

**Desenvolvimento de cadeira escolar ergonômica com ajuste para medidas antropométricas físicas****Development of Ergonomic School Chair with adjustable for Physical Anthropometric Measures**

DOI:10.34117/bjdv6n4-199

Recebimento dos originais:24/03/2020

Aceitação para publicação:14/04/2020

**Augusto Chiesa de Mattos**

Técnico em Mecânica, Fundação Liberato-RS

Endereço:Rua Inconfidentes, 395 - Bairro Primavera - Novo Hamburgo/RS - Brasil

E-mail: augustochiesamattos@hotmail.com

**João Pedro Scheeren de Matos**

Técnico em Mecânica, Fundação Liberato-RS

Endereço:Rua Inconfidentes, 395 - Bairro Primavera - Novo Hamburgo/RS - Brasil

E-mail: jps.matos@hotmail.com

**Jorge Matheus Rodrigues Simão**

Técnico em Mecânica, Fundação Liberato-RS

Endereço:Rua Inconfidentes, 395 - Bairro Primavera - Novo Hamburgo/RS - Brasil

E-mail: jorgematheussimao@hotmail.com

**Gabriel Soares Ledur Alves**

Licenciado em Educação Física, Fundação Liberato-RS

Endereço:Rua Inconfidentes, 395 - Bairro Primavera - Novo Hamburgo/RS - Brasil

E-mail: gabrielpoa11@hotmail.com

**Alexandre Giacomin**

Bacharel em Engenharia, Fundação Liberato-RS

Endereço:Rua Inconfidentes, 395 - Bairro Primavera - Novo Hamburgo/RS - Brasil

E-mail: alexandre.giacomin@liberato.com.br

**José de Souza**

Doutor em Engenharia, Fundação Liberato-RS

Endereço:Rua Inconfidentes, 395 - Bairro Primavera - Novo Hamburgo/RS - Brasil

E-mail: josesouza@liberato.com.br

**RESUMO**

Este paper tem como objetivo projetar e analisar uma cadeira ergonômica que auxilie a prevenir desgastes posturais na região lombar da coluna vertebral para salas de aula da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha a partir das medidas antropométricas do corpo humano de acordo com as médias das estaturas dos alunos (1º, 2º e

3º ano) do diurno do Curso Técnico de Mecânica. Os ajustes de altura da cadeira contam com um sistema de acionamento/fixação baseado nos dispositivos presentes em academias (sistema pino-mola) sendo que este, assim como as chapas do assento e encosto e a estrutura da cadeira (metálico utilizado) foram calculados e determinados a partir de equações e conceitos de resistência dos materiais e a partir das análises realizadas no software Inventor, seguindo as recomendações de normas como a ABNT NBR 14006, NR 17 e a ABNT NBR 8800 NB 14. Os ensaios aos quais a cadeira foi submetida tiveram adaptações às condições estabelecidas pelo software 3D Inventor da Autodesk, com o intuito de determinar a deformação máxima da estrutura e detectar quaisquer sinais de falhas o que se cumpriu de forma que a cadeira suportou aos esforços a ela submetidos. Portanto a cadeira proposta para as salas de aula da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha projetada no software, além de proporcionar um ajuste na altura do assento e encosto possui a implementação de um sensor destinado ao monitoramento postural dos alunos quando estão na posição sentada, os quais auxiliarão para um melhor alinhamento da coluna vertebral do aluno, diminuindo assim riscos de dores lombares, hérnia de disco e dificuldade circulatória dos membros inferiores.

**Palavras-chave:** Ergonomia, antropometria, cadeira escolar.

## **ABSTRACT**

This paper aims to design and analyze an ergonomic chair that helps prevent postural wear in the lumbar region of the spine for Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha classrooms. It also has the anthropometric measurements of the human body according to the average stature of the students (1st, 2nd, and 3rd year) of the day of the Technical Course in Mechanics. The height adjustments of the chair have a system of activation/fixation based on those present in gyms (pin-spring system). The equations and concepts of strength of the materials and from the analyses performed in the Inventor software were used to calculate the seat and back plates and the chair structure according to the recommendations of standards such as ABNT NBR 14006, NR 17 and ABNT NBR 8800 NB 14. The tests to which the chair was subjected had adaptations to the conditions established by the Autodesk 3D Inventor software, to determine the maximum deformation of the structure and to detect any signs of failure, which has been accomplished so that the chair can support the efforts to it submitted. The chair proposed for the Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha classrooms designed in the software, in addition to providing an adjustment in the height of the seat and backrest, has the implementation of a sensor for postural monitoring. When students are in a sitting position, which will assist in a better alignment of the student's spine, thus reducing the risk of low back pain, herniated disc, and circulatory difficulty of the lower limbs.

