigos que fiz no LabBio, em especial Douglas Jordan, Guilherme Rúbio, Natália Valente e Wellingtânia Dias, que deixaram os dias mais leves e divertidos durante esse percurso.

Aos meus amigos pelo apoio, incentivo e carinho. Em especial à minha amiga Clarice Magnani (*in memoriam*), exemplo de delicadeza, inteligência, calma e perseverança.

Aos funcionários do Colegiado de Pós-Graduação, especialmente à querida Marina pela disponibilidade, simpatia, gentileza e carinho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, pela concessão de bolsa para a realização desta pesquisa.

RESUMO

A cifo escoliose é uma patologia da coluna vertebral que associa escoliose e cifose. Quando não é tratada corretamente, gera deformidades no tronco, alterações cardiorrespiratórias e dor conforme a gravidade da curva. Indivíduos com cifo escoliose têm dificuldade em permanecer em uma posição sentada confortável, pois as cadeiras atuais não possuem superfícies de apoio adequadas. O objetivo desta pesquisa foi elaborar um projeto conceitual de uma cadeira inteligente para a melhoria do conforto e diminuição das dores das pessoas com cifo escoliose. A metodologia foi dividida em três etapas: a elaboração e aplicação de questionários *online*, a definição de parâmetros e requisitos normativos para o encosto e posteriormente para o assento. Essa pesquisa resultou no desenvolvimento de uma cadeira com um novo conceito em seu encosto, no qual foram inseridos atuadores hidráulicos telescópicos dispostos horizontalmente e em linha. Em cada linha os atuadores foram interligados, transmitindo a força recebida da parte proeminente da gibosidade e criando uma superfície de acomodação móvel. Quanto ao assento, desenvolveu-se um projeto conceitual de captação da distribuição de pressão sobre essa superfície, de modo a informar e educar o usuário sobre sua postura ao utilizar a cadeira. Pode-se concluir que o projeto seguiu as premissas levantadas em relação às recomendações técnicas e científica para o conforto e a segurança. Além disso, com o desenvolvimento dessa tecnologia assistiva sob a forma de cadeira inteligente, mais pessoas conseguirão ser incluídas no meio acadêmico, profissional e cotidiano.

Palavras-chave: Cifo escoliose, escoliose, tecnologia assistiva, cadeira, conforto.

ABSTRACT

Kyphoscoliosis is a columnar pathology that associates kyphosis and scoliosis. When not properly treated, it generates deformities in the trunk, cardiorespiratory changes and pain according to the severity of the deformation. Individuals with kyphoscoliosis find difficult to retain in a comfortable sitting position, as current chairs do not have adequate support surfaces. The objective of this research was to elaborate a conceptual project of an intelligent chair to improve the confort and decrease the pain of people with kyphoscoliosis. The methodology was divided into three stages: elaboration and application of online questionnaires; definition of the parameters and normative requirements for the backrest and later for the seat. This research resulted in the development of a chair with a new concept on its back, in which telescopic hydraulic actuators arranged horizontally and in line were inserted. In each line the actuators where interconnected, transmitting the strength received from the prominent part of the gibosity and creating an adaptative acommodation surface. As for the seat, a conceptual project was developed to capture the pressure distribution on this surface, in order to inform and educate the user about his posture when using the chair. Conclude that the project followed the premisses raised in relation to technical and scientific recommendations for comforty and safety. In addition, with the development of this assistive thechnology in the form of an smart chair, more people will be able to be included in the academic and professional environment everyday.

Key-words: Kyphoscoliosis, scoliosis, assistive technology, chair, confort.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FSR	– Force Sensing Resistor
IEA	– International Ergonomics Association
INPI	– Instituto Nacional de Propriedade Industrial
LabBio	– Laboratório de Bioengenharia da UFMG
LED	– Light Emitting Diode
NBR	– Norma Brasileira
NR	– Norma Regulamentadora
PVC	– Policloreto de vinila
SOSORT	– International Society on Scoliosis Orthopedic and Rehabilitation Treatment
SRS	– Scoliosis Research Society
TA	– Tecnologia Assistiva
UFMG	– Universidade Federal de Minas Gerais
WIPO	– Word Intellectual Property Organization

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Principais patologias da coluna vertebral.....	15
Figura 2 – Estudante com dificuldade de assentar devido a giba.....	16
Figura 3 – Exemplo de mudanças provocadas na coluna vertebral e caixa torácica pela escoliose	20
Figura 4 – Medição do ângulo de Cobb em coluna com escoliose	21
Figura 5 – Aspecto externo de um indivíduo com cifo escoliose.....	22
Figura 6 – Cadeira Myto em fase de projeto e simulações.....	26
Figura 7 – Estrutura óssea da bacia mostrando as tuberosidades isquiáticas	28
Figura 8 – Códigos referentes à cadeira de diálogo.....	30
Figura 9 – Cadeira ergonômica articulada.....	33
Figura 10 – Cadeira ergonômica com posição variável da porção do assento	33
Figura 11 – Cadeira, capa para cadeira, espaldar e apoio para cabeça.....	34
Figura 12 – Assento articulado nos três planos, permitindo movimento pélvico anteroposterior, látero-lateral, de rotação e de precessão	34
Figura 13 – Chair with function of preventing scoliosis	35
Figura 14 – Chair for posture correction	36
Figura 15 – (a) e (b) indivíduo com deformidade rígida na coluna vertebral e (c) encosto escavado para acomodar a giba da cifo escoliose.....	36
Figura 16 – Respaldo Acta-Back® HCPCS vista anterior e posterior	37
Figura 17 – Regulagens de altura na cadeira de rodas	37
Figura 18 – Barras de alumínio inseridas na parte posterior do respaldo.....	38
Figura 19 – Barras de alumínio remoldadas.....	38
Figura 20 – Exemplo de cilindro Telescópico.....	39
Figura 21 – Exemplos de tipo de extensômetro	40
Figura 22 – Exemplo de FSR Sensor FlexiForce™ Standard Model A301.....	41
Figura 23 – Esquemático das camadas a ser instaladas sobre o FSR.....	42
Figura 24 – Fluxograma geral das etapas de desenvolvimento do projeto.....	43
Figura 25 – Exemplo de auto-correção da coluna vertebral.....	46
Figura 26 – Com que idade começou a escoliose?	48
Figura 27 – Já fez cirurgia?	49
Figura 28 – Já fez tratamento para escoliose?	49
Figura 29 – Sente dor?.....	50

Figura 30 – Tipos de dificuldades	50
Figura 31 – Outras dificuldades.....	51
Figura 32 – Em quais regiões da coluna você possui escoliose?	52
Figura 33 – Você possui cifose ou giba?	53
Figura 34 – Você passa mais tempo deitado, assentado ou em pé?	53
Figura 35 – Quando você está assentado, sente dor na coluna?	54
Figura 36 – Você consegue explicar por que essas cadeiras geram dor e/ou desconforto?	54
Figura 37 – Você gostaria que existisse no mercado mais produtos voltados para a melhoria da qualidade de vida e do conforto de pessoas com escoliose?.....	55
Figura 38 – Vistas projeto conceitual cadeira inteligente Salvia - sem estofamento e acabamento	56
Figura 39 – Cilindro telescópico em seu curso máximo	57
Figura 40 – Conexões atuadores-reservatório	58
Figura 41 – Vista superior do encosto com acomodação da deformidade	59
Figura 42 – Detalhe do encaixe entre módulos	60
Figura 43 – Cadeira inteligente Salvia com 3 módulos de encosto e com 2 módulos	60
Figura 44 – Vista superior da distribuição dos sensores FSR no assento	62
Figura 45 – Vista superior do assento com projeção de usuário assentado.....	62
Figura 46 – Fluxograma do sistema eletrônico do assento - exemplo de um ciclo.....	64
Figura 47 – Direções de movimento conforme distribuição de pressão no assento.....	65
Figura 48 – Vista isométrica do projeto do protótipo de encosto.....	66
Figura 49 – Detalhe do projeto do protótipo de encosto	66
Figura 50 – Vista superior do protótipo de encosto	68
Figura 51 – Vista lateral do protótipo de encosto.....	69
Figura 52 – Vista superior do protótipo de encosto	69
Figura 53 – Vista dos atuadores após indivíduo ter se levantado.....	70
Figura 54 – Variações de layout dos atuadores no módulo de encosto	72

SUMÁRIO

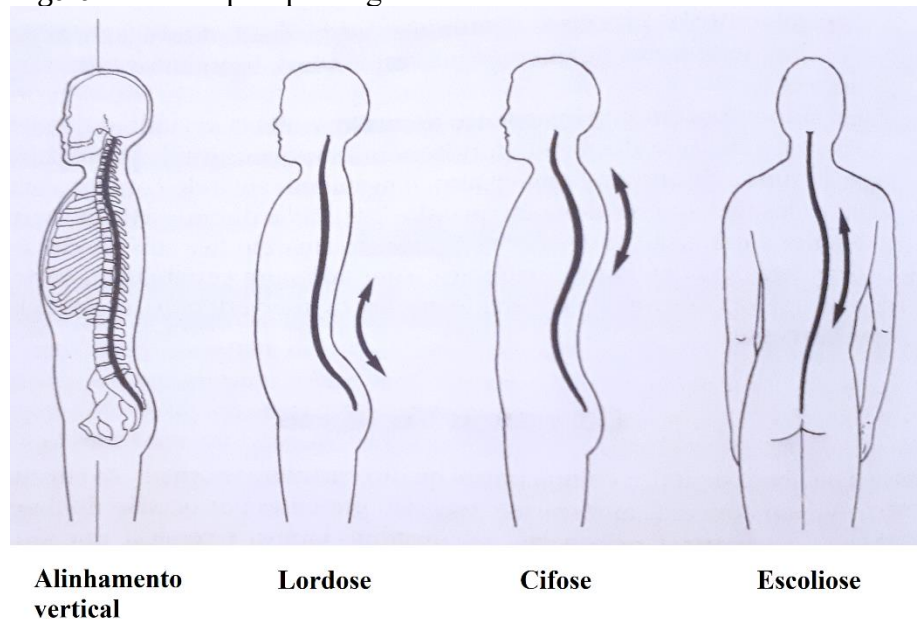
1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Objetivo geral.....	17
1.2	Objetivos específicos	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	A coluna vertebral e suas patologias	19
2.2	Curvaturas cifoescolióticas	22
2.3	Histórico das cadeiras.....	24
2.4	Recomendações de ergonomia e conforto	26
2.4.1	<i>Princípio 1: as dimensões do assento devem adequar-se à antropometria dos usuários</i>	<i>26</i>
2.4.2	<i>Princípio 2: não há um assento mais adequado para cada pessoa</i>	<i>27</i>
2.4.3	<i>Princípio 3: existe um assento mais indicado para cada função.....</i>	<i>27</i>
2.4.4	<i>Princípio 4: o assento deve possibilitar variações posturais.....</i>	<i>27</i>
2.4.5	<i>Princípio 5: o assento deve suportar o peso corporal</i>	<i>27</i>
2.4.6	<i>Princípio 6: conjunto integrado entre assento e mesa.....</i>	<i>28</i>
2.4.7	<i>Princípio 7: deve haver uma integração entre o assento, o encosto e o apóia-braço</i>	<i>28</i>
2.4.8	<i>Princípio 8: resistência, estabilidade e durabilidade</i>	<i>29</i>
2.5	Cadeira: Requisitos estruturais e normativos.....	29
2.6	Biomecânica da postura sentada	31
2.7	Modelos de cadeiras existentes no mercado específicas cifoescoliose	32
2.8	Atuadores hidráulicos.....	38
2.8.1	<i>Preenchimento dos atuadores hidráulicos</i>	<i>40</i>
2.9	Sensores.....	40
3	MATERIAIS E MÉTODOS	43
3.1	Definição dos parâmetros.....	44

3.1.1	<i>Elaboração dos questionários.....</i>	44
3.1.2	<i>Sistema de Encosto.....</i>	44
3.1.2.1	<i>Especificação dos atuadores hidráulicos.....</i>	45
3.1.3	<i>Sistema de Assento</i>	46
3.1.3.1	<i>Especificação dos sensores do assento</i>	47
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1	Análise de dados dos questionários	48
4.2	A cadeira inteligente	55
4.3	Desenvolvimento do sistema de encosto	56
4.3.1	<i>Definição dos atuadores.....</i>	56
4.3.2	<i>Definição do sistema de encaixe por módulos</i>	59
4.4	Desenvolvimento do sistema de assento	61
4.4.1	<i>Localização dos sensores</i>	61
4.4.2	<i>Interação com o usuário.....</i>	63
4.5	Estofamento e acabamento	65
4.6	Protótipo funcional do encosto	66
4.7	Protótipo funcional do assento.....	70
5	CONCLUSÃO	71
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	72
7	REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

A coluna vertebral proporciona um elo mecânico entre as extremidades superiores e inferiores do corpo humano. Sobre essa estrutura atuam forças internas, sendo essas: o peso corporal, a tensão nos ligamentos espinhais, tensão nos músculos circundantes e a pressão intra-abdominal. Além disso, pode haver cargas aplicadas externamente sobre a coluna. Sabe-se que a coluna vertebral possui quatro curvaturas, duas primárias e duas secundárias. Tais curvaturas podem ser alteradas quando a coluna é submetida frequentemente a forças assimétricas, podendo gerar diversas patologias. As principais afecções relacionadas à coluna vertebral são: a lordose, a cifose, e a escoliose, representadas na Figura 1 (Hall, 2000).

Figura 1 – Principais patologias da coluna vertebral



Fonte: Hall, 2000, p. 22

Hall (2016) afirma que os sintomas associados à escoliose variam com a severidade da curvatura patológica. De acordo com Lehnert-Schroth (1992), a escoliose promove dor nas costas além de problemas psicológicos associados à doença. Dicianno *et al.* (2009) afirmam que, em indivíduos com escoliose estruturada ou não estruturada, o alinhamento corporal é de suma importância, já que está diretamente relacionado à manutenção de órgãos vitais.

A população mundial na conjuntura atual passa por um processo de envelhecimento. Tal cenário também provoca aumento da incidência da escoliose nessa população e a busca

por auxílio médico. Esses fatores demonstram a crescente importância de estudos sobre essa área do conhecimento (Tambe; Michel, 2011).

Há ainda outra condição patológica da coluna vertebral denominada cifoescoliose, um termo generalizado que inclui um espectro de deformidades que variam de cifose à escoliose (Bergofsky; Turino; Fishman, 1959). As pessoas que possuem essa condição sofrem quando têm que escolher uma cadeira para se sentar. Devido à assimetria no tórax cifoesciolótico humano, as cadeiras existentes no mercado não oferecem conforto adequado.

As pesquisas de Kendall, McCreary e Provance (1995) *apud* Suaide (2008), revelam que o desvio postural não é um problema simplesmente estético, tal condição pode gerar dor e incapacidade física em quem o possui. Em Volpini (2010), afirma-se que a postura influencia na distribuição dos pontos de pressão, na dor e em outras funções corporais, como a cardiorrespiratória, portanto, pessoas com doenças na coluna e que têm deformidades no tronco e, por conseguinte, má postura, podem ter muitas complicações em seu cotidiano.

Figura 2 – Estudante com dificuldade de assentar devido a giba



Fonte: Menino [...], 2019.

Não apenas na literatura científica encontram-se dados sobre doenças na coluna vertebral. A sociedade brasileira atual ainda não é capaz de sanar todos os problemas do cotidiano dos indivíduos com cifoescoliose. Em entrevista concedida em junho de 2019 ao jornal eletrônico Diário Gaúcho, o estudante Patrique Dávila, que possui a patologia, afirma: “Tenho muita dificuldade de sentar, e até para caminhar é um desconforto, sinto muita dor.” Infere-se, por meio da Fig. 2 que o estudante necessita de um mobiliário específico para se sentar, pois, devido à giba – proeminência do tronco causada pelas costelas anguladas devido

à rotação das vértebras da coluna com escoliose – cadeiras com encostos comuns provocam dificuldade para se manter assentado.

A cifoescoliose é considerada uma deficiência física em certos casos, quando a severidade da patologia gera limitações na vida do indivíduo ou quando esse necessita passar por cirurgia na coluna vertebral. Pessoas com deficiência geralmente utilizam de tecnologias assistivas (TA) para facilitar ou auxiliar suas atividades cotidianas. De acordo com Prestes (2011), as TAs visam melhorar a qualidade de vida e inclusão social dos seus usuários, por meio da manutenção, aumento ou até mesmo da restituição das capacidades funcionais das pessoas com deficiência.

A Lei 13.146 (Brasil, 2015), incumbe ao poder público incentivar e criar mecanismos de fomento a pesquisas nacionais para o desenvolvimento de novos equipamentos e recursos de TA, inclusive por meio de parcerias com institutos de pesquisa oficiais. Diante disso, reitera-se a relevância dessa pesquisa, ao promover o desenvolvimento de uma nova TA sob a forma de cadeira inteligente.

Além disso, a Norma Regulamentadora (NR) 17 afirma que para as pessoas com deficiência ou com medidas antropométricas não contempladas por essa norma, “o mobiliário dos postos de trabalho deve ser adaptado para atender às suas necessidades [...] levando em consideração as repercussões sobre a saúde destes trabalhadores” (Brasil, 1978, p. 18). Portanto, essa pesquisa poderá futuramente melhorar as condições do ambiente de trabalho de pessoas com cifoescoliose, que são amparadas judicialmente pela NR 17, ao desenvolver um mobiliário específico para esse nicho populacional.

Reitera-se, portanto, a intenção desta pesquisa de promover mais equidade diante das condições ambientais vivenciadas tanto no ambiente de trabalho quanto em ambientes domésticos e de lazer, ao se projetar uma cadeira inteligente que melhore o conforto das pessoas com cifoescoliose.

1.1 Objetivo geral

Elaborar um projeto conceitual de uma cadeira inteligente que melhore o conforto e diminua as dores das pessoas com cifoescoliose.

1.2 Objetivos específicos

- a) Elaborar e aplicar questionários *online* visando conhecer mais aspectos de pessoas com escoliose

- b) Projetar um sistema de amortecimento para o encosto da cadeira que permita um conforto prolongado para o usuário;
- c) Elaborar o conceito de um sistema eletrônico para mapear a distribuição de massa no assento;
- d) Construir um protótipo do encosto da cadeira para avaliar a funcionalidade do projeto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A palavra “engenharia” origina-se de sua raiz latina “*ingeniere*”, que significa desenhar ou projetar (Wickert, 2015). Sabe-se ainda que “a Engenharia é a arte de transformar o mundo em busca de garantir uma vida saudável e que, para isto, são importantes o emprego de conhecimentos e tecnologias que permitam sempre o alargamento dos horizontes” (Oliveira., 2008, p. 6). Muitas são as vertentes da engenharia. No desenvolvimento deste estudo foram utilizados majoritariamente conhecimentos provenientes da Engenharia Mecânica e da Bioengenharia.

De acordo com Wickert (2015), a Engenharia Mecânica estuda as propriedades das forças, dos materiais, da energia, dos fluidos e do movimento, além da aplicação desses estudos na criação de produtos que desenvolvem a sociedade e melhoram a qualidade de vida. Já a Bioengenharia é a área do conhecimento que emprega as metodologias e as tecnologias próprias da engenharia visando compreender, determinar e tentar resolver problemáticas de interesse médico-biológico, mediante a uma estreita colaboração de especialistas engenheiros e da área médico-biológica (Biondi, 1984).

O cerne da engenharia é um anelo entre descobertas científicas e suas aplicações no desenvolvimento de produtos (Wickert, 2015). Logo, a presente pesquisa se enquadra na seara da engenharia mecânica e da bioengenharia, pois almeja elaborar um projeto conceitual de uma cadeira que visa beneficiar as pessoas que possuem patologias na coluna vertebral.

2.1 A coluna vertebral e suas patologias

Campbell-Kyureghyan *et al.* (2005) afirmam que a coluna vertebral saudável oferece sustentação e flexibilidade ao tronco, sendo um fator essencial para a postura, locomoção e equilíbrio de um indivíduo. Campos (2005) revela que o funcionamento correto da coluna vertebral é diretamente relacionado com a qualidade de vida. Deformidades vertebrais podem prejudicar a estabilidade do controle postural e do equilíbrio estático, uma vez que pode haver interferência direta no centro de gravidade do corpo humano (Suaide, 2008; Lehnert-Schroth, 1992).

As pesquisas de Ames (2016) relatam a prevalência em até 32% de escoliose na população em geral. Já Kostuik e Bentivoglio (1981) revelam a incidência de 3,9% de escoliose lombar ou toracolombar na população analisada em seus estudos. De Souza *et al.* (2013) apontam que prevalência escoliose idiopática do adolescente é de 4,3% na rede de

ensino analisada. Percebe-se, portanto, uma variação na incidência da escoliose na população de pesquisa para pesquisa. Segundo Du (2016), pode-se considerar também a variabilidade epidemiológica regional, possivelmente devido à genética.

A cifo escoliose afeta cerca de 1% da população dos Estados Unidos. Os indivíduos com essa patologia apresentam combinações de duas deformidades (cifose e escoliose), com uma ou outra predominando. Entretanto, deve-se ressaltar a diferença de efeitos gerados sobre a caixa torácica da flambagem espinhal (cifose) diferentemente do desvio lateral (escoliose) (Bergofsky; Turino; Fishman, 1959). A escoliose deforma a caixa torácica em vários aspectos. No lado convexo da curva, o desvio lateral cria uma ampla separação entre as costelas; já a rotação das vértebras angula tais costelas posteriormente, gerando uma giba (Figura 3).

Ressalta-se que na escoliose essa protuberância é constituída por estas costelas agudamente anguladas e não pela coluna vertebral. Acompanhando essas mudanças nas costelas posteriores está um deslocamento posterior e achatamento das costelas anteriores. No lado côncavo da coluna, ocorre um tipo oposto de deformidade, as costelas se aglomeram e suas inserções são giradas de modo a inchar o aspecto anterior e achatar o aspecto posterior da caixa torácica correspondente” (Bergofsky; Turino; Fishman, 1959, p. 265).

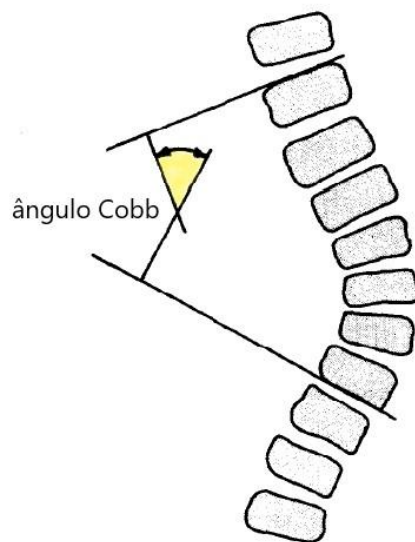
Figura 3 – Exemplo de mudanças provocadas na coluna vertebral e caixa torácica pela escoliose



Fonte: Bergofsky, Turino e Fishman, 1959, p. 80.

Negrini *et al.* (2018) relatam que a *Scoliosis Research Society* (SRS) define a existência de escoliose quando há ângulo de Cobb igual ou superior a 10° e rotação axial da coluna no exame de raio-X em posição anteroposterior. No método Cobb, “linhas perpendiculares que se cruzam são traçadas da superfície superior da vértebra da extremidade proximal e da superfície inferior da vértebra da extremidade distal da curva (Fig. 4). O ângulo formado pelas perpendiculares é então o ângulo [Cobb] da curva escoliótica” (Scholten; Veldhuizen, 1987, p. 7).

Figura 4 – Medição do ângulo de Cobb em coluna com escoliose



Fonte: adaptado de Scholten e Veldhuizen, 1987, p. 24.

A cifose refere-se a qualquer angulação posterior da coluna desenvolvendo uma gibba proeminente e perda de estatura. Geralmente, a cifose presente na cifoescoliose é leve. Quando há alguma má formação ou lesão nos corpos vertebrais, a cifose se mostra bastante evidente e a diminuição da altura do tronco pode ser grande, como representado na Figura 5. (Bergofsky; Turino; Fishman, 1959).

Figura 5 – Aspecto externo de um indivíduo com cifoescoliose



Fonte: Adaptado de Bergofsky, Turino e Fishman, 1959, p. 34.

2.2 Curvaturas cifoescolióticas

Quadro 1 – Classificações das escolioses idiopáticas

Cronológico		Angular			Topográfico	
Idade no diagnóstico (anos.meses)		Ângulo de Cobb			Ápice	
					de	até
Infantil	0-2.	Baixa	Até 20	Cervical	-	Disco C6-7
Juvenil	3-9.	Moderada	21-35	Cervico-torácica	C7	T1
Adolescente	10-17.	Moderada a severa	36-40	Torácica	Disco T1-2	Disco T11-12
Adulto	18+	Severa	41-50	Toraco-lombar	T12	L1
		Severa a muito severa	51-55	Lombar		Disco L1-2
		Muito severa	56+			

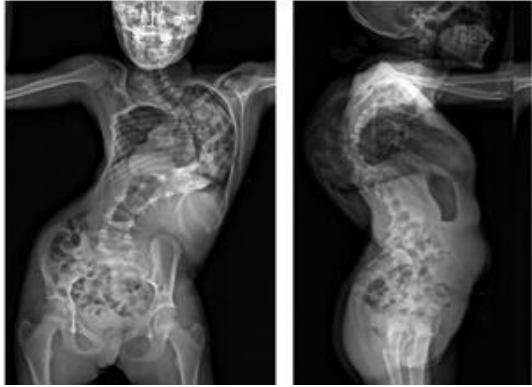
Fonte: Adaptado de Negrinni *et al.*, 2018, p. 5.

De acordo com Negrini *et al.* (2018), cerca de 80% dos casos de escoliose são considerados idiopáticos (quando não há se sabe a origem específica da escoliose), os 20% restantes são escolioses secundárias, advindas de outros processos patológicos do indivíduo. Sabe-se que a cifoescoliose é uma patologia na qual há a presença da escoliose, que pode se manifestar na parte cervical, cervico-torácica, torácica, tóraco-lombar e lombar; sua classificação é feita de acordo com o ângulo de Cobb mensurado, indo de leve a muito severa. O Quadro 1 ilustra essas classificações para escoliose idiopática utilizadas pelo Consenso da

International Society on Scoliosis Orthopedic and Rehabilitation Treatment (Negrinni *et al.*, 2018).

De modo a entender melhor os aspectos físicos dessa patologia, realizou-se uma pesquisa bibliográfica na literatura científica sobre exemplos de indivíduos com cifoescoliose, apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Exemplos de indivíduos com cifoescoliose (Continua)

Imagem	Descrição do indivíduo
	Indivíduo 1: Sexo masculino, 24 anos, angulação da giba: >180°; neurofibromatose e cifoescoliose torácica severa. Fonte: Pham <i>et al.</i>, 2020.
	Indivíduo 2: Sexo masculino, 22 anos, angulação da giba não informada, cifoescoliose torácico-lombar. Fonte: Rongjin <i>et al.</i>, 2019.
	Indivíduo 3: Sexo masculino, 13 anos, angulação da giba: 145° (escoliose) e 128° (cifose), cifoescoliose. Fonte: Fedorak, Smith e Heflin, 2018.

Quadro 2 – Exemplos de indivíduos com cifoescoliose

(Conclusão)



Indivíduo 4: Sexo masculino, 51 anos, angulação da giba: 165° (cifoescoliose) e NF-1.
Fonte: Kern, Dino e Howard, 2005.



Indivíduo 5: Sexo feminino, 6 anos, angulação da giba: 35°(escoliose) e 110° (cifose), cifoescoliose.
Fonte:Thaler *et al.*, 2010.

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Observou-se, a partir da Tabela 1, que a cifoescoliose atinge tanto indivíduos do sexo masculino quanto feminino. Além disso, quando essa afecção é considerada severa ou muito severa, gera-se uma anatomia diferenciada no tronco dos indivíduos, podendo localizar-se desde a parte cervical, torácica quanto lombar. Desse modo, reitera-se a necessidade de se pensar em um mobiliário que proporcione boas condições de apoio para esses indivíduos com cifoescoliose.

2.3 Histórico das cadeiras

Segundo Paoliello (2001), os móveis representam o “eu material” na relação entre o ser humano e sua habitação, ou ainda na relação entre o corpo e a arquitetura; sendo a história dos móveis e de seu *design* a evolução do planejamento dos espaços e da própria cultura humana.

O assento é provavelmente uma das invenções que mais colaborou para as mudanças do comportamento humano, que passou de animal ereto (*homo erectus*), para se transformar

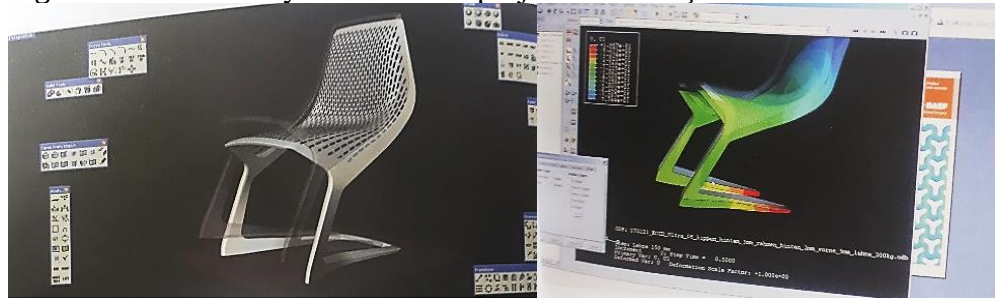
em um animal sentado (*homo sedens*), dando também origem ao termo sedentário, que significa sentado. Análises sobre a postura sentada existem desde 1743, por meio dos estudos de Nicolas Andry de Boisregard, considerado o “pai” dos ortopedistas, que escreveu sobre várias recomendações para corrigir más posturas em sua obra “*Orthopedia*”. Tais más posturas geram dores lombares, câimbras e fadiga, que se não forem corrigidas, podem gerar anormalidades permanentes na coluna vertebral (Iida; Buarque, 2016).

A cadeira em sua forma mais básica originou-se há milhares de anos. Estudos de pinturas rupestres, esculturas e dos poucos exemplares restantes dessas cadeiras, revelam que eram consideradas símbolo de autoridade, sendo confeccionadas em materiais nobres e geralmente eram bastante decoradas. A população comum se assentava em tamboretas, em bancos ou em assentos mais rústicos de madeira. Apenas no século XVI a cadeira passou a ser usada em contextos mais rotineiros e por mais pessoas. Desde então as características desse mobiliário refletem as evoluções da tecnologia e das suas matérias-primas, além das alterações de estilo na cultura das sociedades. Já no século XVIII iniciou-se a preocupação com o conforto. Os estofadores começaram a trabalhar com os marceneiros, criando acolchoamento e acabamento para os assentos, encostos e braços desse mobiliário (Wilhide, 2011).

O século XX foi marcado pela produção de cadeiras por diversos arquitetos e *designers* de maneira majoritariamente industrial, a exemplo de Hans Wegner, que desenvolveu mais de 500 projetos de cadeiras e sempre almejava um ideal de perfeição. Uma frase atribuída a ele é “A boa cadeira é um projeto que nunca se consegue finalizar” *apud* (Wilhide, 2011, p. 43).

De acordo com Wilhide (2011), no século XXI, a influência da tecnologia no desenvolvimento e produção de cadeiras trouxe a engenharia como aliada dos *designers*. De modo a otimizar decisões sobre materiais e comportamentos das cadeiras, *softwares* de engenharia são usados, por exemplo, para realizar simulações de *stress* dinâmico e estático, além de *moldflow* – no caso de cadeiras feitas por injeção. Como exemplo dessa interdisciplinaridade entre *designers* e engenheiros, tem-se a cadeira Myto (FIGURA 6), de Konstantin Grcic. Criada para ambientes públicos, necessitou de testes rigorosos, incluindo simulações e produção de maquetes físicas em escala real, para entender seu comportamento ao ser usada por um indivíduo.

Figura 6 – Cadeira Myto em fase de projeto e simulações



Fonte: Wilhide, 2011, p. 34.

2.4 Recomendações de ergonomia e conforto

Associação Internacional de Ergonomia IEA, definiu em 2000 que ergonomia “é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema” (Associação Brasileiro de Ergonomia, 2020). A ergonomia se especializa em diversos domínios, sendo o da Ergonomia Física o mais pertinente à essa pesquisa. Esse domínio está relacionado com “características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica em sua relação a atividade física”. A Ergonomia Física realiza estudos relevantes a respeito da postura no trabalho, distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho, saúde, dentre outros (Associação Brasileira de Ergonomia, 2020).

De modo a projetar uma cadeira inteligente que atenda aos requisitos de conforto e ergonomia, selecionaram-se premissas relevantes a serem seguidas desde a concepção desse mobiliário. Iida e Buarque (2016) afirmam que existem oito princípios oriundos de estudos anatômicos, clínicos e fisiológicos da postura sentada que norteiam o projeto de um assento, sendo estes:

2.4.1 *Princípio 1: as dimensões do assento devem adequar-se à antropometria dos usuários*

A dimensão mais importante do assento é a altura poplíteia, que vai da região inferior da coxa à sola do pé. Essa medida determinará a altura do assento. Quando essa altura não é a ideal, não há apoio firme dos ísquios, que tem a função de transmitir parte do peso do corpo para o assento; pode ocorrer também excesso de pressão na parte inferior das coxas, regiões essas inadequadas para sustentar o peso do corpo.

2.4.2 *Princípio 2: não há um assento mais adequado para cada pessoa*

Geralmente, não existe um tipo de assento mais recomendável para cada indivíduo, pois cada pessoa possui condições anatômicas e antropométricas próprias, além de movimentar-se de maneiras típicas quando realiza atividades assentado. “Isso acontece especialmente no caso de alguns extremos populacionais, como aqueles muito obesos ou com deficiência” (Iida; Buarque, 2016, p. 244).

2.4.3 *Princípio 3: existe um assento mais indicado para cada função*

Na maioria dos casos, não há um tipo único de assento que seja ideal para todas as tarefas, entretanto, existem assentos indicados para cada tipo de função. Para assentos de longa duração, durante a jornada de trabalho, por exemplo, a profundidade deve ser entre 430 mm e 510 mm.

2.4.4 *Princípio 4: o assento deve possibilitar variações posturais*

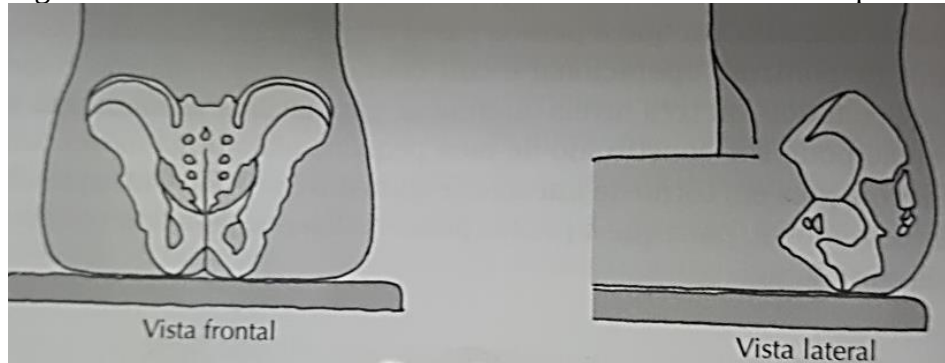
Variações na postura visam aliviar as pressões sobre os discos vertebrais e as tensões nos músculos dorsais que sustentam o tronco, diminuindo a fadiga, além de contribuir para a nutrição da coluna vertebral. “Assentos com formas anatômicas, em que as nádegas se ‘encaixam’ neles, permitindo poucos movimentos relativos, não são recomendados” (Iida; Buarque, 2016, p. 245). Wilhide (2011) complementa tal princípio, ao afirmar que as cadeiras de escritório devem permitir movimentos corporais de modo a evitar dores nas costas provocadas pela permanência em apenas uma posição por longos períodos de tempo.

2.4.5 *Princípio 5: o assento deve suportar o peso corporal*

É por meio de dois ossos situados na bacia, denominados tuberosidades isquiáticas (FIGURA 7) que o corpo, majoritariamente, entra em contato com o assento. Essas estruturas ósseas possuem a distância de 7 a 12 cm entre si, são recobertas por uma fina camada de tecido muscular e uma pele grossa, apropriada a suportar grandes pressões. Superfícies duras provocam grande concentração de pressão na região das tuberosidades, provocando fadiga e

dores na região das nádegas. Já superfícies muito macias não geram um bom suporte, pois não proporcionam um equilíbrio adequado para o corpo. A associação de uma base rígida com uma leve camada de estofamento se mostra benéfica. Quanto ao material de revestimento, este deve ser antiderrapante e conseguir dissipar calor e suor produzidos pelo usuário do assento.

Figura 7 – Estrutura óssea da bacia mostrando as tuberosidades isquiáticas



Fonte: Iida; Buarque, 2016, p. 43.

2.4.6 Princípio 6: conjunto integrado entre assento e mesa

A altura do assento deve ser projetada em relação à altura da mesa. A superfície da mesa deve ficar aproximadamente na altura do cotovelo do usuário quando sentado. Deve haver pelo menos 20 cm de espaçamento entre o assento e a mesa para acomodar as coxas.

2.4.7 Princípio 7: deve haver uma integração entre o assento, o encosto e o apoia-braço

O assento deve possuir uma inclinação de 3° a 5° (a borda mais alta que o fundo) de modo a evitar que o corpo escorregue para frente. O perfil vertical do encosto também é importante, pois o usuário possui uma protuberância para trás na altura das nádegas, e a curvatura da coluna possui variações interpessoais, logo se pode deixar um espaço vazio de 15 a 20 cm entre o assento e o encosto. Já os apoia-braços ajudam a guiar o corpo durante o assentar e o levantar, sendo esse bastante importante, principalmente para pessoas idosas e para as que têm dificuldades motoras.

2.4.8 Princípio 8: resistência, estabilidade e durabilidade

O assento deve possuir resistência, solidez estrutural para suportar cargas. Esse também não deve tombar facilmente, pois quando os assentos são pouco estáveis, seus usuários sentem-se inseguros e tensos. A durabilidade é outra característica essencial para um assento; recomenda-se uma durabilidade desse mobiliário de pelo menos quinze anos.

2.5 Cadeira: Requisitos estruturais e normativos

Quadro 3 – Dimensões para a cadeira de diálogo

Código	Nome da variável	Valor mínimo (mm)	Valor máximo (mm)
a	altura da superfície do assento	400	480
d	largura da superfície do assento	400	-
c	profundidade da superfície do assento	380	-
e	ângulo de inclinação do assento*	-2°	-7°
g	extensão vertical do encosto	240	-
f	altura do ponto S do encosto*	170	220
i	largura útil do encosto	305	-
k	raio de curvatura do encosto	400	-
ß	ângulo de abertura entre o assento e o encosto	90°	100°
p	altura do apoia-braço*	200	250
r	distância interna entre os apoia-braços	460	-
q	recuo do apoia-braço	100	-
n	comprimento do apoia-braço	200	-
o	largura da área útil do apoia-braço	25	-
t	dimensão de estabilidade**	195	-

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2018, p. 15.