**Keywords:** Ergonomics, anthropometry, school chair.

## **1 INTRODUÇÃO**

A posição de uma pessoa que apresenta um alinhamento defeituoso e uma retração muscular podem ser as causas de uma dor na coluna. Assim, um bom alinhamento do corpo durante uma posição sentada pode reduzir ou prevenir problemas relacionados à coluna vertebral (KENDALL, 2007).

Azevedo (2012) afirma que, o mobiliário da sala de aula possui uma importante função na aprendizagem do aluno e, com relação ao mobiliário atual das escolas, se for bem projetado, com dimensões e formas corretas e que proporcione uma postura adequada, pode evitar lesões físicas, problemas relacionados ao stress e fadiga, proporcionando assim um melhor processo de aprendizagem para o mesmo, pois, conforme Bracciali (2000), a disposição e proporções inadequadas do mobiliário escolar é um dos diversos problemas que encontramos ao relacionar ambiente escolar e postura, aos quais provavelmente serão responsáveis pela manutenção, aquisição ou agravamento de hábitos posturais inapropriados. Conforme Ramal (1997), muitas vezes, essa postura sentada é inadequada, apresentando assim um fator de risco para saúde do aluno, pois é extremamente desaconselhável permanecer com uma postura sentada por mais de 45 a 50 minutos sem interrupções e, devido a esta imobilidade postural, não há uma nutrição correta dos discos intervertebrais que dependem desta alternância da postura (BRASIL, 2002). Quando estamos sentados, todo o peso do tronco (acima da bacia) é transferido para o assento através de dois ossos denominados ísquios, nos quais se concentra 75% do peso total do corpo (LIDA, 2005) e, portanto é recomendado a quem passa um grande tempo sentado, que se levante por 10 a 15 minutos após duas horas na posição sentada, conforme Couto (2002).

Segundo Grandjean (1998) há diversas vantagens quando permanecemos na posição sentada, como, por exemplo, o alívio nas pernas e a diminuição dos esforços impostos pelos músculos, mas que também apresenta suas desvantagens como o aumento da pressão sobre as nádegas e a restrição dos alcances. Um assento mal projetado pode provocar estrangulamento da circulação sanguínea nas coxas e pernas (LIDA, 2005). A cadeira deve-se basear, portanto em parâmetros estabelecidos por normas regulamentadoras como a norma NR 17 (117.000-7), que visa conceder segurança, eficiência e o maior conforto possível por meio das apropriações referentes às condições de trabalho e a norma ABNT NBR 14006 que estabelece as condições mínimas de ergonomia, acabamento, estabilidade e resistência para o mobiliário escolar.

O mau desempenho dos alunos e falta de concentração e absorção de conhecimento podem ocorrer em função de dimensões incorretas da cadeira escolar e pela falta de conforto ambiental, qualidade dos produtos de estofamento do assento e do encosto (MIRANDA, PEREIRA, RISSETTI, 2016).

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 ERGONOMIA**

A adaptação do homem, baseado em suas características psicológicas, físicas,

fisiológicas e sociais, tipo de sexo, idade, treinamento e motivação (LIDA, 1990) com o trabalho também é conhecida como ergonomia e, segundo Lida (2005), ela consiste no estudo sobre essa adaptação na qual, o trabalho, nesta análise, vai além dos realizados com máquinas e outros equipamentos destinados a produção mas a todas as atividades relacionadas ao homem dentro do processo produtivo e, conforme Abrahão *et al* (2009, p. 19), o objetivo da ergonomia é “transformar o trabalho de forma a adaptá-lo às características e variabilidade do homem do processo produtivo” ou seja, a ergonomia busca aumentar o desempenho humano baseado em dados (estatísticos por exemplo) que viabilizem decisões mais lógicas, possibilitando a diminuição do custo individual ao eliminar aspectos do trabalho que possam futuramente tornar-se prejudiciais (ineficiência ou incapacidade física) (COLIN, 1976) garantindo a segurança, bem-estar e satisfação dos trabalhadores no processo produtivo (LIDA, 1990).

## 2.2 ANTROPOMETRIA

A antropometria tem como objetivo de estudo as medidas do corpo humano, é utilizada na elaboração de desenhos com padrões específicos, na avaliação postural, na definição de espaços livres em torno do corpo e na identificação de objetos que interferem na movimentação (ABRAHÃO *et al*, 2009).