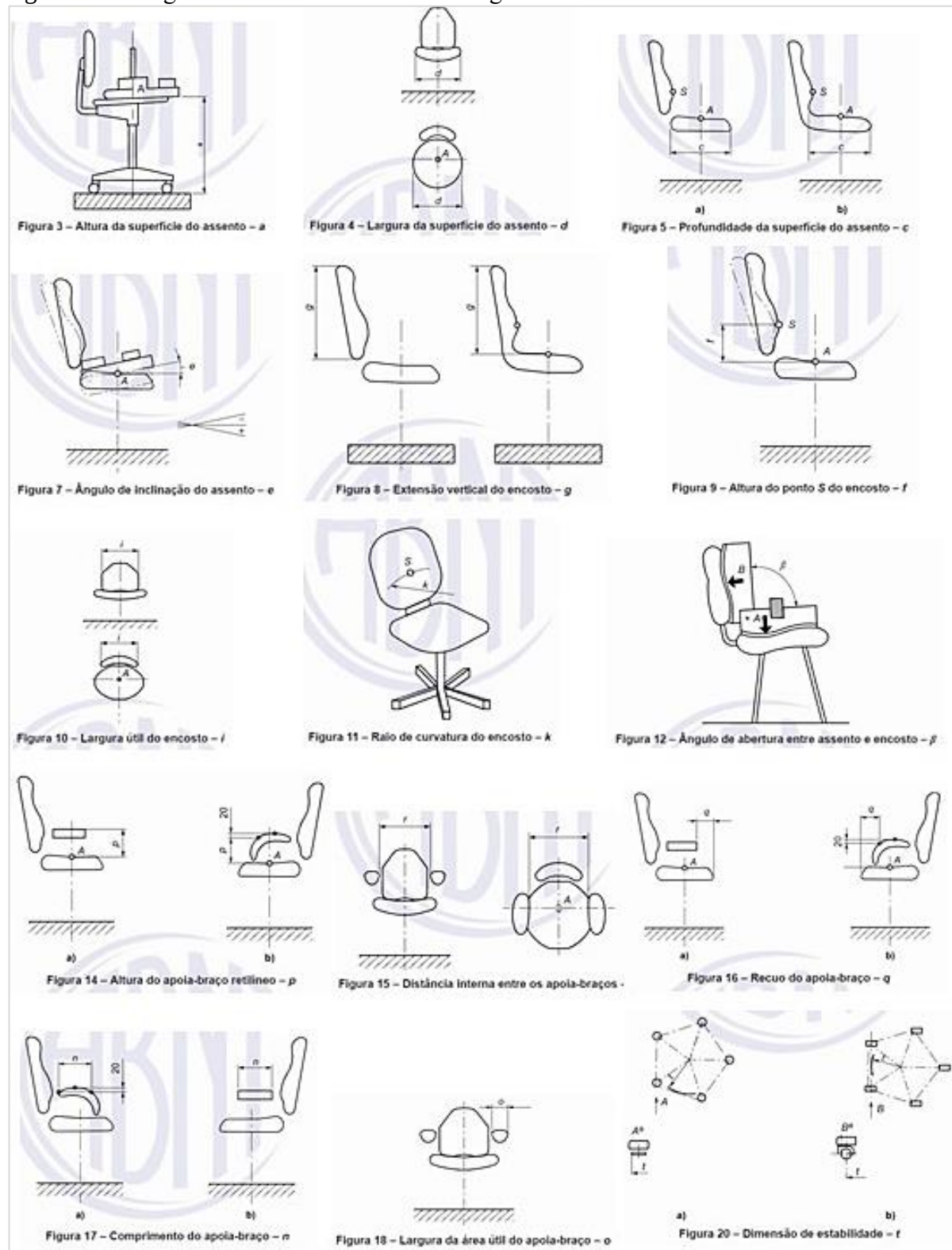
Nota: * Utilizar o gabarito de carga para todos os tipos de cadeira de diálogo, mesmo sem estofamento e mola central.

** Aplica-se para cadeiras de diálogo giratórias.

No Brasil, a principal norma técnica que rege o projeto e desenvolvimento de cadeiras de escritório é a Norma Brasileira NBR 13962:2018 - Versão Corrigida, denominada: “Móveis para escritório - Cadeiras - Requisitos e métodos de ensaio”. Essa NBR determina vários parâmetros a serem considerados durante a concepção do projeto conceitual de cadeira nesse estudo. Em primeiro lugar, deve-se ressaltar que o tipo de cadeira a ser desenvolvido será o de uma “cadeira de diálogo”, por se tratar, conforme referida NBR, de um mobiliário com os pés fixos em relação ao assento, que não possui regulagem de altura do assento e possui apoio lombar regulável. Em relação ao dimensionamento, tal norma define os seguintes valores a serem considerados (QUADRO 3) (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2018):

Figura 8 – Códigos referentes à cadeira de diálogo

Figura 8 – Códigos referentes à cadeira de diálogo



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2018, p. 22.

Já a Norma Regulamentadora NR 17 rege os critérios de ergonomia para os ambientes de trabalho, a fim de garantir máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. Segundo referida norma, a cadeira de trabalho deve possuir assento e encosto para apoio lombar ajustáveis à altura do trabalhador, com estofamento de densidade entre 40 (quarenta) a 50 (cinquenta) kg/m³, revestidos de material que possibilite a transpiração. A profundidade útil do assento deve ser de 38 (trinta e oito) a 46 (quarenta e seis) centímetros, com borda frontal arredondada. Deve haver pouca ou nenhuma conformação da base do assento. Quanto ao encosto, deve possuir forma levemente adaptada ao corpo para proteção da região lombar (Brasil, 1978).

2.6 Biomecânica da postura sentada

O entendimento da postura sentada exige conhecimentos além daqueles sobre a postura humana ortostática, pois essa fornece poucos detalhes sobre o alinhamento interno da coluna vertebral (Harrison *et al.*, 1999).

As vantagens de se trabalhar na posição sentada são muitas, dentre essas: a diminuição do consumo de energia em relação à posição em pé, com redução da fadiga, redução da pressão mecânica sobre os membros inferiores além da redução da pressão hidrostática da circulação nas extremidades, aliviando também o trabalho do coração. Existem também desvantagens, como: o aumento da pressão sobre as nádegas e aumento da pressão intradiscal, podendo causar estrangulamento da circulação sanguínea nas coxas e pernas (Iida; Buarque, 2016).

De acordo com Meniota *et al.* (2012), tanto no encosto quanto no assento há a presença de forças normais e de cisalhamento entre o corpo do indivíduo e a superfície da cadeira, pois há a transmissão do peso do corpo para esse mobiliário. De acordo com Baranoski e Ayello (2006), o peso corporal, quando em repouso, sobre as protuberâncias ósseas gera consideráveis concentrações de pressão na pele e nos tecidos moles mais profundos.

Meniota *et al.* (2012) afirmam que: “a maior pressão ocorre sobre o osso, diminuindo gradualmente ao nível da pele. Os vasos sanguíneos, o músculo, a gordura subcutânea e a pele são comprimidos entre estas contrapressões”. Nesse projeto, sabe-se que não apenas as tuberosidades isquiáticas são proeminências ósseas a serem consideradas, mas também toda a

região da giba do indivíduo com cifoescoliose. Logo, tanto o assento quanto o encosto são áreas onde se encontram concentração de pressão. Swearingen *et al.* (1962) analisaram a distribuição do peso corporal de usuários em um assento de inclinação do encosto de 105° e constataram que o assento suporta 64,8% do peso, o apoio dos braços 12,4%, o encosto 4,4% e o solo, por meio do descarregamento via pés, 18,4%.

A posição sentada pode gerar dores no corpo. Muitas dessas são provocadas por posturas inadequadas. Iida e Buarque (2016) citam as seguintes relações entre postura assentada e dor (QUADRO 4).

Quadro 4 – Localização das dores no corpo, provocadas por posturas inadequadas

Postura inadequada	Risco de dores
Sentado sem encosto	Músculos extensores do dorso
Assento muito alto	Parte inferior das pernas, joelhos e pés
Assento muito baixo	Dorso e pescoço
Braços esticados	Ombros e braços
Rotações do corpo	Coluna vertebral
Ângulo inadequado assento/encosto	Músculos dorsais

Fonte: Adaptado de Iida e Buarque (2016, p. 15).

2.7 Modelos de cadeiras existentes no mercado específicas cifoescoliose

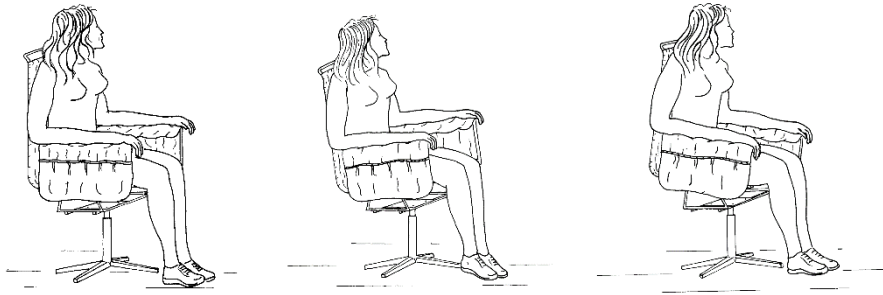
Foram realizadas pesquisas nos meses de abril a junho de 2019 nos sites de depósito de patentes das seguintes organizações: Instituto Nacional de Propriedade Industrial INPI, e *World Intellectual Property Organization* WIPO, além de buscas em sites na internet e dissertações e teses. Tais buscas serviram para identificar as tecnologias que já existem para esse tipo de mobiliário. Foram utilizados os termos: cadeira escoliose, cadeira cifoescoliose, cadeira ergonômica, *scoliosis chair*, *kyphoscoliosis chair*. O termo escoliose foi incorporado para abranger mais soluções, já que cifoescoliose é um termo bastante específico e referida patologia é composta por escoliose e cifose.

A Patente **MU 7903126-9 Y1** “Disposição introduzida em cadeira odontológica para adaptação anatômica em pacientes” possui quatro almofadas infláveis e reguláveis, independentes uma das outras, que são colocadas sobre a cadeira odontológica a fim de melhorar seu posicionamento e conforto durante a consulta. É percebida a estratégia de utilização de estruturas pneumáticas para gerar conforto ao paciente, principalmente àqueles que possuem anomalias de coluna vertebral como escoliose e lordose (Lopes, 1999).

Patente de Modelo de Utilidade **MU 7800127-7** "Cadeira ergonômica articulada" almeja a correção de desvios de postura e principalmente à prevenção de desvios da coluna

vertebral como escoliose, lordose e cifose, permitindo variações de movimentos (Figura 9). É considerada confortável, relaxante e prática. Seu acabamento é de lona ou colchonete, possuindo sob esse um motor elétrico vibratório que gera relaxamento e elimina dores nas regiões lombares e torácicas (Ubero, 1998).

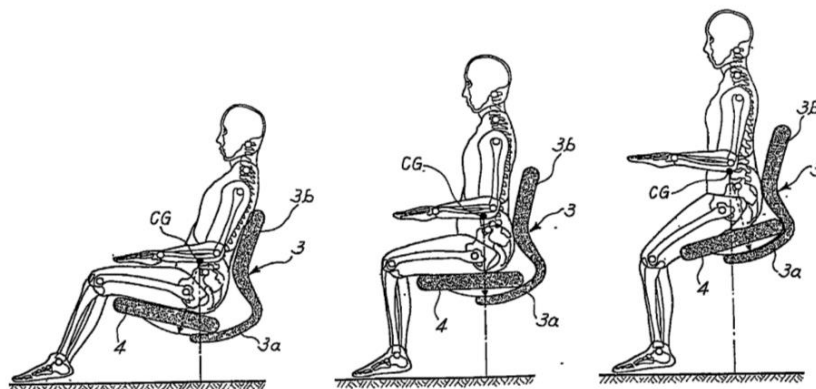
Figura 9 – Cadeira ergonômica articulada



Fonte: Ubero, 1998.

A Patente **PI 8807867-1 A2** “Cadeira ergonômica com posição variável da porção do assento” refere-se a uma cadeira com assento de altura variável. Tal assento, ao se movimentar verticalmente, modifica a inclinação do assento no plano horizontal, como visto na Figura 10 (Hosoe, 1988).

Figura 10 – Cadeira ergonômica com posição variável da porção do assento

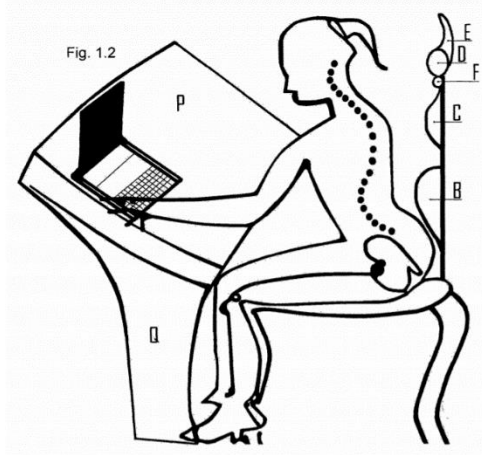


Fonte: Hosoe, 1988.

A Patente **PI 0805105-4** "Cadeira, capa para cadeira, espaldar e apoio para cabeça" (Figura 11) apresenta encosto ergonômico para cabeça que possui uma almofada cervical (D), além de um triângulo na região torácica (C) e uma almofada lombar (B), todos compostos de

látex. Essa cadeira visa melhorar a utilização e eficiência da cadeira, promovendo também saúde para a estrutura da coluna cervical, dorsal e lombar (Oliveira, 2008).

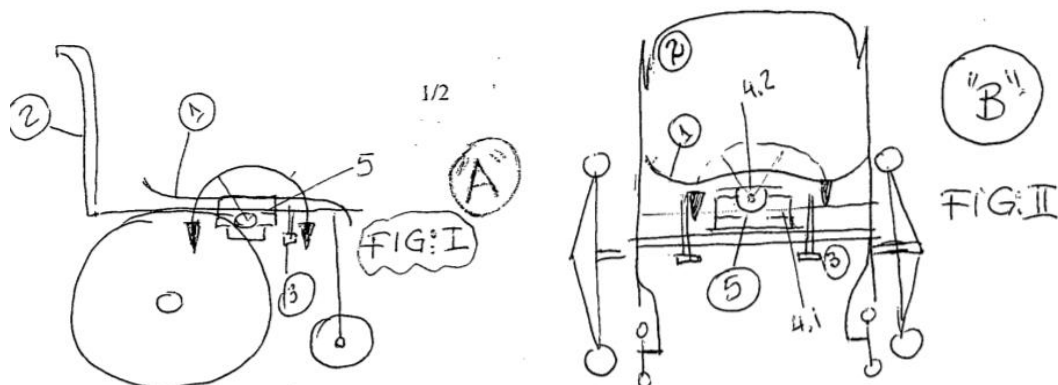
Figura 11 – Cadeira, capa para cadeira, espaldar e apoio para cabeça



Fonte: Oliveira, 2008.

A patente **PI 0504703-0 A2** “Assento articulado nos três planos, permitindo movimento pélvico anteroposterior, láterolateral, de rotação e de precessão” (FIGURA 12) gera um melhor alinhamento da região pélvica e da coluna vertebral e, conseqüentemente dos membros superiores e cabeça. Esse melhor alinhamento otimiza o desempenho funcional e bem-estar dos usuários e estimula reações de equilíbrio e endireitamento do corpo. Esse assento constitui-se por: uma junta universal (5), mancais de rolamento (4.1 e 4.2), limitadores mecânicos reguláveis (3), assento (1) e plataforma metálica, que pode ser acoplada a uma cadeira de rodas ou a uma cadeira simples (Volpini, 2005).

Figura 12 – Assento articulado nos três planos, permitindo movimento pélvico anteroposterior, látero-lateral, de rotação e de precessão

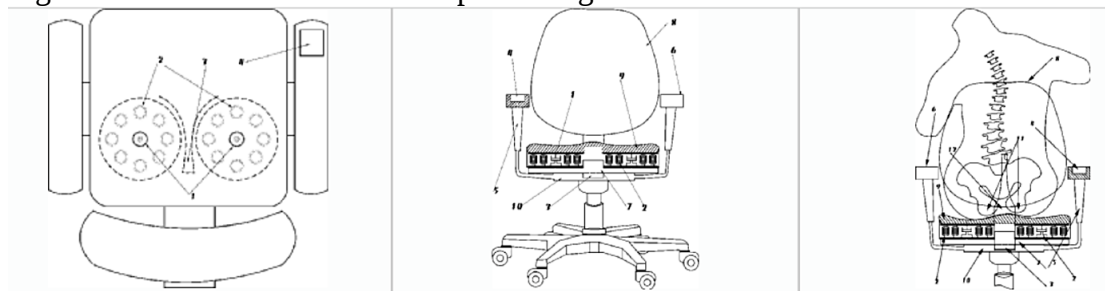


Fonte: Volpini, 2005.

A patente **MU 8002415-7 U2** “Cadeira monitor de postura - portátil” compreende um mobiliário que alerta o usuário em relação a postura correta de se assentar, visando prevenir dores na coluna e auxiliar na correção postural. O mecanismo é ligado no momento em que o usuário se assenta, e ao apoiar as costas no respaldo o sistema desliga. Quando o usuário se afasta do respaldo ou se inclina, o sistema é acionado, avisando-o (Viana, 2000).

A patente **KR1020040017034** “*Chair with function of preventing scoliosis*” (FIGURA 13) visa impedir a escoliose e corrigir a postura do usuário, evitando desequilíbrios. O assento possui dois sensores de pressão, um do lado direito e o outro do lado esquerdo, circundados por molas de apoio. A carga do corpo mensurada pelo sensor da direita é comparada com a da esquerda e um alarme ou um *Light Emitting Diode* LED, é acionado quando há diferença de carga entre as regiões (KWON, 2002).

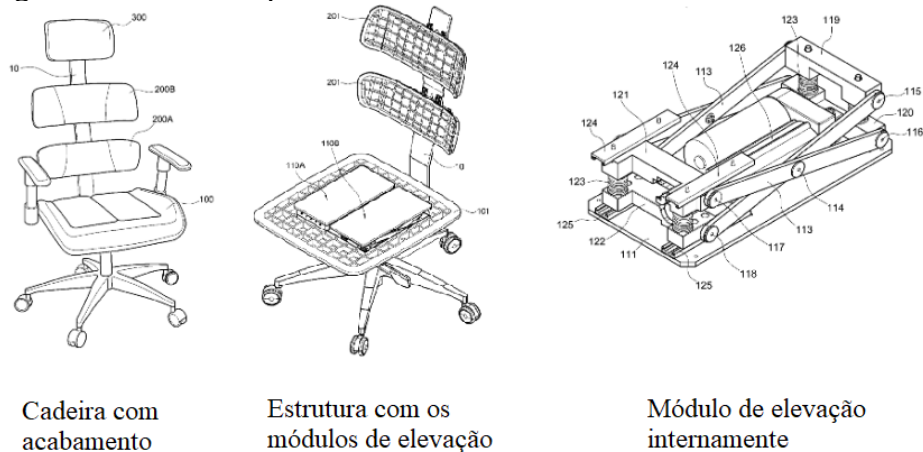
Figura 13 – Chair with function of preventing scoliosis



Fonte: KWON, 2002.

A patente **WO/2019/088663** “*Chair for posture correction*” possui um par de módulos de elevação constituídos por estruturas pantográficas nos lados esquerdo e direito do assento (FIGURA 14) **que permitem movimentação** para cima/para baixo de acordo com um sinal de controle. O invento diz ser capaz de evitar a escoliose, já que promove correção da postura (Choi, 2019).

Figura 14 – Chair for posture correction



Fonte: Choi, 2019.

Encontraram-se também modelos de cadeiras em dissertações, teses e na internet. Segundo Zollars (1996), quando há deformidades rígidas, pode-se escavar o encosto da cadeira de modo a acomodar a giba, a fim de prevenir pontos de pressão e úlceras dérmicas, exemplificado na Figura 15.

Figura 15 – (a) e (b) indivíduo com deformidade rígida na coluna vertebral e (c) encosto escavado para acomodar a giba da cifoescoliose



Fonte: Volpini, 2010, p. 62.

A empresa Comfort Company (c2024), possui um respaldo para cadeiras de rodas, o Acta-Back® HCPCS Coding: E2613/E2614 (FIGURA 16), que possui características de ajustes para pessoas com desvios posturais ou estruturais no tronco. A estrutura da cadeira que recebe o respaldo possui regulagens de altura (FIGURA 17). Esse é feito de uma camada fina e resistente de alumínio, possui acolchoamento interno com três camadas de espuma viscoelástica, sendo a mais próxima ao indivíduo de baixa densidade, seguida de uma de

densidade mediana e posteriormente uma espuma estrutural. Segundo a empresa, há ainda duas barras de alumínio patenteadas (FIGURA 18 e FIGURA 19) que podem ser retiradas e moldadas conforme a necessidade do usuário, e recolocadas no respaldo.

Figura 16 – Respaldo Acta-Back® HCPCS vista anterior e posterior



Fonte: Comfort Company, c2024.

Figura 17 – Regulagens de altura na cadeira de rodas



Fonte: Comfort Company, c2024.

Figura 18 – Barras de alumínio inseridas na parte posterior do respaldo



Fonte: Comfort Company, c2024.

Figura 19 – Barras de alumínio remoldadas



Fonte: Comfort Company, c2024.

2.8 Atuadores hidráulicos

É sabido que “atuadores são elementos que produzem movimentos, atendendo a comandos que podem ser manuais ou automáticos” (Hermini, 2007, p. 11). Os principais tipos de atuadores são classificados como elétricos, hidráulicos ou pneumáticos. Os atuadores hidráulicos têm por característica sua fonte de energia advinda de um líquido que se desloca por um duto com pressão adequada; esse líquido é comumente óleo ou água. O movimento desse tipo de atuador pode ser linear ou axial (Hermini, 2007).

“O princípio de funcionamento dos atuadores hidráulicos é baseado na Lei de Pascal para fluidos incompressíveis. Se uma pressão externa é aplicada ao fluido, esta pressão é transferida para todas as superfícies em contato com este, sem perda de energia” (Hermini, 2007, p. 85). Suas aplicações vão desde seu uso industrial, como a siderurgia e extração mineral até aplicações de uso cotidiano, como em veículos, equipamentos odontológicos e médico-hospitalares (Pereira, 2006).

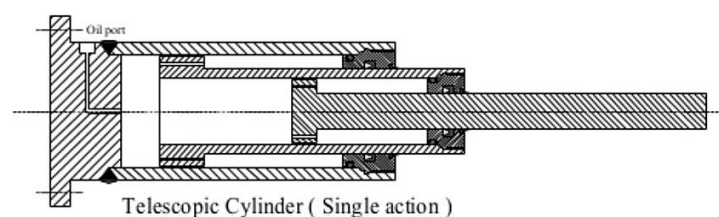
Hermini (2007) afirma que, ao se aplicar pressão hidráulica à área do cilindro ocorre o deslocamento da haste. Nesse deslocamento há a transformação da energia hidráulica aplicada em trabalho. A pressão necessária para realizar tal trabalho é tão maior quanto a resistência ao deslocamento fornecida pela carga. Essa pressão pode ser definida pela Equação 1:

$$Pressão = \frac{Força\ Normal}{Área} \quad (1)$$

Existem diversos tipos de atuadores hidráulicos, como o cilindro de ação simples, cilindro com retorno de mola, cilindro martelo, cilindro de dupla ação, cilindro de haste dupla, cilindro telescópico ou de múltiplo estágio, cilindro duplex contínuo ou cilindro Tandem e cilindro duplex (Hermini, 2007). Para essa pesquisa foi escolhido o cilindro telescópico, visto que era necessário variabilidade de curso com capacidade de retração do atuador na região da giba e avanço para acomodação da região restante das costas do usuário, mas ao mesmo tempo almejava-se um aspecto visual reduzido para os atuadores enquanto não estavam sendo utilizados, a fim de não criar um mobiliário que gerasse estigma pelo seu caráter estético.

Silva (2002) explica que o atuador do tipo telescópico (Figura 20) é composto de vários cilindros, montados em série um dentro do outro; sua aplicação é indicada para máquinas que necessitam de um longo curso e comprimento reduzido quando colapsado. Em relação à nomenclatura, os cilindros telescópicos possuem haste com múltiplos estágios, formada a partir de uma série de tubos encaixados, com diâmetros progressivamente menores (ENERPAC, 2017).

Figura 20 – Exemplo de cilindro Telescópico



Fonte: Silva, 2002, p. 19.

2.8.1 Preenchimento dos atuadores hidráulicos

O fluido hidráulico possui quatro funções: transmitir energia, transferir calor, vedar folgas e lubrificar as partes móveis. A contaminação desse fluido por partículas de sujeira é responsável por mais de 75% das falhas em sistemas hidráulicos. A lubrificação também é afetada quando o fluido se contamina. Além disso, a escassez de lubrificação gera desgastes excessivos, respostas lentas e falhas prematuras dos componentes (Parker Hannifin Corporation, 2020).

Ferreira (2016), afirma que o óleo mineral e o sintético são os fluidos mais utilizados em sistemas hidráulicos, sendo o mineral o mais requisitado devido ao seu baixo custo. Existe a possibilidade de inserir aditivos, produtos capazes de modificar ou adicionar propriedades aos óleos. Os aditivos antioxidantes e os antiespumantes são alguns exemplos.

2.9 Sensores

Na eletrônica, define-se sensor como: “Elemento dum sistema de medição que é diretamente afetado por um fenômeno, corpo ou substância que contém a grandeza a ser medida” (INMETRO, 2012, p. 35).

Os sensores eletrônicos dividem-se em sensor contínuo (analógico ou digital) ou discreto (analógico ou digital), com base no sinal de saída que produzem. A maioria das variáveis físicas, tais como a temperatura e a pressão, são contínuas no tempo e podem ser medidas por um sensor analógico com facilidade (Costa, 2017).

Figura 21 – Exemplos de tipo de extensômetro



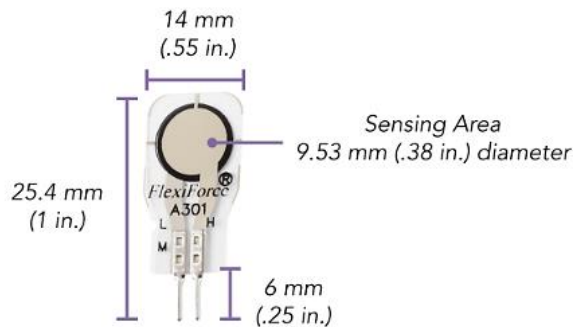
Fonte: OMEGA ENGINEERING Inc, 2015.

Os *strain-gauges* (ou extensômetros de resistência metálica) são constituídos por uma fina lâmina de fios colada sobre a matriz do transportador. Esses são adequados para

medições estáticas e dinâmicas com alta exatidão (OMEGA, 2015). Esses sensores podem ser, por exemplo, lineares (1 eixo), biaxiais ou denominados rosetas, variando assim, a direção da medição da deformação. A seguir, tem-se a Figura 21 com exemplo desses tipos de *strain-gauges*.

O *Force Sensing Resistor* (FSR) (FIGURA 22) é um sensor compacto, fino, leve e consiste em material com propriedades piezoresistivas envolto por duas peças de poliéster com condutores de prata impressos em cada metade interna. Esse tipo de sensor apresenta resistência variável, que diminui com o aumento da força aplicada em sua área ativa (INTERLINK ELETRONICS, 2020).

Figura 22 – Exemplo de FSR Sensor FlexiForce™ Standard Model A301

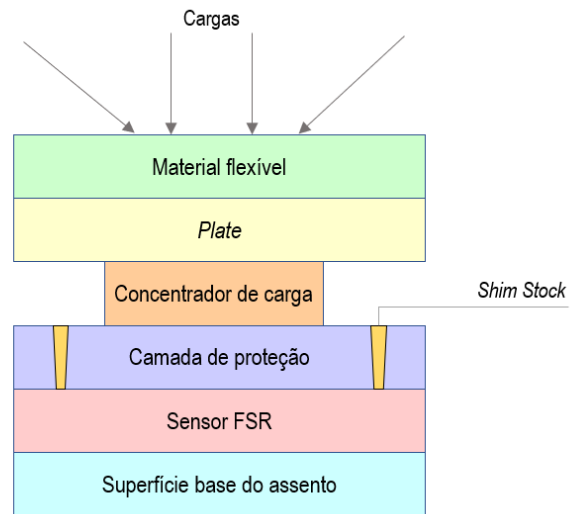


Fonte: Tekscan, c2021.

De acordo com a empresa Tekscan (2021), recomenda-se que um máximo de 70-85% da área de detecção do sensor seja carregada. Para que isso seja possível, deve-se utilizar um concentrador de carga sobre o FSR. Quando a área de contato que distribui o carregamento é maior que a área de detecção do sensor, que é o caso desse projeto, ocorre medição imprecisa e inconsistente repetibilidade de ciclo para ciclo. Logo, deve-se inserir um “*plate*” sobre o concentrador de carga.

De modo a impedir cisalhamento, causado pelo atrito entre os materiais que se encontram sobre o FSR, e evitar a perda de sua sensibilidade, devem-se proteger ambos os seus lados. Pode-se utilizar *Shim Stock* de aço inoxidável ou de teflon como proteção. A seguir, observa-se o esquemático dessas camadas mencionadas (Figura 23), elaborado conforme recomendações da empresa Tekscan ([S.d.]).

Figura 23 – Esquemático das camadas a ser instaladas sobre o FSR

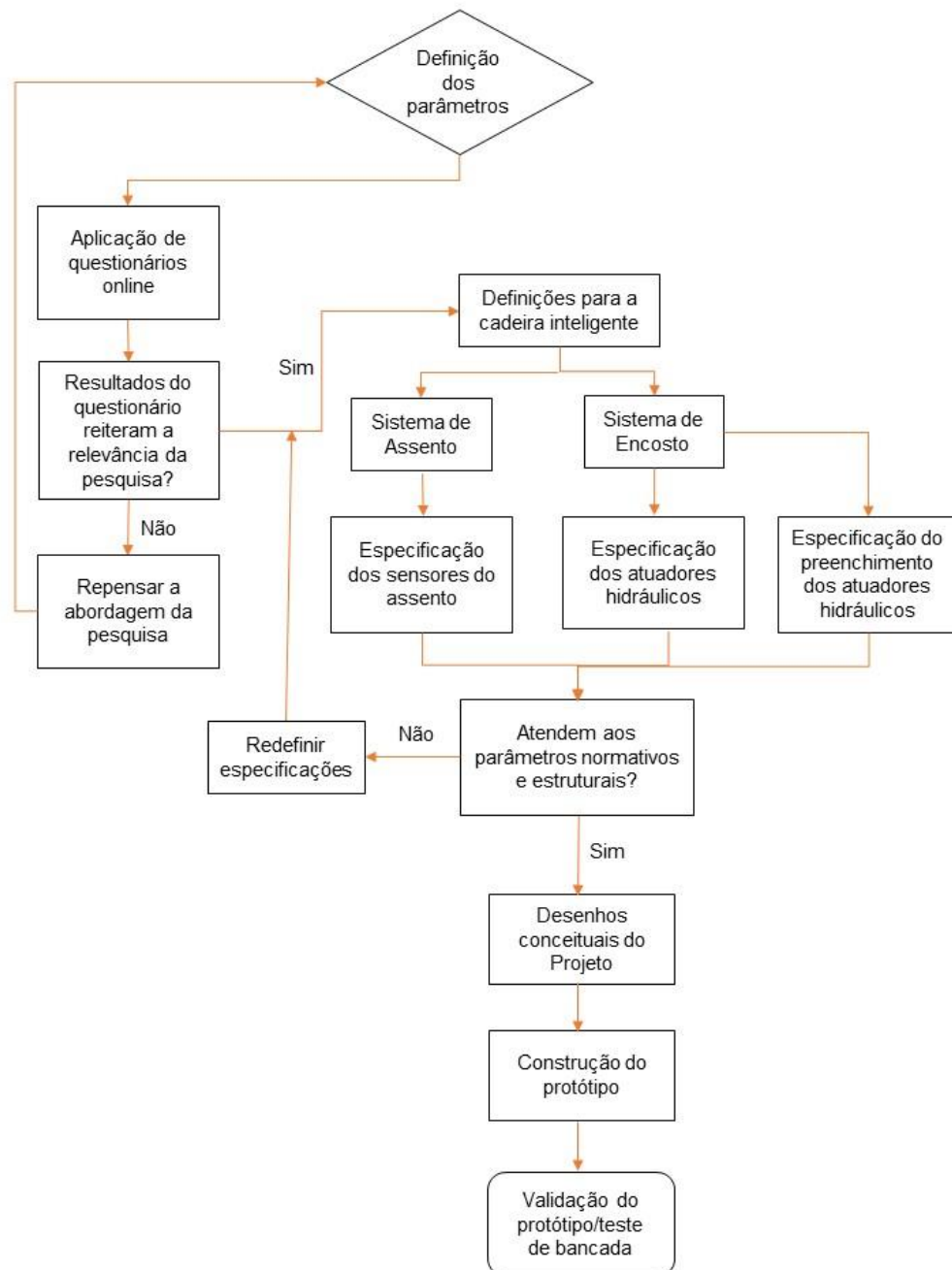


Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada ao longo da concepção projetual da cadeira. Uma melhor visualização das etapas dessa metodologia de pesquisa pode ser vista na Figura 24.

Figura 24 – Fluxograma geral das etapas de desenvolvimento do projeto



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

3.1 Definição dos parâmetros

A seguir serão definidos os parâmetros do projeto.

3.1.1 Elaboração dos questionários

Na cifo escoliose, como é sabido, há a presença de escoliose e cifose. A fim de entender melhor esse nicho populacional, elaboraram-se dois questionários na plataforma de formulários da Google, que foram aplicados a participantes de grupos sobre escoliose na rede social Facebook®. Foram escolhidos grupos de escoliose devido à inexistência daqueles específicos sobre cifo escoliose. Aplicou-se o primeiro questionário na segunda semana de janeiro de 2020. Já segundo questionário foi enviado para os contatos na última semana de janeiro de 2020. As perguntas utilizadas podem ser observadas no Quadro 5:

Quadro 5 – Perguntas de cada questionário	
Questionário	Pergunta
1	Com que idade começou a escoliose?
	Já fez cirurgia?
	Já fez tratamento para escoliose?
	Sente dor?
	Quais as dificuldades e/ou limitações no dia a dia?
2	Em quais regiões da coluna você possui escoliose?
	Você possui cifose ou giba?
	Você passa mais tempo deitado, assentado ou em pé?
	Quando você está assentado, sente dor na coluna?
	Você consegue explicar por que essas cadeiras geram dor e/ou desconforto?
	Você gostaria que existisse no mercado mais produtos voltados para a melhoria da qualidade de vida e do conforto de pessoas com escoliose?

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

3.1.2 Sistema de Encosto

Hall (2000) afirma que permanecer na mesma posição por períodos de tempo prolongados, ainda que seja muito confortável, pode interferir de maneira negativa na saúde da coluna vertebral, pois o bombeamento de sangue para essa estrutura pode ser prejudicado. Logo, definiu-se que o encosto da cadeira deve permitir mudança de posição do usuário.

Determinaram-se também outras premissas: ser uma superfície que também acomode grandes deformações no tronco causadas pela cifoescoliose de maneira mais confortável possível, sem depender de gasto de energia elétrica, ser durável e esteticamente agradável, para não gerar estigma ao usuário.

Segundo Iida e Buarque (2016, p. 241), “conforto é uma sensação subjetiva de bem-estar, produzida quando não há nenhuma tensão localizada sobre o corpo. Entretanto, é mais fácil falar em ausência de desconforto, pois este pode ser mais bem avaliado”. Portanto, a maior intenção é evitar que haja excesso de tensão localizada na região das costas do usuário; essa tensão deve ser distribuída por toda a superfície de apoio corporal, a fim de se obter menos desconforto.

3.1.2.1 Especificação dos atuadores hidráulicos

Já que a superfície do encosto devia permitir acomodação e movimento, foi realizada uma pesquisa sobre possíveis soluções. De acordo com as pesquisas de Trombly e Radomsky (2005), há opções de um ou mais materiais para fabricação de encosto e assento de uma cadeira. Espumas de diferentes densidades, escavadas de acordo com o contorno do corpo do usuário, ou ainda materiais plásticos contendo ar ou gel em seu interior podem ser utilizados como estofamento.

Logo, as principais soluções possíveis foram: utilizar uma estrutura plástica preenchida com água, hidrogel ou ar. Entretanto, essa solução se mostra pouco resistente ao longo do tempo, pois ao sentar o usuário, em algum momento, pode gerar impacto e perfurar a estrutura plástica, provocando vazamento da água, hidrogel ou ar e com isso tornando o sistema inoperante. Outra opção é utilizar apenas uma almofada preenchida com espuma, porém, com o tempo a espuma se compacta e diminui sua adaptabilidade ao tronco com anatomia diferenciada. A outra solução pensada é criar um sistema com atuadores telescópicos hidráulicos. Optou-se por essa última solução, visando construir uma estrutura duradoura, e que permita maior adaptabilidade às anatomias diferenciadas presentes no tronco dos usuários, já que os atuadores são móveis.

3.1.3 Sistema de Assento

A escoliose bem como a cifo escoliose, ao provocarem assimetria no tronco, geram a mudança na posição do centro de gravidade; que acarreta por sua vez um desequilíbrio estático corporal (Lehnert-Schroth, 1992). O intuito do projeto do assento da cadeira é diminuir esse desequilíbrio mediante ao mapeamento da distribuição de massa corporal enquanto o indivíduo encontra-se assentado, a exemplo da patente KR1020040017034 citada no capítulo 2. Após o mapeamento, será informada ao usuário qual região está mais sobrecarregada e serão sugeridas alterações de maneira gráfica.

Optou-se por uma interface que apenas educa o usuário a fazer uma alteração postural, ou seja, o indivíduo age de maneira ativa no reposicionamento e melhora a consciência corporal. Tal decisão foi tomada devido aos estudos da técnica de correção postural 3D Schroth, desenvolvida por Katharina Schroth, que, segundo Berdishevsky *et al.* (2016), consiste em determinados exercícios que são realizados pelo paciente com auxílio de um fisioterapeuta para a correção dos desvios da coluna vertebral. Tais exercícios posteriormente são replicados no cotidiano pelo próprio indivíduo para realizar a autocorreção.

A Figura 25 ilustra uma paciente com escoliose, na posição sentada realizando autocorreção baseada na técnica Schroth. Segundo Berdishevsky *et al.* (2016, p. 12), “A principal vantagem deste programa reside na sua aplicação à atividade diária normal para o objetivo de alterar o carregamento assimétrico no corpo a fim de diminuir a progressão e a dor”.

Figura 25 – Exemplo de autocorreção da coluna vertebral



Fonte: Berdishevsky *et al.*, 2016, p. 12.

Bennett (1928), em seus estudos, realizou comparações entre várias formas de contornos para o assento, a exemplo: em forma de sela, moldes em conformidade com as nádegas e aqueles inclinados na porção posterior. O pesquisador concluiu que as tentativas de conformação não foram bem-sucedidas, portanto, a superfície ótima para o assento foi a plana. Deste modo, optou-se por esse formato plano para a base do assento nessa pesquisa.

3.1.3.1 Especificação dos sensores do assento

Com o objetivo de mapear a distribuição de pressão gerada pelo corpo do usuário sobre o assento da cadeira, e posteriormente informá-lo sobre esses dados para que o mesmo se reposicione de modo correto, foi realizado o estudo de sensores aptos para este fim. Costa (2017), afirma que em um sistema de aquisição de sinais a escolha do sensor correto depende dos fenômenos que serão medidos, além de ser importante para a obtenção dos resultados com a precisão almejada.

Portanto, realizou-se uma busca sobre sensores de pressão analógicos. Thomazini e Albuquerque (2004), afirmam que os mais utilizados são do tipo de sensores de pressão analógicos são: transdutores de pressão piezoelétricos e piezoresistivos (baseado em células de carga, *i.e.*, *strain-gauges* colocados sobre estruturas diafragmas), além de sensores de pressão ópticos e capacitivos.

Apesar de ser uma opção, o *strain-gauge* não foi o sensor selecionado para este projeto e sim o FSR. Fatores característicos ao *strain-gauge* como: custo, dificuldade de montagem, e preparação do sensor sobre o elemento que sofrerá deformação (assento da cadeira), ser um sensor com sensibilidade muito baixa e o fato de esse sensor fornecer uma medição indireta, na qual a deformação que gera a relação com a força, foram fatores decisivos para se optar pelo FSR.