Foi em um estudo realizado em 1940, a partir de levantamentos antropométricos e fotos tiradas de 4000 estudantes norte-americanos que se determinou os três tipos básicos de perfil do corpo humano: endomorfo, mesomorfo e ectomorfo. O responsável por esse estudo foi Willian Sheldon (LIDA, 1990).

## 2.3 POSTURA SENTADA

É recomendado a quem passa um grande tempo sentado, que se levante por 10 a 15 minutos após duas horas na posição sentada, visto que segundo Couto (2002) não existe nenhuma cadeira que possa ser usada de forma contínua ao longo de 8 horas, pois a compressão dos tecidos exige mudanças periódicas de posição. Na posição sentada também surgem dores e fadiga, que muitas vezes são aliviadas ficando na posição de pé ou movimentando-se. Isso se dá pelo fato de que as duas posições geram cargas em diferentes músculos, portanto a troca entre um e outro proporciona o relaxamento de alguns grupos musculares, enquanto outros estão sobrecarregados. Essa alternância entre as duas posições também é recomendável por proteger os discos, pois na troca das duas posturas (sentada e em pé) ocorrem mudanças no abastecimento de nutrientes dos discos intervertebrais (KROEMER

& GRANDJEAN, 2005).

A postura sentada diminui a curvatura lombar fisiológica (KEEGAN, 1953 *apud* COURY, 1994), aumentando em 35% a pressão interna dos discos intervertebrais (NACHEMSON & MORRIS, 1964; ORTENGREN, 1974 *apud* COURY, 1994) e alongando as estruturas posteriores da coluna o que pode aumentar os índices de desconforto gerais (lombalgia), como dor, formigamento pelo corpo e resultar também em problemas ciáticos, em alguns casos paralisia das pernas (KROEMER & GRANDJEAN, 2005) e aumentar os riscos de hérnia de disco, problemas que são facilmente influenciados pelas condições de trabalho e as atividades exercidas (YU *et al*, 1988 *apud* COURY, 1994). Mas além dos problemas lombares, a postura sentada também pode promover desconfortos na região do pescoço, quando este permanece estático (COLLINS *et al*, 1990 *apud* COURY, 1994) e nos membros superiores, como ombros, braços e mãos (VERN PUTZ-ANDERSON, 1988 *apud* COURY, 1994).

Levando em consideração o parágrafo anterior e a maior indicação pelos ortopedistas, a postura ereta é a que proporciona uma pressão nos discos intervertebrais menor do que em uma postura curvada, pois mantém a coluna na forma de um “s” alongado com uma lordose na coluna lombar. Essa justificativa se concretiza pelo fato dos ortopedistas acreditarem que a pressão do disco é menor nesta postura do que quando o corpo está curvado para frente, em cifose (KROEMER & GRANDJEAN, 2005). Mas existem outros jeitos de sentar que causam mesmo que mínima, uma menor pressão nos discos intervertebrais devido estes ao ângulo do assento, como a pessoa se apoia, etc. (GRANDJEAN, 1998).

Os principais apoios do corpo durante a posição sentada são a coluna lombar, as nádegas e os pés. A pressão causada na região poplíteia (região posterior dos joelhos) pela postura sentada precisa ser fraca, para não importunar a circulação sanguínea e propiciar o retorno do sangue dos membros inferiores ao coração (ABRAHÃO *et al*, 2009). Portanto o projeto deve constar que o assento evite a compressão da parte posterior das coxas (onde a maior pressão se localiza na estrutura óssea chamada de tuberosidades isquiáticas), permitindo um apoio adequado para as nádegas (ABRAHÃO *et al*, 2009).

A distribuição ideal dos pesos na posição sentada é de 50% no retângulo do ísquio (base da bacia), 34% na região posterior das coxas e de 16% na planta dos pés (COUTO, 2002). O contato do corpo com o assento é feito, principalmente, por dois ossos chamados tuberosidades isquiáticas, que possuem uma distância, entre si, de 7 a 12 cm. Esses ossos são cobertos por uma fina camada de tecido muscular, nos quais se concentra 75% do peso

corporal na posição sentada, o equivalente a todo o peso do tronco acima da bacia (LIDA, 2005). Com a pressão localizada principalmente nas tuberosidades isquiáticas, conseqüentemente a carga sobre os discos intervertebrais diminuirá (ABRAHÃO *et al*, 2009).

## 2.4 COLUNA VERTEBRAL

A coluna vertebral também conhecida como espinha dorsal, é uma estrutura de sustentação (propriedade de rigidez) e de movimentação (propriedade de mobilidade) do corpo humano constituída por 33 vértebras sendo 24 flexíveis e as 9 restantes não flexíveis. Por ser uma estrutura de sustentação, a coluna vertebral é a responsável por fazer essa função na região do tronco e devido a isso, as vértebras inferiores são maiores que as superiores, pois elas têm de suportar uma maior carga que as vértebras superiores. Com relação à movimentação que a coluna vertebral possibilita ao nosso corpo, essa só é possível devido aos discos cartilagosos conectados por ligamentos que se encontram entre as vértebras sendo que essas são divididas em quatro grupos: As vértebras cervicais (pescoço (7 vértebras)); Vértebras torácicas ou dorsais (tórax (12 vértebras)) que estão ligadas a 12 pares de costela formando a caixa torácica; Vértebras lombares (abdômen (5 vértebras)); E as vértebras sacrococcigeanas (região da bacia (9 vértebras)). A coluna vertebral apresenta três tipos de curvatura destinada ao seu equilíbrio. Elas são: A lordose (concavidade) cervical, a cifose (convexidade) torácica e a lordose lombar (LIDA, 2005). A coluna vertebral conforme Lida (1990) tem também a função de proteger a medula espinhal.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado, além do levantamento das medidas dos alunos do diurno do curso de Mecânica, os cálculos das variáveis desses alunos utilizadas no dimensionamento da estrutura da cadeira, no dimensionamento dos seus ajustes (altura do encosto e assento) e na avaliação estatística entre aluno e cadeira, em que foram mensuradas a porcentagem da população alvo beneficiada.

A Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha é a detentora das cadeiras em estudo, dos laboratórios do curso de Eletrônica, para o desenvolvimento do protótipo do sensor postural e dos laboratórios de informática para o desenvolvimento dos desenhos 3D e análise estrutural da cadeira, no software Autodesk Inventor 2018. Foram elaborados também, levantamentos das medidas das cadeiras da instituição, das mesas e das variáveis altura e peso dos alunos do diurno do curso de Mecânica.

O projeto atende a norma técnica ABNT NBR 14006 de móveis escolares para aluno individual, na qual inclui os requisitos gerais dos componentes fabricados em aço utilizados na cadeira segundo a norma ABNT NBR 11888 e a norma ABNT NBR 8261 para especificação das tolerâncias dimensionais dos perfis tubulares. Para as soldas das estruturas do conjunto cadeira desenvolvido nesta pesquisa fora utilizado a norma ABNT NBR 8800 NB 14. A cadeira também será baseada em especificações fornecidas pela norma regulamentadora NR 17 para análise ergonômica do trabalho, a fim de garantir segurança e saúde para os alunos.

Segundo a ABNT NBR 14006 (p. 1, 2008) “esta norma estabelece os requisitos mínimos, exclusivamente para conjunto aluno individual, composto de mesa e cadeira, para instituições de ensino em todos os níveis, nos aspectos ergonômicos, de acabamento, identificação, estabilidade e resistência”.

Os requisitos para os materiais da cadeira, como para o encosto e assento, se forem de polímeros e compósitos “não devem apresentar deformações de moldagem em sua superfície que seja superior a 0,05 mm na área útil de trabalho dos tampos” (ABNT NBR 14006, p. 6, 2008) e com relação à toxicidade do material, estes conjuntos não devem apresentar os elementos citados na ABNT NBR 300-3. Para os componentes em aço, a norma estabelece que sigam os requisitos gerais da ABNT NBR 11888 e as tolerâncias dimensionais dos perfis tubulares da ABNT NBR 8261.

A norma NR 17 possui o objetivo de explicar o significado dos principais aspectos a serem considerados em uma análise ergonômica do trabalho de acordo com a segurança e saúde dos trabalhadores. Deste modo a norma recomenda que o mobiliário possua uma regulagem antropométrica para se adaptar melhor as características do usuário, atendendo ao menos 95% da população alvo (BRASIL, 2002). Ela impõe requisitos mínimos de conforto que devem ser considerados para assentos utilizados nos postos de trabalho (BRASIL, 2002).

A norma ABNT NBR 8800 NB 14 especifica, para soldas de filetes, que a altura da solda deve ser igual ou menor que a menor espessura das duas chapas a serem unidas. A base da solda deve ser igual ou maior que a altura da solda e a área efetiva da solda, que corresponde a área da garganta da solda resulta do produto do comprimento efetivo da solda pela espessura efetiva da garganta. O comprimento efetivo da solda, quando não for feito em furos ou rasgos, equivale ao comprimento total da solda e a garganta efetiva é a menor distância da raiz da solda até a face contrária a raiz desta solda (imaginando uma linha ligando a raiz com esse plano, esta linha deve estar perpendicular a este plano) (ABNT NBR 8800 NB 14, 1986).