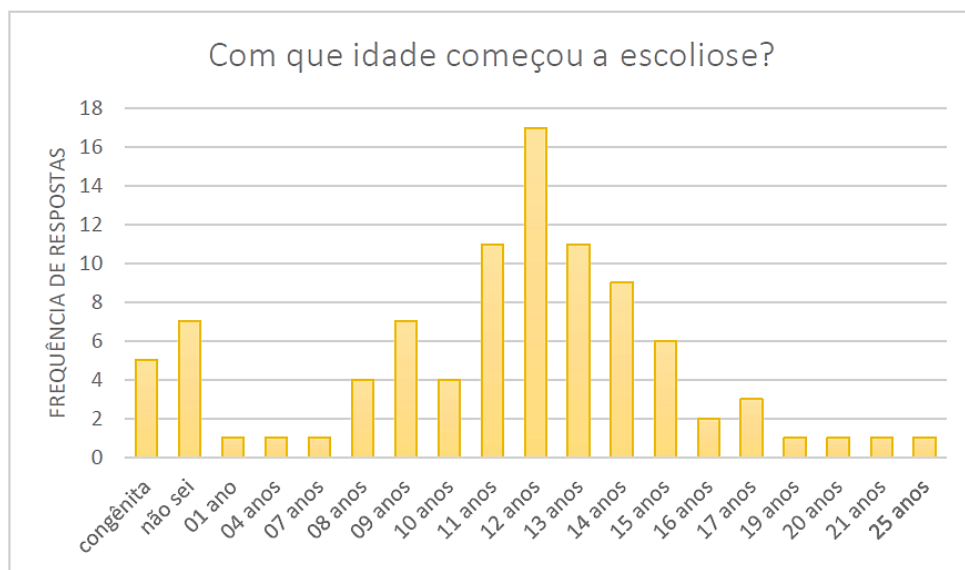
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados os produtos desta investigação e estes são discutidos.

4.1 Análise de dados dos questionários

Para o questionário 1houve o total de 94 respondentes, com idade entre 13 e 52 anos; sendo que a maior parte possuía idade entre 20 e 30 anos. Desses 94, apenas um indivíduo não possuía escoliose, mas este foi incluído na pesquisa, pois possuía apenas cifose, uma patologia que também gera anatomia diferenciada no tronco. Em relação à idade de início da escoliose, observou-se que a maioria das respostas citou o início da puberdade (11 a 15 anos) como data de início da afecção, conforme a Figura 26.

Figura 26 – Com que idade começou a escoliose?



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Os exames e laudos para identificação da escoliose mais citados foram o raio-x e a ressonância magnética, sendo o raio-x o padrão ouro para diagnóstico de desvios posturais (Mac-Thiong *et al.*, 2007; Campbell-Kyureghyan *et al.*, 2005). Quando perguntados sobre já ter feito cirurgia na coluna, apenas 44,7% responderam que sim, conforme a Figura 27. Porém ao serem questionados sobre ter feito algum tratamento para a escoliose, a maioria (74,5%) informou que sim (FIGURA 28), evidenciando a existência de outras formas de se tratar a escoliose para além da cirurgia. Na pergunta sobre os tipos de tratamentos, os indivíduos citaram: fisioterapia, reestruturação postural global (RPG), pilates, natação, colete (Boston,

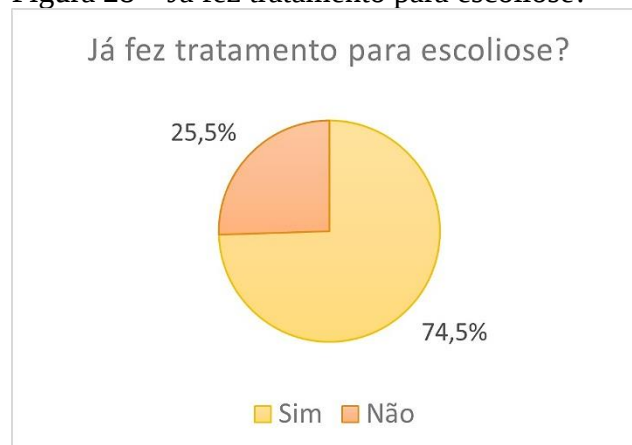
3D e Milwaukee), quiropraxia, cirurgia, liberação miofascial, hidroginástica, hidroterapia, acupuntura, método Mackenzie e medicamentos.

Figura 27 – Já fez cirurgia?



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

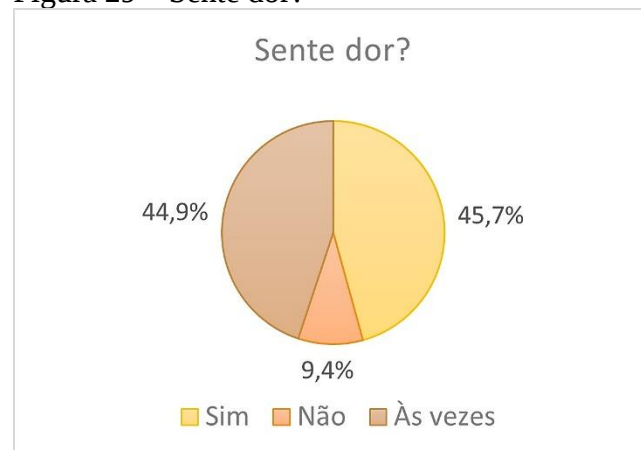
Figura 28 – Já fez tratamento para escoliose?



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Quanto à presença ou ausência de dor nessa população, 45,7% respondentes informaram que sente dor, 44,9% disseram que às vezes sentem, e apenas 9,4% não eram afetados pela dor, conforme mostra a Figura 29. Esses dados deixam em evidência que há a convivência com a dor no cotidiano da maioria desses indivíduos. De acordo com Iida e Buarque (2016), a dor surge devido ao acúmulo dos subprodutos do metabolismo no interior dos músculos. Ocorre principalmente em atividades estáticas, pois essas prejudicam a circulação sanguínea nos vasos periféricos.

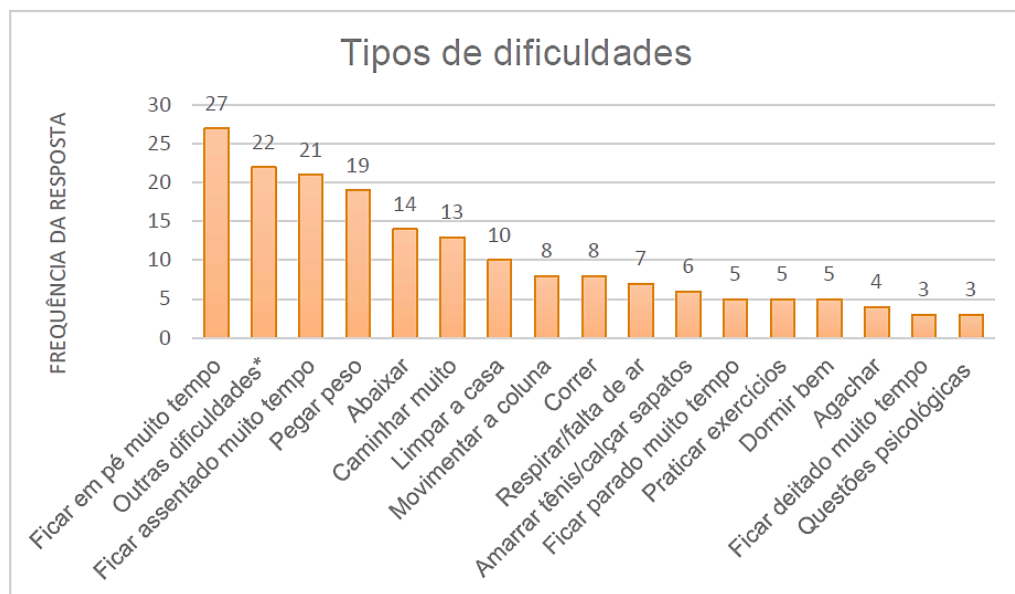
Figura 29 – Sente dor?



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

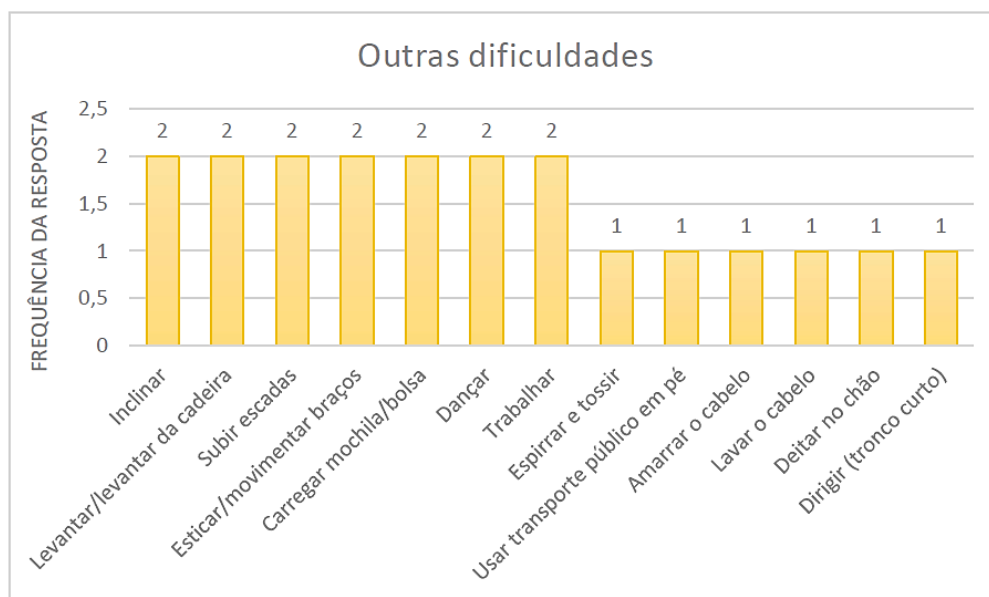
De modo a entender um pouco mais como a escoliose afeta o cotidiano dos respondentes, perguntou-se quais eram as dificuldades e/ou limitações no dia a dia daqueles indivíduos. Nessa pergunta, deixou-se espaço livre para os respondentes citarem mais de uma limitação ou dificuldade, caso houvesse, sendo assim distribuídas conforme as Figura 30 e Figura 31.

Figura 30 – Tipos de dificuldades



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Figura 31 – Outras dificuldades



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

A partir dos dados das Figura 30 e Figura 31, percebeu-se que atividades cotidianas consideradas simples para uma pessoa típica podem ser vistas como difíceis por indivíduos com escoliose. A título de ilustração, um mesmo respondente evidenciou dificuldades: “para dirigir devido tamanho do tórax que comprometido pelo desvio da coluna, para dormir, pois não dá para ‘ficar reto’ na cama e para assentar, porque não dá para encostar as costas na cadeira, visto que a coluna é torta”.

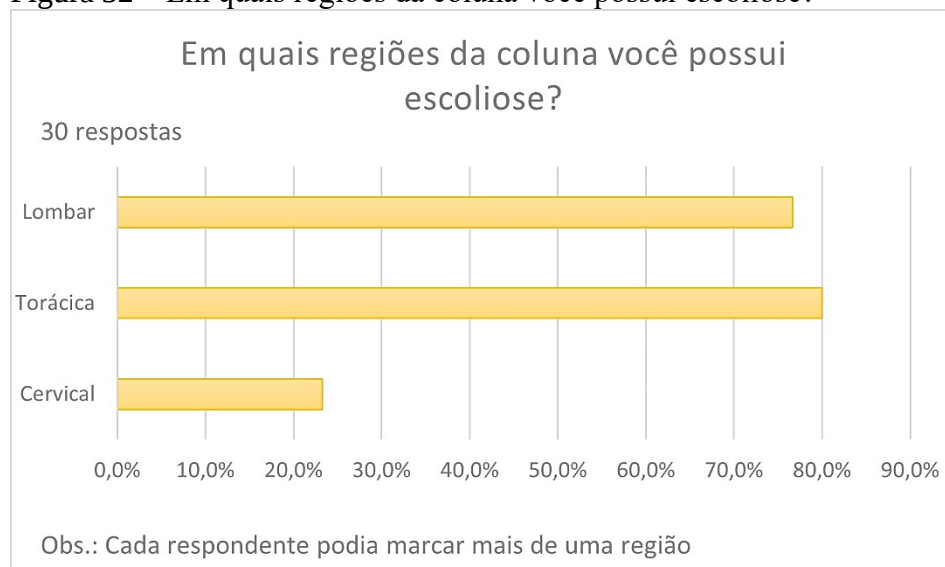
Inferiu-se também, por meio da análise das duas figuras anteriores, a importância do desenvolvimento de TAs que possam promover a melhoria da qualidade de vida dessa população, de modo a auxiliar em tarefas e aumentar ao máximo sua independência. Permanecer de pé e assentado por muito tempo foram dificuldades bastante citadas (48 vezes) pelos respondentes. Evidenciou-se assim, a relevância dessa pesquisa de mestrado, porque quando o indivíduo se cansa e/ou tem dificuldade de permanecer em ortostatismo, esse se assenta ou se deita. Porquanto, os assentos e demais superfícies devem fornecer a diminuição desse desconforto; essa premissa é o objetivo central desta dissertação.

Ao final das perguntas do questionário 1, havia a possibilidade de o respondente fornecer o contato de e-mail para prosseguir na participação da pesquisa. Formulou-se um segundo questionário que foi enviado para referidos e-mails; obtiveram-se 30 respostas, mas como era um questionário mais específico não foram colocadas perguntas obrigatórias. Logo, nos gráficos a seguir será observada a variação no número de respostas para cada pergunta.

Optou-se por esta estratégia, pois caso o respondente não se sentisse à vontade para responder determinada pergunta, poderia enviar o questionário apenas com as demais perguntas. Esse segundo contato serviu para entender mais especificamente o perfil dos respondentes em relação à escoliose e incluir perguntas mais dirigidas, de modo a auxiliar no desenvolvimento do mobiliário.

Perguntados sobre as regiões da coluna em que possuíam escoliose, a maioria dos respondentes (80,0%) citou a região torácica, conforme Figura 32, demonstrando que o encosto de cadeiras nessa região deve receber atenção especial ao se desenvolver um produto para essa população.

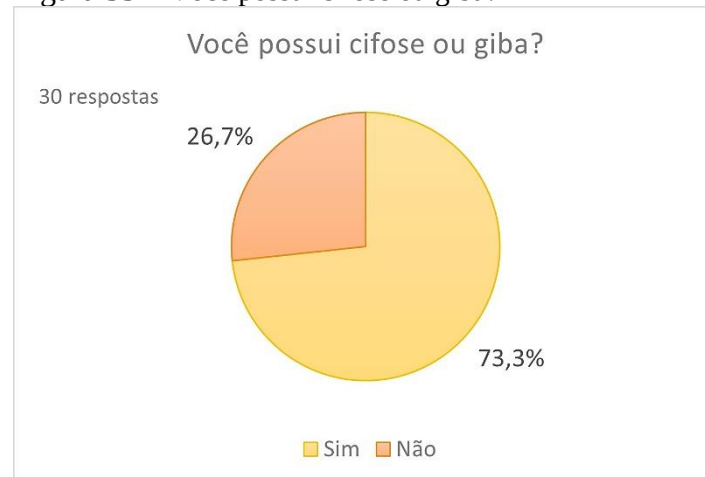
Figura 32 – Em quais regiões da coluna você possui escoliose?



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Sobre possuir cifose ou giba, a maioria (73,3%) informou que sim, e 26,7% disseram que não, conforme Figura 33. Esses dados reforçam a necessidade de mobiliários que sejam confortáveis para esses indivíduos, já que essa condição gera deformidade no tronco.

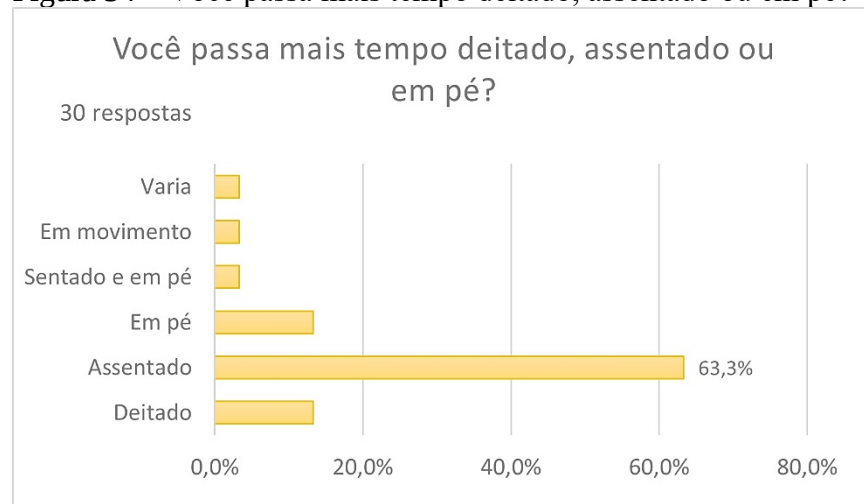
Figura 33 – Você possui cifose ou giba?



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Ao serem questionados sobre a posição em que passam mais tempo, a maioria (63,3%) respondeu que permanece assentada (FIGURA 34). Esse fato justifica a relevância dessa pesquisa, visto que se almeja a criação de uma cadeira na qual pessoas com escoliose possam permanecer assentadas sem sentir desconforto.

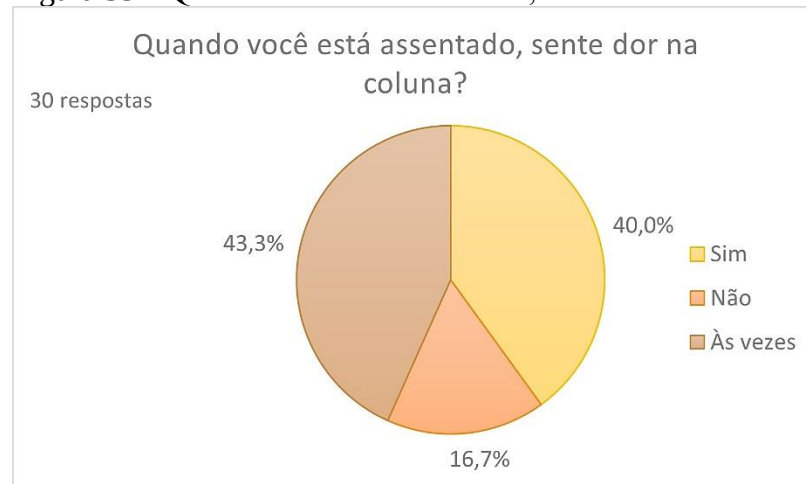
Figura 34 – Você passa mais tempo deitado, assentado ou em pé?



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Para a pergunta "Quando você está assentado, sente dor na coluna?", apenas 16,7% mencionaram não sentir dor (FIGURA 35); essa percentagem elucida que a maioria dessa população (83,3%) sofre enquanto permanece assentado. Portanto, há de fato a necessidade de se melhorar o tipo de mobiliário à disposição no mercado.

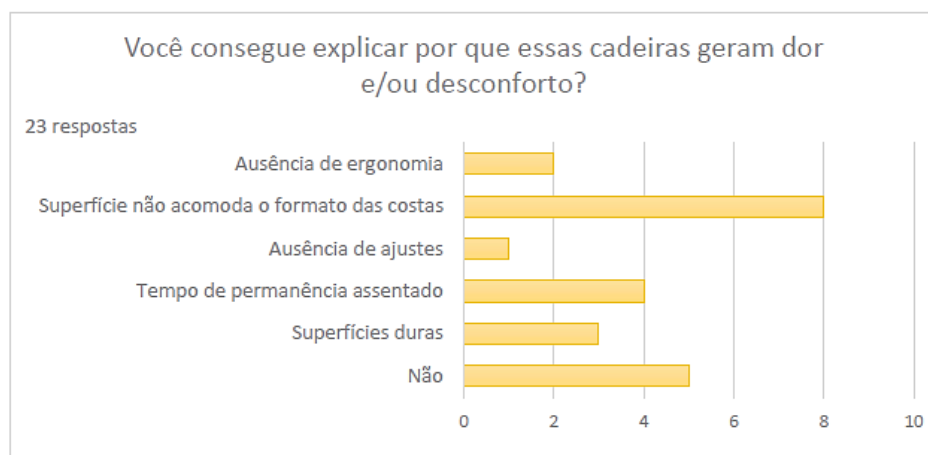
Figura 35 – Quando você está assentado, sente dor na coluna?