Em relação ao design, o assento terá uma leve inclinação de 5° com relação a horizontal. A borda frontal do assento será convexa, ou seja, arredondada e curvada para baixo, pois entre as nádegas passam artérias e nervos, como o ciático, que se forem comprimidos podem causar distúrbios físicos (DUL & WEERDMEESTER, 2004; BRANDIMILLER, 1999).

O encosto terá uma regulagem de altura definida em função da análise das dimensões das estaturas do público-alvo, e, assim como o assento, terá suas dimensões e regulagens comparadas com as recomendações da norma ABNT NBR 14006.

Com relação ao seu formato, o encosto será convexo verticalmente e côncavo horizontalmente (BRANDIMILLER, 1999), considerando um espaço vazio entre 15 e 20 cm do assento até sua extremidade inferior (LIDA, 2005). Para que a cadeira proporcione uma menor pressão sobre os discos intervertebrais da coluna lombar e um menor gasto de energia dos músculos das costas, o encosto será inclinado em um ângulo de 95° para trás, pois Brandimiller (1999) recomenda uma inclinação de 90 à 110°. A cadeira deve apresentar um assento com um estofamento que possua uma espessura entre 2 e 3 cm, colocado sobre uma base rígida que não afunde com o peso do corpo, ajudando assim na distribuição da pressão e proporcionando maior estabilidade para o corpo (LIDA, 2005).

Já Diffrient (1979, *apud* SILVA, 2003) afirma que um assento do tipo médio deve ter a espessura da espuma de 3,8 cm sobre uma base rígida de 1,2 cm, somando um total de 5 cm da espessura da base com a espuma. A compressão máxima admissível para a espuma é de 3,8 cm sobre uma carga de 78 Kg para os homens, para cada 13,6 Kg a mais ou a menos sobre o assento, deve-se adicionar ou diminuir 6,4 cm de espessura da espuma.

Com relação ao encosto da cadeira, a almofada lombar tem o objetivo de acomodar a coluna entre a segunda e quinta vértebra lombar, mantendo uma altura vertical acima da parte posterior do assento de 100 a 180 mm. Ela pode reduzir a cifose da região lombar, mantendo a coluna em uma posição mais natural possível (KROEMER & GRANDJEAN, 2005).

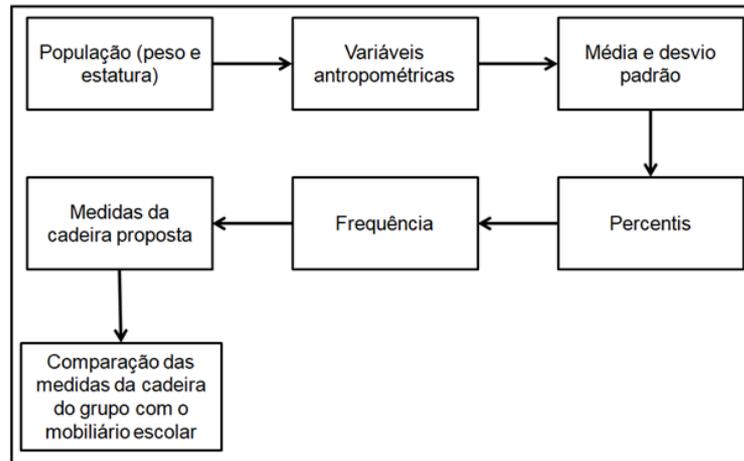
Como material para o estofamento (revestimento), o tecido de algodão é o que apresenta melhor resultado se comparado ao curvin (COUTO, 2002). Deve-se considerar a densidade da espuma também, para que proporcione um suporte adequado para as tuberosidades isquiáticas (MTE, 2001), portanto será considerada uma densidade mínima de 50 (BRASIL, 2002; MTE, 2001).

### 3.1 MÉTODOS DE ANÁLISE

Os métodos de análise utilizados seguem uma ordem lógica que correspondem com as

tabelas e valores utilizados na metodologia e nos resultados, conforme o esquema abaixo (Figura 2).

Figura 2 – Ordem lógica da análise dos dados utilizados.



Foi utilizado como população alvo da pesquisa, um total de 186 alunos do 1º, 2º e 3º ano do diurno do curso técnico de Mecânica da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha. Dentre estes, 135 são do sexo masculino e 51 do sexo feminino, com os mais variados perfis corporais, como endomorfo, mesomorfo e ectomorfo.

Foi observado que os seres humanos possuem dois “tipos” de idade, a idade biológica, na qual pode ser observado o desenvolvimento do corpo analisando sua aparência (estética) e a idade cronológica, que é considerada o tempo real do desenvolvimento dos indivíduos (SCHNEIDER & IRIGARAY, 2008). A presente pesquisa levou em consideração, como dados de maior confiança, as medidas das estaturas dos alunos e suas devidas turmas, pois certos indivíduos possuem uma idade na qual seu corpo pode ser mais ou menos desenvolvido.

A massa dos alunos foi verificada para fins de dimensionamento do protótipo virtual, para que possua uma capacidade adequada de carga.

Foram utilizadas variáveis antropométricas diretamente relacionadas às dimensões do assento, portanto são variáveis físicas estáticas, as quais são descritas a seguir (OLIVEIRA, 2006). Todas as medidas lineares do corpo sentado foram calculadas em função da estatura de cada aluno, por meio de um modelo matemático do corpo humano apresentado por Roozbazar (1977 *apud* LIDA, 2005). Este método foi utilizado pelo fato de não ser necessário à utilização de instrumentos de mensuração.

As variáveis utilizadas foram determinadas de acordo com as dimensões propostas nas cadeiras escolares e pela norma ABNT NBR 14006. Estas estão representadas por símbolos como A0n (exemplo: A01 - Largura do quadril (sentado)) representado para indicar as variáveis relacionadas ao assento da cadeira e os símbolos E0n (exemplo: E01 - Largura bideltóide (sentado)) utilizado para indicar as variáveis relacionadas ao encosto da cadeira.

Foi definida através da análise de cada variável sua relação com as dimensões da cadeira. Abaixo seguem os parágrafos com a descrição de cada variável utilizada no projeto.

A variável A01 se refere à largura do quadril, do aluno sentado. Por estar localizada na região dos trocanteres maiores, que é a maior distância horizontal entre as superfícies mais laterais do corpo com o aluno sentado, foi utilizada para o dimensionamento da largura do assento. A variável A04 refere-se à profundidade nádega-poplíteal do aluno sentado. Esta profundidade nada mais é do que a distância pósterio anterior do plano de referência à cavidade poplíteal (curva interna do joelho). Ela foi utilizada para o cálculo da profundidade do assento. Já a variável A03 é relativa à profundidade nádega-joelho do aluno sentado e corresponde à distância pósterio-anterior do plano de referência ao ponto mais anterior da rótula, complementando a medida A04, para que não ocorra uma excessiva área de contato das nádegas no assento.

A variável A05 referente à altura poplíteal do aluno sentado, corresponde à distância vertical da cavidade poplíteal (curva interna do joelho) até o solo. A mesma foi utilizada para o dimensionamento dos ajustes de altura da cadeira proposta. Esta deve ser relacionada com a variável E02, que corresponde com a largura bideltóide do aluno sentado, ou seja, distância vertical do plano mais superior das coxas ao plano do assento. Juntas estas duas variáveis proporcionaram à medida para dimensionar o vão que deve existir entre a cadeira e a mesa, sem comprimir a coxa.

A02 representa a largura do cotovelo direito ao esquerdo, na altura do abdômen do aluno sentado, logo é a maior distância horizontal das superfícies mais laterais externas entre os cotovelos, com os dois braços paralelos entre si e perpendiculares com o solo.

E01 corresponde a variável largura bideltóide do aluno sentado, portanto sua dimensão condiz com a máxima distância entre as superfícies mais laterais dos músculos deltoides e por este motivo, com o auxílio da variável A02, foi utilizada para dimensionar a largura do encosto do assento, pois a dimensão E01 deve ser menor que a A02, para então permitir uma maior mobilidade dos braços. A variável altura do encosto foi feita baseada no raio da coluna lombar e nas estaturas da população Norte-Americana fornecidas por Tilley (2005). Estas dimensões

se dividem de acordo com o percentil (1%, 50% e 99%) e gênero de modo que o aluno esteja o mais ereto possível.

Os valores de todas as variáveis, do gênero masculino e feminino de todas as turmas, foram organizados juntos para se calcular a média e o desvio padrão dos mesmos conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Média e desvio padrão de todas as variáveis antropométricas.