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Em relação aos principais motivos dessas cadeiras gerarem dor aos respondentes, notou-se que não conseguir acomodar o formato das costas à superfície da cadeira foi citado por 8 indivíduos (FIGURA 36). Referido fator reforça a necessidade de haver atenção ao projeto do encosto de modo que esse possa permitir adequado apoio para o usuário.

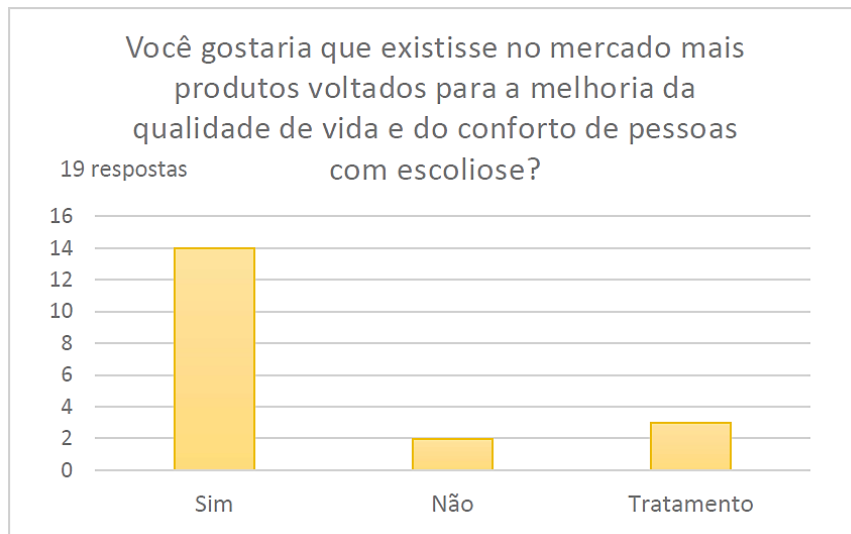
Figura 36 – Você consegue explicar por que essas cadeiras geram dor e/ou desconforto?



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Por fim, ao questionar se “Você gostaria que existisse no mercado mais produtos voltados para a melhoria de vida e do conforto de pessoas com escoliose?”, a maioria dos respondentes (14) informou que sim (FIGURA 37), sendo esse um possível indicador da aceitação do produto no mercado. Reforça-se que não há foco em produção para o mercado nesse trabalho; esta última pergunta feita apenas para reiterar a relevância dessa pesquisa.

Figura 37 – Você gostaria que existisse no mercado mais produtos voltados para a melhoria da qualidade de vida e do conforto de pessoas com escoliose?



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

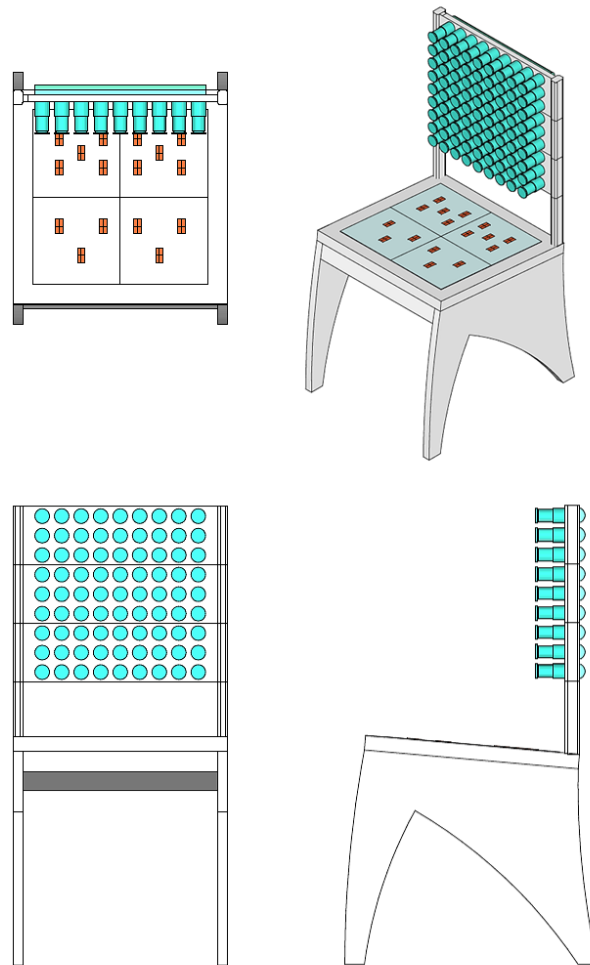
4.2 A cadeira inteligente

Le Corbusier, arquiteto modernista, citado por Wilhide (2011), definiu a cadeira como “uma máquina de sentar”. Além disso, os pesquisadores Baranoski e Ayello (2006), afirmaram que uma boa combinação entre as necessidades do indivíduo e as capacidades de desempenho de uma superfície de apoio geram um impacto favorável na melhoria da saúde.

Prestes (2011), afirma que pessoas com deficiências que possuem algum tipo de alteração postural ou que tem anatomia diferenciada possuem grande dificuldade em encontrar no mercado opções de TA que as atendam de maneira satisfatória.

Aliado a tais premissas, gerou-se nessa pesquisa um projeto conceitual de uma “máquina de sentar” denominada “cadeira inteligente Salvia” (FIGURA 38) destinada melhorar o conforto e diminuir a dor de pessoas com cifo escoliose. O nome dado à cadeira inteligente é em homenagem à Salvina Machado Costa, minha avó. Ressalta-se que todas as medidas e angulações de referida cadeira seguiram as normas e recomendações citadas no capítulo 3.

Figura 38 – Vistas projeto conceitual cadeira inteligente Salvia
- sem estofamento e acabamento



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

4.3 Desenvolvimento do sistema de encosto

A seguir serão apresentados os elementos do encosto da cadeira.

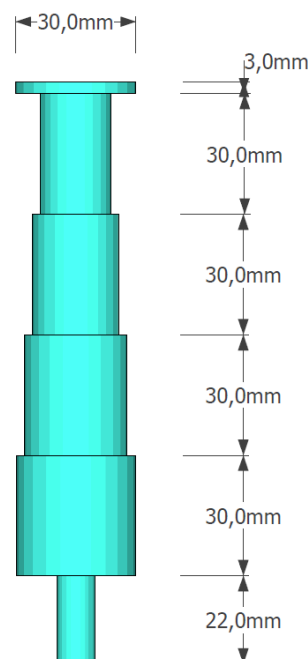
4.3.1 Definição dos atuadores

A maioria dos dispositivos de adequação postural é confeccionada em tamanhos específicos. Este fato obriga às pessoas que possuem anatomia diferenciada a se adaptar. Entretanto, muitas vezes apenas pequenas regiões do corpo desses indivíduos realmente se apoiam nesses assentos e encostos. Logo, a criação de assentos e encostos que se adéquem à anatomia do usuário é importante para prevenir lesões teciduais e problemas relacionados à

biomecânica da coluna vertebral (Prestes, 2011). Diante desse cenário, projetou-se um encosto que se adéqua ao usuário com cifoescoliose.

Foram projetados atuadores telescópicos hidráulicos. O princípio de funcionamento desses elementos, como é sabido, é a Lei de Pascal. São todos semelhantes e possuem 3 estágios, conforme a Figura 39. Decidiu-se por subdividir a haste em 3 estágios tubulares, com 90mm de variabilidade total, que provê um curso longo com uma camisa curta na retração de cada atuador. Esse arranjo permite maior flexibilidade da superfície do encosto de acordo com a forma das costas de cada usuário. Quando há deformidades severas são necessárias superfícies que acomodem a giba ou a cifose a fim de minimizar os pontos de concentração de pressão e dessa forma evitar dores localizadas.

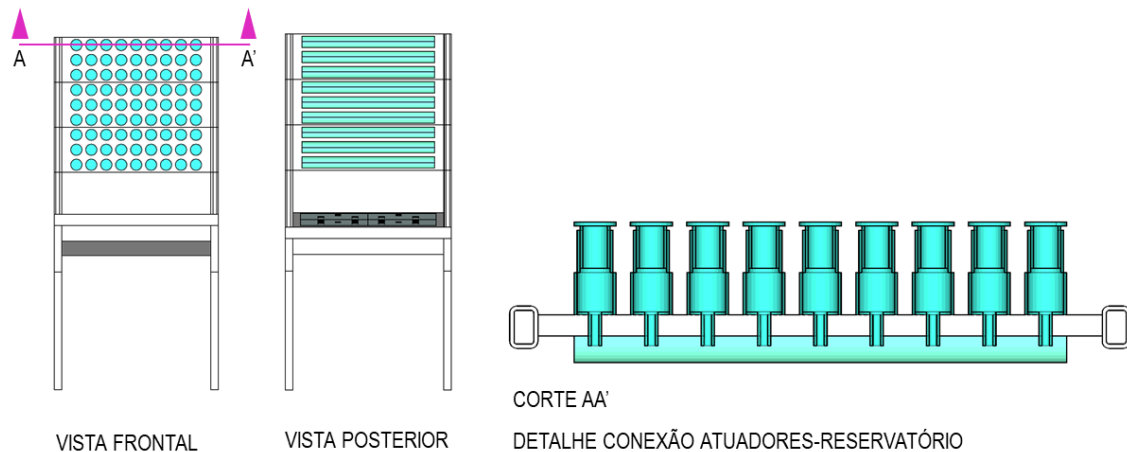
Figura 39 – Cilindro telescópico em seu curso máximo



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Os atuadores foram distribuídos com igual espaçamento entre as linhas horizontais. Optou-se por linhas horizontais para evitar a influência da altura na resposta dos atuadores e pelo fato que a coluna vertebral gera um perfil de anatomia diferenciada variável no sentido vertical. Em cada linha encontram-se 9 atuadores, que se interligam por meio de um reservatório localizado na parte posterior do respaldo (Figura 40).

Figura 40 – Conexões atuadores-reservatório

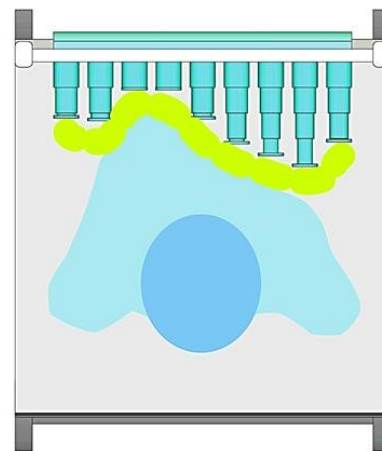


Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

A Lei de Pascal afirma que “o peso de um corpo sobre uma estrutura fluida faz com que a pressão exercida seja distribuída igualmente por toda a sua superfície de contato” (Kochhann *et al.*, 2004 *apud* Prestes, 2011, p. 35). Sabe-se que quanto maior o contato do indivíduo com o encosto, maior o conforto e menor a pressão aplicada sobre as proeminências ósseas (O’sullivan; Schimitz, 2004).

Os atuadores têm o tamanho de curso alterado conforme o usuário se assenta. Quando há uma superfície com gibosidade, ou qualquer outra saliência nas costas do usuário, essa aplica uma pressão no atuador mais próximo, que recua seu curso. Tal pressão é transformada em trabalho e gera o avanço de curso dos atuadores próximos a esse para acomodar as superfícies menos salientes. O que proporciona um encosto capaz de acomodar troncos com deformações de maneira confortável, já que os pontos de concentração de tensão ao longo do respaldo são minimizados (FIGURA 41).

Figura 41 – Vista superior do encosto com acomodação da deformidade



VISTA SUPERIOR COM USUÁRIO

■ Estofamento
30mm

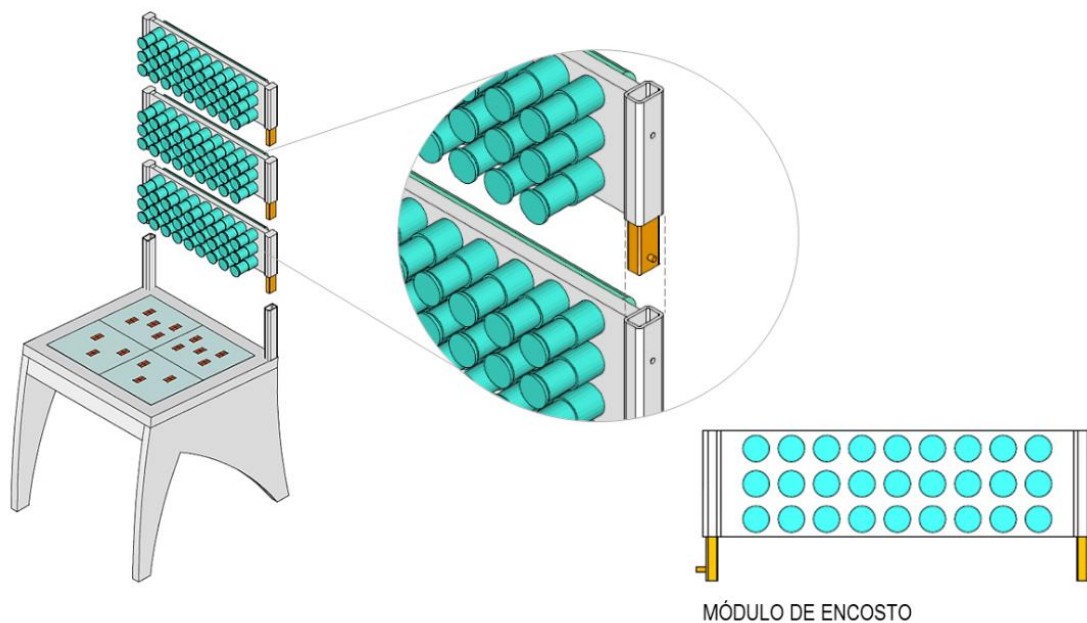
Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Dicianno *et al.* (2009) afirma que o único modo eficaz de se assentar de modo funcional e produtivo por longo tempo é realizar constantes mudanças de posição. A solução projetual aqui apresentada permite ao usuário mudanças de posição e com isso o rearranjo da superfície do encosto, atendendo as premissas de conforto. A escolha por esse sistema hidráulico se deveu ao fato desse ser independente de fontes de energia elétrica ou baterias, e desse modo gerar um produto mais acessível economicamente e menos impactante ao meio ambiente.

4.3.2 Definição do sistema de encaixe por módulos

Como é sabido, a cifoescoliose gera deformidades no tronco conforme a sua severidade. As normas de referência citadas nessa pesquisa determinam medidas mínimas e máximas para a altura do encosto de cadeiras. Entretanto, alguns indivíduos com cifoescoliose possuem redução na altura do tronco enquanto outros, com menor grau de severidade da patologia não são tão afetados quanto a esse quesito. Desse modo, decidiu-se por fornecer ao usuário o encosto modular, que pode receber a quantidade de módulos conforme a altura do tronco do usuário (FIGURA 42 e FIGURA 43).

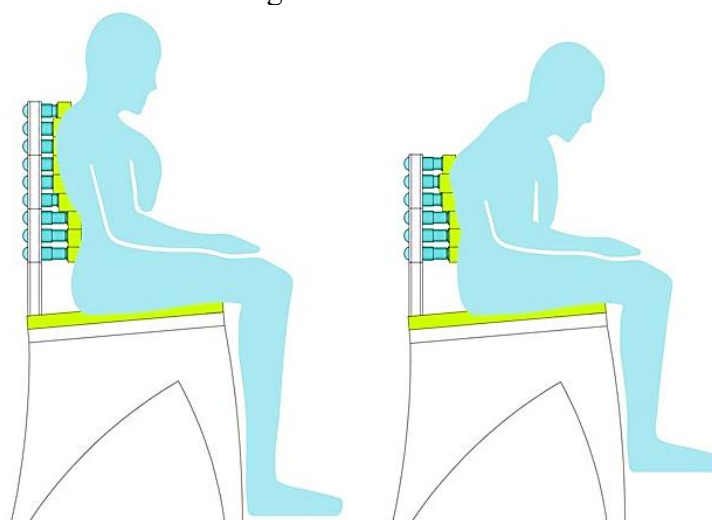
Figura 42 – Detalhe do encaixe entre módulos



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Essa solução projetual permite atender a uma gama maior de indivíduos com um mesmo produto, o que demonstra sua versatilidade. Entretanto, notou-se que pessoas mais baixas podem não se adaptar à altura do assento da cadeira, conforme Figura 43. Portanto, faz-se necessário repensar também como proporcionar variabilidade na altura do assento para atender de modo satisfatório os usuários de menor estatura.

Figura 43 – Cadeira inteligente Salvia com 3 módulos de encosto e com 2 módulos



■ Estofamento
30mm

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

4.4 Desenvolvimento do sistema de assento

O próximo tópico detalha o desenvolvimento do assento da cadeira.

4.4.1 Localização dos sensores

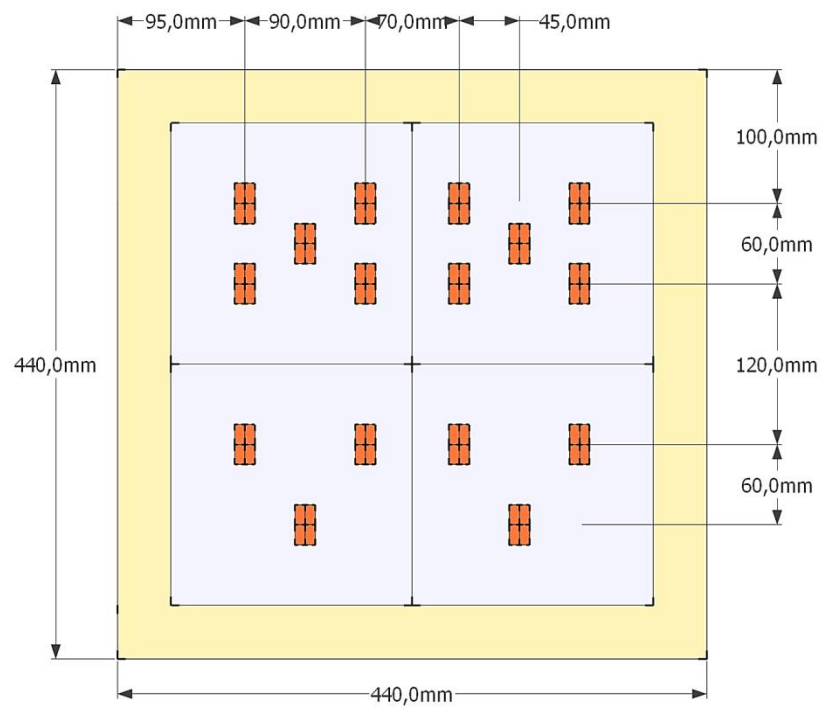
Sabe-se que o posicionamento correto da pelve é fundamental para se obter uma postura sentada adequada, deve-se, porém, respeitar os limites das alterações posturais musculoesqueléticas já existentes no indivíduo (Cooper, 1998). Segundo Burns (1999), para haver uma melhor distribuição do peso sobre os ísquios durante a postura sentada a pelve deve estar na linha média, a fim de evitar inclinações e rotações do tronco. A intenção de alinhar ao máximo possível a região pélvica advém do fato que, as alterações biomecânicas nessa região provocam compensações em outras partes do corpo (Bracciali *et al.*, 2008).

A fim de se mensurar a distribuição de pressão no assento, projetou-se o assento com sensores de pressão. A base do assento é composta por uma chapa plana. Sobre essa chapa estão fixados os 16 sensores de pressão analógicos. Abaixo, nota-se a distribuição final desses sensores sobre o assento (FIGURA 44). Esse posicionamento foi pensado para a captação da pressão gerada pela região pélvica do usuário sobre o assento.