Variáveis	A01	A02	A03	A04	A05	E01	E02
<b>Média (m)</b>	0,3475	0,4383	0,5547	0,4794	0,4263	0,3921	0,1472
<b>Desv. pad</b>	0,0181	0,0228	0,0289	0,0250	0,0222	0,0204	0,0077

O uso de percentis permite a especificação de uma determinada população e a seleção dos indivíduos para testes, em que, por exemplo, deseja-se saber como é o comportamento de uma população em uma determinada atividade. Para isso, define-se alguém para o percentil de 5% e 95%, possibilitando a realização dos testes (LIDA, 2005).

Lida (1990) apresenta como forma para se determinar os intervalos de confiança para um determinado percentil, que é necessário apenas fazer o uso da média e do desvio-padrão da variável a ser analisada na qual para cada percentil tem-se um determinado coeficiente conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Percentis e seus coeficientes.

Percentis (%)	Coeficiente
10,0 – 90,0	1,282
5,0 – 95,0	1,645
2,5 – 97,5	1,960
1,0 – 99,0	2,326
0,5 – 99,5	2,576

Verificou-se que existe uma possibilidade de que 5% da população estudada tenha uma estatura menor que 157,4 cm e que outros 5% da população tenham uma estatura maior que 182,0 cm e conseqüentemente os 90% restantes estarão entre essas duas medidas (157,4 cm e 182,0 cm) (LIDA, 1990). Para a presente pesquisa foram coletadas e avaliadas cada variável com todos os seus respectivos valores, considerando o gênero masculino e feminino juntos. Com isto, foi aplicado o cálculo supracitado (tabela 1) com o intuito de avaliar as porcentagens de cada variável, sobre a população alvo. A tabela 3 apresenta os resultados dos percentis calculados, em metros, para cada variável utilizada.

Tabela 3 - Percentis das variáveis antropométricas de todas as turmas.

Percentis (m)	A01	A02	A03	A04	A05	E01	E02
0,5	0,3009	0,3795	0,5258	0,4151	0,3691	0,3395	0,1275
2,5	0,3121	0,3935	0,4981	0,4304	0,3828	0,3520	0,1322
5,0	0,3178	0,4007	0,5072	0,4383	0,3898	0,3585	0,1346
10,0	0,3243	0,4090	0,5177	0,4474	0,3978	0,3921	0,1374
90,0	0,3707	0,4675	0,5917	0,5114	0,4263	0,4182	0,1571
95,0	0,3773	0,4758	0,6022	0,5204	0,4628	0,4256	0,1472
97,5	0,3830	0,4830	0,6113	0,5283	0,4698	0,4321	0,1623
99,0	0,3896	0,4914	0,6219	0,5374	0,4779	0,4395	0,1651
99,5	0,3942	0,4971	0,6291	0,5437	0,4835	0,4447	0,1670

Para calcular as dimensões da cadeira antropométrica proposta pelo grupo, foi feito a frequência de todos os valores (de todas as turmas juntas) de cada variável. A dimensão da altura do assento, na qual condiz com a variável A05, abrigará um ajuste com regulagem por pino, deste modo o método de frequência foi utilizado de tal forma que cada classe foi calculada em função da distância de cada furo do ajuste, conforme o diâmetro do pino utilizado. Esta distância foi calculada segundo Melconian (2000), o qual afirma que a distribuição dos furos, referente à distância mínima entre os centros de rebites deve ser de três vezes o diâmetro do rebite ao longo do comprimento e duas vezes o diâmetro do rebite para distância do centro do furo até a borda.

Primeiro foi coletado o maior e menor valor de cada variável, com isso este resultado foi dividido pela distância entre cada furo do pino (citado acima), resultando no número de ajustes que poderão ser utilizados para estas variáveis.

Em segundo, com a quantidade de ajustes já estabelecida, o resultado da subtração do maior e menor valor das variáveis foi dividido pelo número de ajustes que a variável abrangerá, ocasionando na frequência de cada classe. Por terceiro foi calculado as seis classes correspondentes a cada regulagem da variável utilizada, de tal forma que cada classe equivale a um intervalo de medida, na qual a frequência é a diferença entre o maior e menor valor deste intervalo. A soma do menor valor com a frequência, para variável determinada, resulta no maior valor do intervalo da primeira classe, a segunda classe será determinada entre o resultado do maior valor do intervalo da primeira classe e a soma deste com a frequência e assim sucessivamente para as seguintes classes. As classes utilizadas com os símbolos citados ficaram em Classe 1 =  $I_1 + F_1$  e Classe 2 =  $I_2 + F_2$ .