Conforme se percebe na Figura 45, concentraram-se mais sensores (dez) na parte posterior do assento, pois é a região na qual há maior probabilidade de posicionamento dos ísquios, já citados anteriormente como pontos de maior concentração de pressão na posição sentada. Nos quadrantes anteriores do assento também foram inseridos sensores (seis) para captar a pressão gerada pelas pernas do usuário.

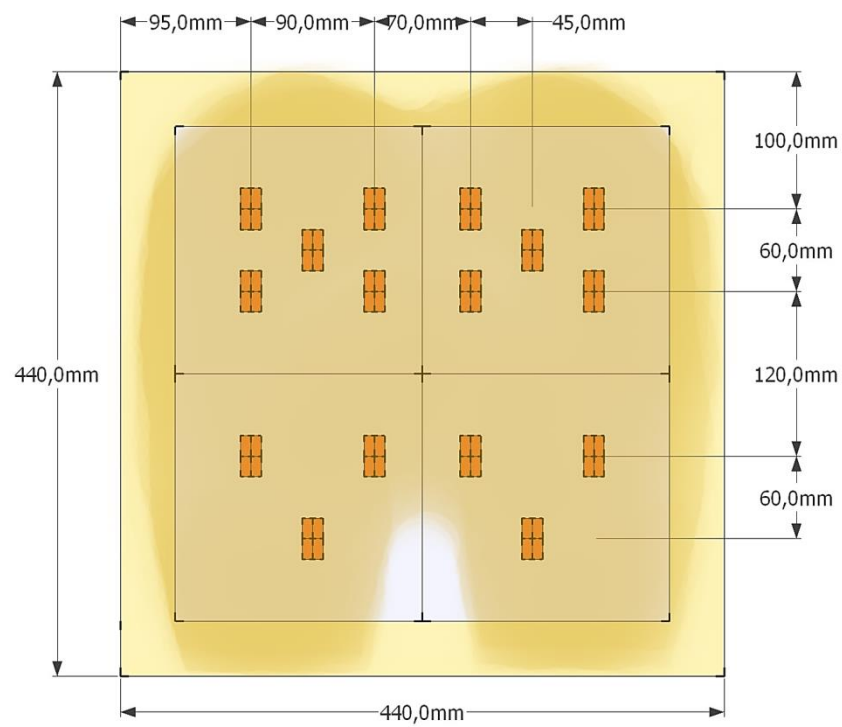
Desse modo, almeja-se uma leitura global capaz de detectar desequilíbrios na distribuição de pressão na região pélvica e informar ao usuário, para que esse possa realizar as correções posturais conforme as recomendações da técnica de correção postural 3D Schroth.

Figura 44 – Vista superior da distribuição dos sensores FSR no assento



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Figura 45 – Vista superior do assento com projeção de usuário assentado



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

De acordo com Buchanan e Horak (2003), sabe-se que nenhum indivíduo possui lados simétricos, sendo o lado direito apenas similar ao esquerdo. Considerando essa premissa, espera-se que o usuário tenha uma melhora progressiva na distribuição de massa na posição sentada e em seu equilíbrio.

Todavia, é importante ressaltar que a distribuição 50% para o lado direito e 50% para o lado esquerdo seria o ideal, mas nem sempre será alcançada, principalmente pelos usuários com patologias na coluna vertebral que já se encontram fixas. A intenção principal dessa leitura é informar ao usuário a sua percentagem de distribuição em cada região do assento e com isso, orientá-lo para que esse possa se reposicionar, almejando sempre a distribuição de 50% para cada lado.

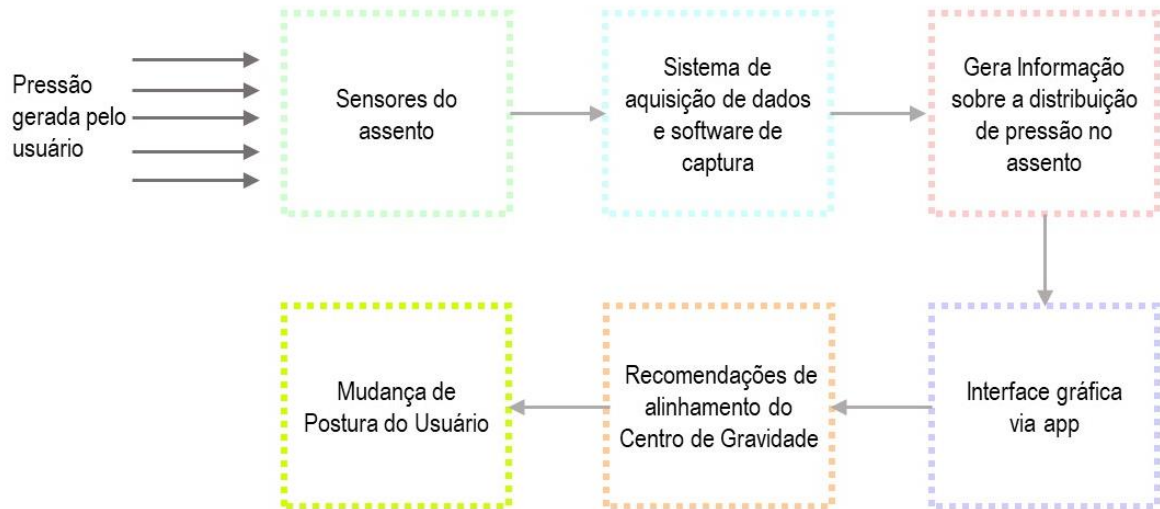
Desse modo, a cadeira inteligente Salvia, além de ser uma TA, também funciona como um recurso terapêutico, pois ajuda o usuário a equilibrar seu centro de gravidade no plano sagital (plano que divide o corpo humano em lado direito e esquerdo), ao informá-lo da sua distribuição de modo periódico, já que a posição sentada é dinâmica.

4.4.2 *Interação com o usuário*

O fluxograma do sistema eletrônico do assento pode ser ilustrado pela Figura 46. Os sensores FSR captam a pressão gerada pelo usuário em cada quadrante e o sistema de aquisição de dados interpreta a distribuição de pressão e envia ao usuário, por meio de um aplicativo. As recomendações para o alinhamento do centro de gravidade são exibidas em um aplicativo a ser desenvolvido futuramente, que poderá ser usado em celulares, *tablets* ou computadores, contento imagens sugerindo a direção na qual o usuário deve redistribuir sua massa e assim alterar sua postura. Após determinado tempo é feita uma nova leitura e o ciclo recomeça.

Esse sistema é benéfico para o usuário, pois o estimula a criar uma maior consciência corporal, que o auxiliará a se sentar de modo mais adequado à sua biomecânica corporal quando estiver usando outras cadeiras. Cabe ressaltar que o tempo entre as leituras e comunicações com usuário não foi definido nesta pesquisa, porque requer estudos mais aprofundados para sua definição precisa.

Figura 46 – Fluxograma do sistema eletrônico do assento - exemplo de um ciclo

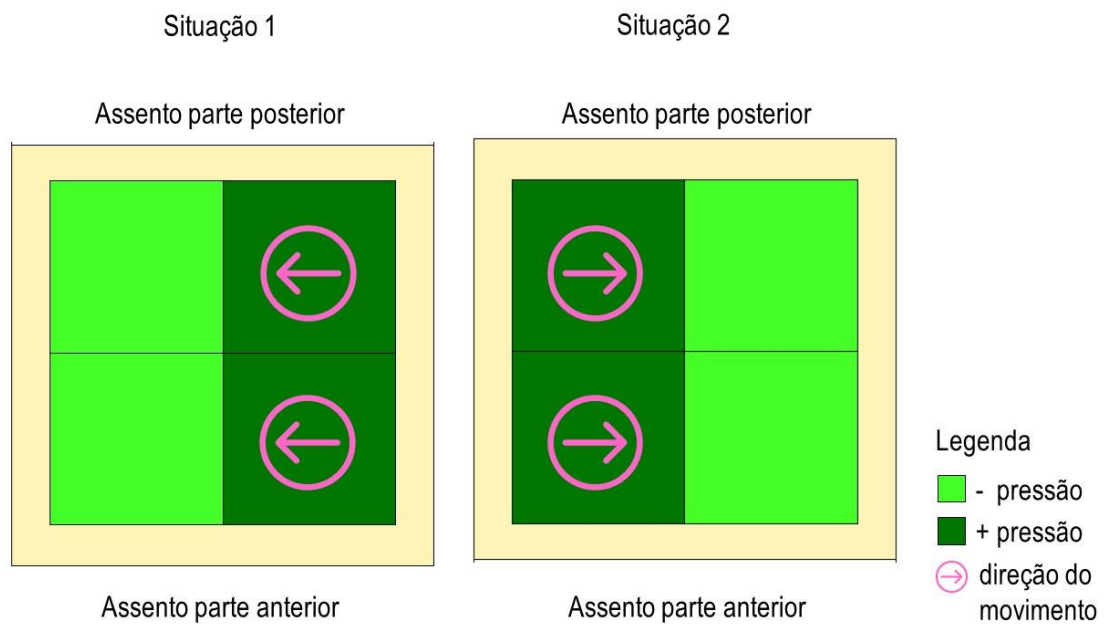


Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Podem-se visualizar (Figura 47) as duas situações principais que podem existir quando o usuário está assentado. Na situação 1, percebe-se maior concentração de pressão nos quadrantes do lado direito (cor verde escuro). Logo, o aplicativo sugere ao usuário uma redistribuição da massa, feita por meio de mudança na posição enquanto assentado. O sentido da redistribuição de massa é indicado pelas setas na cor de rosa (sentido da direita para esquerda), visando o equilíbrio na distribuição de pressão em toda a região do assento.

Na Situação 2 nota-se maior concentração de pressão dos quadrantes da porção esquerda (cor verde escuro). Logo, o aplicativo faz a sugestão de redistribuir a massa do usuário no sentido indicado pelas setas cor de rosa (sentido da esquerda para a direita), também almejando o equilíbrio na distribuição de pressão. Deve-se lembrar que se faz necessário o acompanhamento periódico de um fisioterapeuta para avaliar a interação do usuário com essa TA.

Figura 47 – Direções de movimento conforme distribuição de pressão no assento



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

4.5 Estofamento e acabamento

Essa pesquisa não teve foco na definição de estofamentos e acabamentos, mas sim nas estruturas essenciais para a promoção da melhoria do conforto para o indivíduo com escoliose. Entretanto, algumas premissas devem ser respeitadas.

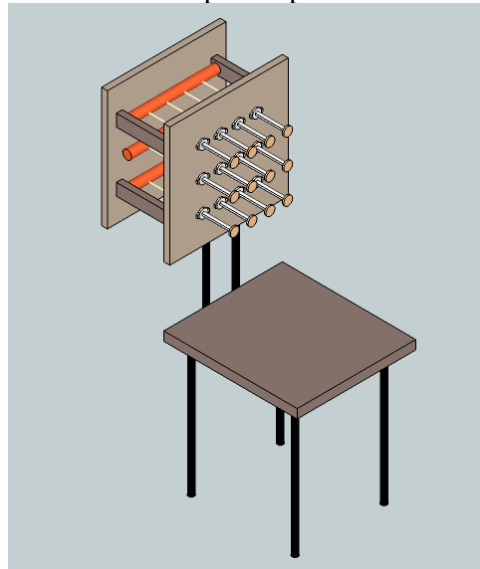
Segundo Iida e Buarque (2016), um estofamento de pouca espessura, cerca de 20 a 30 mm, inserido sobre uma base rígida, auxilia na distribuição de pressão e gera maior estabilidade ao indivíduo. Tal estofamento contribui para diminuir o desconforto e fadiga ao se assentar. Todavia, estofamentos maiores que 30 mm de espessura não melhoram o conforto, podem até mesmo prejudicar a usabilidade do assento.

Com relação ao material de acabamento, sabe-se que esse deve ser antiderrapante e ser capaz de dissipar calor e o suor gerados pelo usuário do mobiliário. Portanto, materiais plásticos e impermeáveis não devem ser utilizados (Iida; Buarque, 2016; Trombly; Radomsky, 2005).

4.6 Protótipo funcional do encosto

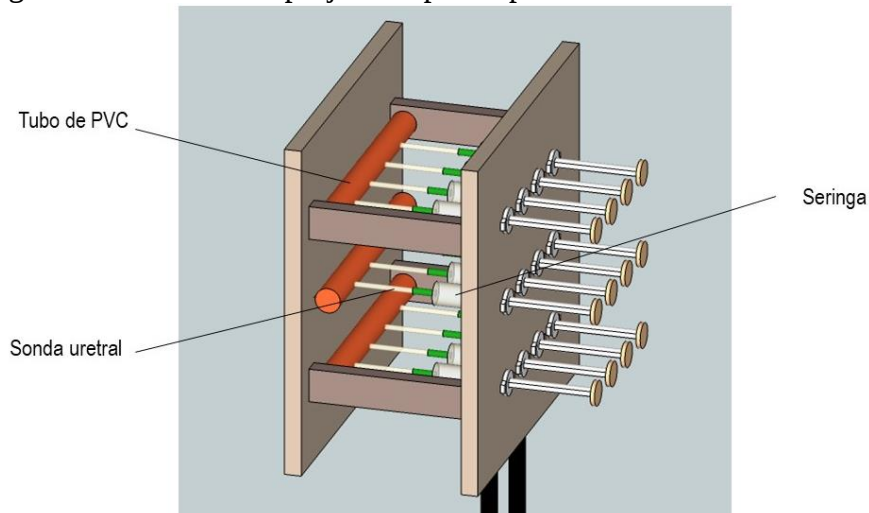
A fim de se testar a funcionalidade do “sistema hidráulico fechado”, foi elaborado o projeto de um protótipo do encosto, representado pelas Figura 48 e Figura 49. Ressalta-se que no projeto conceitual da cadeira inteligente Salvia foram selecionados atuadores hidráulicos telescópicos. Contudo, para facilitar a confecção do protótipo, utilizaram-se seringas, criando um sistema de atuadores lineares hidráulicos, que apresentam características semelhantes de funcionamento hidráulico em relação aos atuadores telescópicos, respeitando a Lei de Pascal.

Figura 48 – Vista isométrica do projeto do protótipo de encosto



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Figura 49 – Detalhe do projeto do protótipo de encosto



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

A elaboração e montagem do protótipo de encosto foram realizadas no Laboratório de Bioengenharia (LabBio) do departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com auxílio dos alunos de iniciação científica voluntária.

Para a montagem do encosto foram utilizados: duas chapas de madeira de 400mmx400mm, quatro pedaços de ripa de 200 mm, três pedaços de tubo de policloreto de vinila (PVC) de ½ polegada com 280mm de comprimento, seis tampões para esse tipo de tubo, seis abraçadeiras de alumínio, 12 sondas uretrais nº 12 com 45mm de diâmetro, 12 seringas de 20ml, fita isolante, cola para PVC, caneta permanente preta, cola quente e água potável.

Utilizaram-se tubos PVC para confeccionar os reservatórios horizontais de água. Para a realização dos furos nos tubos, inicialmente houve a marcação dos eixos de furação com uma caneta permanente preta. Em cada cano foram feitas quatro marcações equidistantes entre si, havendo 50mm de distância entre as mais externas e as bordas do cano. Para a realização dos furos, utilizou-se inicialmente uma ferramenta de punção sobre as marcações. Em seguida, utilizou-se uma furadeira; primeiramente usando uma broca de 1,5 mm de diâmetro, em seguida uma de 3 mm e por fim uma de 4,5 mm.

Após essa etapa, as sondas uretrais tiveram uma de suas extremidades cortadas de modo a possuir 100 mm de comprimento final. Então, essas extremidades foram conectadas aos furos, foi passada cola para PVC, esperou-se 1 dia para secagem e reforçou-se a vedação com fita isolante. Em seguida, os tampões foram encaixados nas extremidades dos tubos sem necessidade de cola, devido ao encaixe justo e sem vazamentos.

Posteriormente, foram feitas marcações nas duas chapas de madeira. Na chapa posterior definiram-se três linhas equidistantes e paralelas entre si para receberem os tubos, que foram fixados por meio de abraçadeiras, uma em cada extremidade de cada tubo. Na chapa anterior, foram feitas marcações de uma malha ortogonal para definição dos furos que receberam as seringas.

Os furos foram realizados com uma serra-copo acoplada a uma furadeira de bancada. Foram feitos 12 furos de 45 mm de diâmetro, sendo distribuídos em 3 linhas com 4 furos equidistantes entre si em cada linha. Os furos receberam as seringas, que foram fixadas à chapa de madeira com cola quente. A seguir, realizou-se a fixação das ripas nas duas chapas de madeira, de modo a criar um sistema estável, que foi fixado a uma estrutura de carteira escolar. Então, conectaram-se as extremidades verdes das sondas aos bicos das seringas, conforme Figura 50.

Figura 50 – Vista superior do protótipo de encosto



Fonte: Fotografia da autora, 2021.

Para preencher o sistema com água, colocou-se a cadeira com o encosto em posição horizontal, de modo que as seringas permanecessem com os bocais voltados para cima. Na primeira linha de seringas, foram encaixados 3 êmbolos em 3 seringas, de modo a não haver ar no interior das mesmas. Foi versada água do interior da seringa aberta até atingir sua borda; posteriormente, puxou-se o êmbolo mais distante dessa seringa, até enchê-la pela metade (10 ml).

A seguir, novamente se preencheu a seringa aberta e refizeram-se os passos anteriores nas duas seringas. Por fim, foram vertidos 10 ml de água na seringa aberta, que foi fechada com seu êmbolo. Esse processo de enchimento das seringas foi repetido nas duas outras linhas de seringas. Posteriormente, a cadeira com o sistema de encosto foi colocada na posição vertical, estando pronta para o teste de usabilidade.

Testou-se a funcionalidade do protótipo quando um indivíduo do sexo feminino com cifoescoliose muito severa assentou-se na cadeira. Observou-se que o sistema hidráulico fechado, composto pelos êmbolos (que agiram como atuadores lineares) funcionou, garantindo acomodação ao tronco com deformidades do indivíduo, conforme Figura 51 e Figura 52.

Além disso, percebeu-se que, caso o indivíduo desejasse alterar a posição em relação ao encosto, este se readequava conforme os novos pontos de contato, avançando ou recuando os êmbolos de acordo com cada nova posição. Na Figura 53, nota-se a posição dos atuadores após o indivíduo ter se levantado, reforçando a ideia de dar apoio e sustentação ao tronco deformado pela cifoescoliose enquanto o indivíduo permaneceu assentado.

Figura 51 – Vista lateral do protótipo de encosto



Fonte: Fotografia da autora, 2021.

Figura 52 – Vista superior do protótipo de encosto



Fonte: Fotografia da autora, 2021.

Figura 53 – Vista dos atuadores após indivíduo ter se levantado



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Notou-se também um amortecimento na resposta dos atuadores. Entretanto, esse atraso não causou desconforto ao indivíduo. Todavia, se observou a necessidade de inserir mais atuadores no encosto, pois os 12 presentes no protótipo ficaram muito espaçados. Com mais atuadores, espera-se uma resposta do encosto mais bem distribuída, já que a resolução é maior; supõe-se, por conseguinte, que haja mais conforto. Logo, são necessários novos protótipos para testar essa hipótese.

4.7 Protótipo funcional do assento

Com relação ao protótipo do assento, foram feitos testes de bancada muito iniciais, principalmente para entender diferentes tipos de sensores, mas não se obteve um protótipo funcional. Sendo necessário o desenvolvimento de um protótipo com sensores do tipo FSR em trabalhos futuros.

5 CONCLUSÃO

O projeto conceitual da tecnologia assistiva intitulada “cadeira inteligente Salvia”, desenvolvida nesse trabalho teve como objetivo otimizar a postura sentada, melhorando o conforto e diminuindo as dores das pessoas com cifoescoliose.

A análise dos dados coletados por meio dos questionários reforça a relevância dessa pesquisa, pois constatou-se, por meio das respostas, a carência de TA destinadas às pessoas com patologias na coluna vertebral.

Nota-se que o projeto conceitual da cadeira inteligente Salvia seguiu as premissas levantadas na revisão bibliográfica, em relação às recomendações para o conforto e normas. Criou-se um encosto que proporciona apoio para a região costal de indivíduos com anatomia diferenciada, evitando concentrações de pressão em pequenas regiões, sendo esse um dos causadores de dor. Essa solução projetual também permite a alternância de posições do tronco, outro fator essencial para o conforto e a saúde do indivíduo, pois manter a mesma posição por longos períodos de tempo prejudica a circulação sanguínea.

A solução projetual para o assento da TA ainda necessita de aprofundamento quanto a interface com o usuário da cadeira, mas todo o desenvolvimento realizado nesta pesquisa se mostra coerente com as referências bibliográficas.

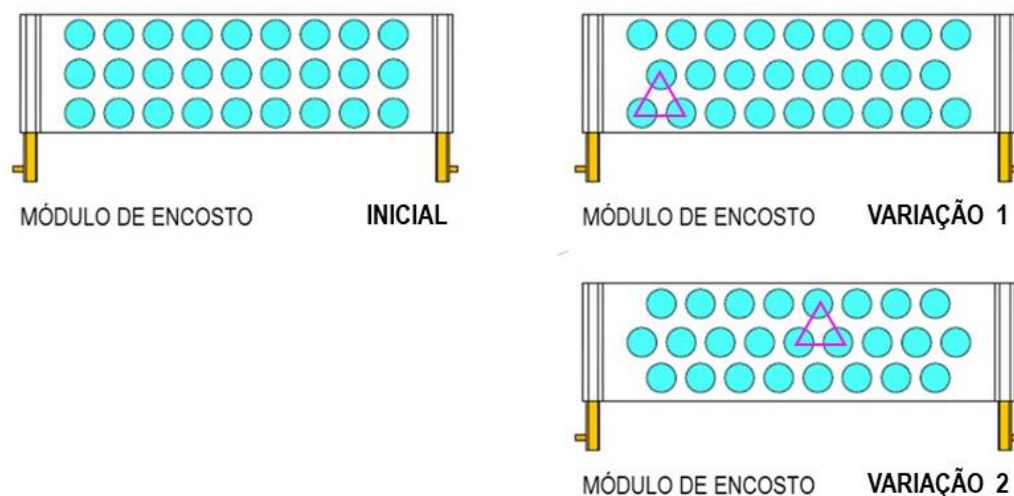
O protótipo confeccionado para o encosto demonstrou que o uso de atuadores hidráulicos no encosto é uma solução que possibilita a acomodação e a alteração da posição do usuário durante o teste, o que indica que o projeto conceitual tem condições de proporcionar conforto. São necessários novos protótipos mais elaborados para continuar as análises de usabilidade e eficácia do projeto.

Essa pesquisa, além do desenvolvimento científico no campo da engenharia também visou ampliar a equidade de uso de ambientes para pessoas com deficiência. Com o desenvolvimento dessa tecnologia assistiva, sob a forma de cadeira inteligente, mais pessoas conseguirão ser incluídas no meio acadêmico, profissional e cotidiano.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- a) Projetar apoia-braços reguláveis e reguladores de altura do assento no projeto;
- b) Incorporar apoio para os pés como objeto complementar para se obter conforto;
- c) Confeccionar um segundo protótipo com todo projeto conceitual, do assento e do encosto, para realizar a validação da proposta;
- d) Realizar testes sobre a leitura da distribuição de pressão no assento e a interação do usuário com essa informação e verificar se há melhoria/piora da curva escoliônica/cifoescoliônica e melhoria/piora da dor;
- e) Realizar testes com o encosto, comparando a solução apresentada com outros tipos de soluções para encosto em relação à melhora/piora da dor e do conforto dos usuários;
- f) Pensar no projeto com atuadores no assento para pessoas que possuem baixa mobilidade no tronco e ou doenças conjuntas à escoliose/cifoescoliose, a fim de se testar melhoria/piora no equilíbrio passivo da pelve.
- g) Realizar um novo layout dos atuadores do encosto, de modo a testar a melhor acomodação do tronco. Uma possível distribuição é intercalar o posicionamento dos atuadores de modo a criar uma triangulação. Nessa lógica, deve haver dois tipos de módulos do encosto, de modo a criar um encosto com uma sequência de encaixe para manter a triangulação.

Figura 54 – Variações de layout dos atuadores no módulo de encosto



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

7 REFERÊNCIAS

AMES, C. P. *et al.* Adult Spinal Deformity: Epidemiology, Health Impact, Evaluation, and Management. **Spine Deformity**, [S.l.:s.n.], v. 4, n. 4, p. 310-322, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA. **O que é Ergonomia**. In: _____. **Site Oficial ABERGO.ORG**. Rio de Janeiro: ABERGO, [2021]. Disponível em: <https://www.abergo.org.br/o-que-%C3%A9-ergonomia>. Acesso em: 17 abr. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13962:2018 - Versão Corrigida**: Móveis para escritório - Cadeiras - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BARANOSKI, S.; AYELLO, E. **O essencial sobre o tratamento de feridas**: Princípios Práticos. Loures: Lusodidacta. 2004. ISBN 9789728930035.

BENNETT, H. E. **School posture and seating**: a manual for teachers, physical directors and school officials. Boston: Ginn and Company. 1928. ISBN 978-9332858442.

BERDISHEVSKY, H. *et al.* Physiotherapy scoliosis-specific exercises – a comprehensive review of seven major schools. **Scoliosis and Spinal Disorders**, [S.l.:s.n.], v. 11, n. 20, p. 1-52, 2016.

BERGOFISKY, E.H.; TURINO, G.M.; FISHMAN, A.P. Cardiorespiratory failure in kyphoscoliosis. **Medicine (Baltimore)**, [Baltimore:s.n.], v. 38, n. 3, p. 263–317, 1959.

BIONDI, E. **La Bioingegneria – Introduzione alle Metodologie e alle Tecnologie dell'Ingegneria Biomedica**. Roma: NIS, 1984. ISBN 88-430-0622-3.

BRACCIALLI, L. M. P.; OLIVEIRA, F. T. D.; BRACCIALLI, A. C.; SANKAO, N. Influência do assento da cadeira adaptada na execução de uma tarefa de manuseio. **Rev. Bras. Ed. Esp.**, Marília: [S.n.], v. 14, n. 14, p. 141-154, 2008.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Normas Regulamentadoras nº 17 - Ergonomia**. Brasília, DF, 06 jul. 1978. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho/pt-br>. Acesso em: 04 fev. 2020.

BRASIL. Secretaria Geral. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015**. Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, DF, jul. 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 01 jan. 2020.

BUCHANAN, J. J.; HORAK, F. B. Voluntary control of postural equilibrium patterns. **Behavioural brain research**, [S.l.:s.n.], v. 143, n. 2, p. 121-140, 2003.

BURNS, Y. R.; MACDONALD, J. **Fisioterapia e Crescimento na Infância**. São Paulo: Santos, 1999. ISBN 8572881700.

CAMPBELL-KYUREGHYAN, N. *et al.* The prediction of lumbar spine geometry: method development and validation. **Clinical Biomechanics**, [Bristol:s.n.], v. 20, n. 5, p. 455-464, 2005.

CAMPOS, M. H. **Adaptações geométricas da coluna durante a marcha**. 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/274920/1/Campos_MarioHebling_M.pdf. Acesso em: 15 fev. 2019.

CHOI, W-J. **Chair for posture correction**. Depositante: Woo-Jin Choi. Procurador: DONGCHEON PATENT FIRM. PCT/KR n. 2019/088663. Depósito: 30 out. 2018. Concessão: 09 maio 2019. Disponível em: https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2019088663&tab=PCTBIBLIO&_cid=P21-K6JQ5W-78485-2. Acesso em: 07 jun. 2019.

COMFORT COMPANY. **Acta-Back®**. HCPCS Coding: E2613/E2614. In: _____. **PERMOBIL**, New Berlin, EUA: Comfort Company c2024. Disponível em: <https://www.comfortcompany.com/product/Comfort%20Rehab/Back%20Care/Acta-Back#prettyPhoto>. Acesso em: 20 out. 2019.

COOPER, R. A. **Wheelchair Selection and Configuration**. New York: Demos Medical Publishing Inc, 1998. ISBN 1888799188

COSTA, C. **Processamento de Sinais para Engenheiros: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Bonecker, 2017. ISBN 978-8593479311.

DE SOUZA, F. I. *et al.* Epidemiologia da Escoliose Idiopática do Adolescente em alunos da rede pública de Goiânia-GO. **Acta Ortop Bras**, [S.l.:s.n.], v. 21, n. 4, p. 223-5, 2013.

DICIANNO, B. *et al.* RESNA position on the application of tilt, recline, and elevating legrests for wheelchairs. **Assistive Technology**, [S.l.:s.n.], v. 21, n. 1, p. 13-22, 2009.

DU, Q. *et al.* Scoliosis epidemiology is not the same all over the world: a study from a scoliosis school screening in the island of Chongming, China. **Scoliosis**, [S.l.:s.n.], v. 17, n. 303, p. 1-8, 2016.

FEDORAK, G.; SMITH, J.; HEFLIN, J. Use of Halo-Gravity Traction and a Magnetically Controlled Growing Rod for Untreated Severe Kyphoscoliosis in an Adolescent. **JBJS Case Connector**, [S.l.:s.n.], v. 8, n. 3, p. 75, 2018.

FERREIRA, D. M. B. **Apostila Noções de Hidráulica**. [S.l.]: Minas Verde, 2016.

HALL, S. J. **Biomecânica básica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. ISBN 8527705753

HARRISON, D. *et al.* Sitting biomechanics Part I: Review of the Literature. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, [S.l.:s.n.], v. 22, n. 9, p. 594-609, 1999.

HERMINI, H. A. **Engenheiro Elétrico/ Instrumentação Atuadores**. Rio de Janeiro: UNICAMP, 2007.

HOSOE, I. **Cadeira ergonômica com posição variável da porção do assento**. Depositante: Isao Hosoe. Procurador: [s.n.]. IT n. PI 8807867-1 A2. Depósito: 23 dez. 1988. Concessão: [s.d.]. Disponível em: <https://gru.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>. Acesso em: 09 abr. 2019.

IIDA, I.; BUARQUE, L. **Ergonomia: projeto e produção**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016. ISBN 978-8521209331.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia. Portaria INMETRO nº 232 de 2012**. Rio de Janeiro: Ed. IPO, 2012. ISBN: 978-85-86920-09-7.

INTERLINK ELECTRONICS. **FSR Force Sensing Resistor Integration Guide and Evaluation Parts Catalog**. Camarillo, EUA: Interlink Electronics. Disponível em: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Pressure/fsrguide.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2020.

KENDALL, F. P.; MCCREARY, E. K.; PROVANCE, P. G. **Músculos Provas e Funções**. 4. ed. São Paulo: Manole. 1995. ISBN 978-8520424322.

KERN, S.; DINO, S.; HOWARD, S. A. Neurofibromatosis type I with severe dystrophic kyphoscoliosis and its operative management via a simultaneous anterior-posterior approach: a case report and review of the literature. **The Spine Journal**, [S.l.:s.n.], v. 5, n. 4, p. 461-466, 2005.

KOSTUIK, J. P.; BENTIVOGLIO, J. The incidence of low-back pain in adult scoliosis. **Spine**, [S.l.:s.n.], v. 6, n. 3, p. 268-273, 1981.

KWON, Sang Nam. **Chair with function of preventing scoliosis**. Depositante: Sang Nan Kwon. Procurador: [s.n.]. KR n. 1020040017034. Depósito: 20 ago. 2002. Concessão: 26 fev. 2004. Disponível em: https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=KR574644&tab=NATIONALBIBLIO&_cid=P21-K6JSEY-35615-1. Acesso em: 04 abril. 2019.

LEHNERT-SCHROTH, C. Introduction to the three-dimensional Scoliosis treatment according to Schroth. **Physiotherapy**, [S.l.:s.n.], v. 78, n. 11, p. 810-815, 1992.

LOPES, R. M. **Disposição introduzida em cadeira odontológica para adaptação anatômica em pacientes**. Depositante: Ronoaldo Moedano Lopes. Procurador: [s.n.]. BR n. MU 7903126-9 Y1. Depósito: 23 dez. 1999. Concessão: [s.d.]. Disponível em: <https://gru.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>. Acesso em: 08 maio 2019.

MAC-THIONG, J. M. *et al.* Comparison between constrained and non-constrained Cobb techniques for the assessment of thoracic kyphosis and lumbar lordosis. **European Spine Journal**, [S.l.:s.n.], v.16, n. 9, p.1325-1331, 2007.

MENINO de alvorada precisa de cirurgia para corrigir escoliose. In: _____. **Diário Gaúcho**. Porto Alegre, 11 jun. 2019. Seu Problema é Nosso. Disponível em: <http://diariogaucha.clicrbs.com.br/rs/dia-a-dia/noticia/2019/06/menino-de-alvorada-precisa-de-cirurgia-para-corrigir-escoliose-10943649.html>. Acesso em: 05 jan. 2020.

MENIOTA, E. *et al.* Support Surfaces in Pressure Ulcers Prevention. **Journal of Aging & Innovation**, [S.l.:s.n.], v. 1, n. 4, p. 34-52, 2012.

NEGRINI, S. *et al.* 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. **Scoliosis and Spinal Disorders**, [S.l.:s.n.], v. 13, n. 3, p. 1-48, 2018.

O'SULLIVAM, S.; SCHMITZ, T. **Fisioterapia Avaliação e Tratamento**. 4. ed. São Paulo: Manole, 2004. ISBN 8520426301

OLIVEIRA, G. D. **História da Evolução da Engenharia**. Belo Horizonte: AEAEEUFMG. 2010. ISBN 978563408013.

OLIVEIRA, M. R. **Cadeira, capa para cadeira, espaldar e apoio para cabeça**. Depositante: Mariane Rodrigues Oliveira. Procurador: [s.n.]. BR/ES n. PI 0805105-4. Depósito: 19 ago. 2008. Concessão: [s.d.]. Disponível em: <https://gru.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>. Acesso em: 04 fev. 2020.

OMEGA ENGINEERING Inc. **Como Avaliar e Instalar uma Célula de Carga**. In: **Site Oficial OMEGA**, [S.l.]: DwyerOmega, 2015. Disponível em: <http://br.omega.com/artigos-tecnicos>. Acesso em: 17 jan. 2021.

PAOLIELLO, Carla. **Análise Biomecânica da Estrutura de Cadeiras de Madeira**. 2001. 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) — Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2001.

PARKER HANNIFIN CORPORATION. **Tecnologia Hidráulica Industrial**: Apresentação M2001-4 BR. São Paulo: Parker Hannifin Corporation. [s.d.]. Disponível em: <https://www.tecnoflexpe.com.br>. Acesso em: 20 abr. 2020.

PEREIRA, P. I. I. **Análise teórico-experimental de controladores para sistemas hidráulicos**. 2006. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) — Escola de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <http://laship.ufsc.br/site/en/2006-analise-teorico-experimental-de-controladores-para-sistemas-hidraulicos/>. Acesso em: 03 jul. 2019.

PHAM, M. H. *et al.* Neurologic Deficit During Halo Gravity Traction in the Treatment of Severe Thoracic Kyphoscoliotic Spinal Deformity. **Neurospine**, [S.l.:s.n.], v. 17, n. 2, p. 461-465, 2020.

PRESTES, R. C. **Tecnologia Assistiva: Atributos de design de produto para adequação postural personalizada na posição sentada**. 2011. 97 f. Dissertação (Mestrado em Design) — Escola de Engenharia e Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/36038>. Acesso em: 05 out. 2020.

RONGJIN, L. *et al.* Severe Kyphoscoliosis Associated with Multiple Giant Intraspinal Epidural Cysts: A Case Report and Literature Review. **World Neurosurgery**, [S.l.:s.n.], v.125, p. 129-135, 2019.

SCHOLTEN, P. J. M.; VELDHUIZEN, A. G. Analysis of Cobb angle measurements in scoliosis. **Clinical Biomechanics**, [S.l.:s.n.], v. 2, n. 1, p. 7-13, 1987.

SILVA, E. C. N. **PMR 2481 - Sistemas Fluidomecânicos**: Apostila de Pneumática dos cursos de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos. São Paulo: Escola Politécnica da USP: Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos. 2002. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4203382/mod_resource/content/1/Apostila%20de%20pneumática%20Poli.pdf. Acesso em: 26 fev. 2020.

SPRIGLE, S. Effects of Forces and the Selection of Support Surfaces. **Topics in Geriatric Rehabilitation**, [S.l.:s.n.], v. 16, n. 2, p. 47-62, 2000.

SUAIDE, A. L. A. P. **Desenvolvimento e validação de uma ferramenta computacional para mensuração das curvas da coluna vertebral**. 2008. 52 p. Dissertação (Pós-Graduação em Psicologia, Mestrado em Neurociências e Comportamento) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em:

<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/47/47135/tde-03042009-090940/pt-br.php>. Acesso em: 20 nov. 2019.

TAMBE, A. D.; MICHAEL, A. L. R. Adult degenerative scoliosis. **Orthop Trauma**, [S.l.:s.n.], v. 25, n. 6, p. 413-424, 2011.

TEKSCAN. **Best Practices in Mechanical Integration of the FlexiForce™ Sensor**. [S.l.]: Tekscan, [S.d.]. Disponível em: <https://www.tekscan.com/resources/product-guide/best-practices-mechanical-integration-flexiforce-sensor>. Acesso em: 20 jan. 2020.

TEKSCAN. FlexiForce A301 Sensor. In: _____. **Site Oficial Tekscan**, Norwood, EUA: Tekscan, c2021. Disponível em: <https://www.tekscan.com/products-solutions/force-sensors/a301>. Acesso em: 11 nov. 2019.

THALER, M. *et al.* Severe kyphoscoliosis after primary *Echinococcus granulosus* infection of the spine. **Eur Spine J.**, [S.l.:s.n.], v. 19, p.1415-1422, 2010.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações**. 4. ed. São Paulo: Érica. 2004. ISBN 978-85-365-0071-3.

UBERO, V. G. **Cadeira ergonômica articulada**. Depositante: Vicente Gomez Ubero. Procurador: [s.n.]. BR n. MU 7800127-7. Depósito: 04 mar. 1998. Concessão: [s.d.]. Disponível em: <https://gru.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>. Acesso em: 05 maio 2019.

VIANA, E. L. **Cadeira monitor de postura - portátil**. Depositante: Edson Luiz Viana. Procurador: [s.n.]. BR/MG n. MU 8002415-7 U2. Depósito: 10 out. 2000. Concessão: [s.d.]. Disponível em: <https://gru.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>. Acesso em: 24 abr. 2019.

VIEIRA, M. E. M. *et al.* Dispositivo para análise de pressão plantar em palmilhas utilizando piezoelétricos de baixo custo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA, 25. Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: CBEB. p. 536-539. 2016. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/309359183_DISPOSITIVO_PARA_ANALISE_DE_PRESSAO_PLANTAR_EM_PALMILHAS_UTILIZANDO_PIEZOELETRICOS_DE_BAI_XO_CUSTO. Acesso em: 18 jan. 2021.

VOLPINI, Mariana Ribeiro. **Análise da influência da inclinação do assento articulado na distribuição de peso.** 2010. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

VOLPINI, Mariana, VOLPINI, Eugênio. **Assento articulado nos três planos, permitindo movimento pélvico anteroposterior, látero-lateral, de rotação e de precessão.**

Depositante: Mariana Volpini, Eugênio Volpini. Procurador: [s.n.]. BR/MG n. PI 0504703-0 A2. Depósito: 14 set. 2005. Concessão: [s.d.]. Disponível em:
<https://gru.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>. Acesso em: 06 maio 2019.

WICKERT, J. **Introdução à engenharia mecânica.** 3.ed. São Paulo: Cengage Learning. 2015. ISBN 9788522118670.

WILHIDE, E. **Como criar uma Cadeira.** Belo Horizonte: Gutenberg. 2011. ISBN 9788580620108.

ZOLLARS, J. A. **Special Seating:** an illustrated guide. Minneapolis, EUA: Reha Otto Bock, 1996.