Para calcular as dimensões da cadeira antropométrica proposta pelo grupo, foi feito a frequência de todos os valores (de todas as turmas juntas) de cada variável. A dimensão da

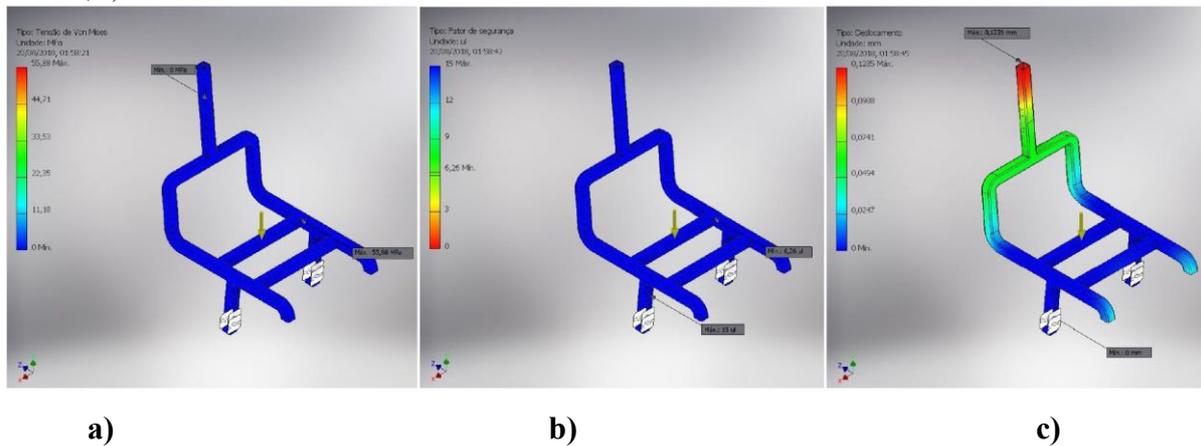
altura do assento, na qual condiz com a variável A05, abrigará um ajuste com regulagem por pino, deste modo o método de frequência foi utilizado de tal forma que cada classe foi calculada em função da distância de cada furo do ajuste, conforme o diâmetro do pino utilizado. Esta distância foi calculada segundo Melconian (2000), no qual afirma que a distribuição ABNT NB14, referente à distância mínima entre os centros de rebites deve ser de três vezes o diâmetro do rebite ao longo do comprimento e duas vezes o diâmetro do rebite para distância do centro do furo até a borda. Primeiro foi coletado o maior e menor valor de cada variável, com isso este resultado foi dividido pela distância entre cada furo do pino (citado acima), resultando no número de ajustes que poderão ser utilizados para estas variáveis. Em segundo, com a quantidade de ajustes já estabelecida, o resultado da subtração do maior e menor valor das variáveis foi dividido pelo número de ajustes que a variável abrangerá, ocasionando na frequência de cada classe. Por terceiro foi calculado as seis classes correspondentes a cada regulagem da variável utilizada, de tal forma que cada classe equivale a um intervalo de medida, na qual a frequência é a diferença entre o maior e menor valor deste intervalo. A soma do menor valor com a frequência, para variável determinada, resulta no maior valor do intervalo da primeira classe, a segunda classe será determinada entre o resultado do maior valor do intervalo da primeira classe e a soma deste com a frequência e assim sucessivamente para as seguintes classes.

Por último foi feito a frequência com que os valores de cada classe se repetem dentre todos os valores da variável. Para isto foi coletado, por meio do Excel, todos os valores que condizem com o seguinte intervalo. Para a variável altura do encosto, foi utilizado outro método, no qual os ajustes foram determinados em função da estatura da população Norte-Americana apresentada por Tilley (2007). Desta forma foram determinadas cinco classes, nas quais cada uma corresponde ao intervalo de medida entre a estatura do homem e da mulher, respectivamente para o percentil de 99%, 50% e 1%. Para se determinar as frequências, foram aplicadas sobre estas classes todas as estaturas presentes nesta pesquisa, resultando em dois ajustes para o percentil de 99% e 50% e um ajuste para o percentil de 1%, pois sua distribuição da distância dos centros dos furos estava fora da norma ABNT NB14 (MELCONIAN, 2000). Já para as demais variáveis (A01, A02, A03, A04, E01 e E02), como não terão regulagem de suas dimensões, suas classes foram divididas em três partes (classe 1, classe 2 e classe 3). Os cálculos referentes às frequências foram feitos seguindo os passos citados para dimensão da altura do assento, porém agora será em função da distância entre três partes iguais. Deste modo suas medidas foram definidas de acordo com as respectivas dimensões da população utilizada

pela pesquisa e estas baseadas na norma ABNT NBR 14006, nos autores citados no referencial teórico e nas frequências calculadas.

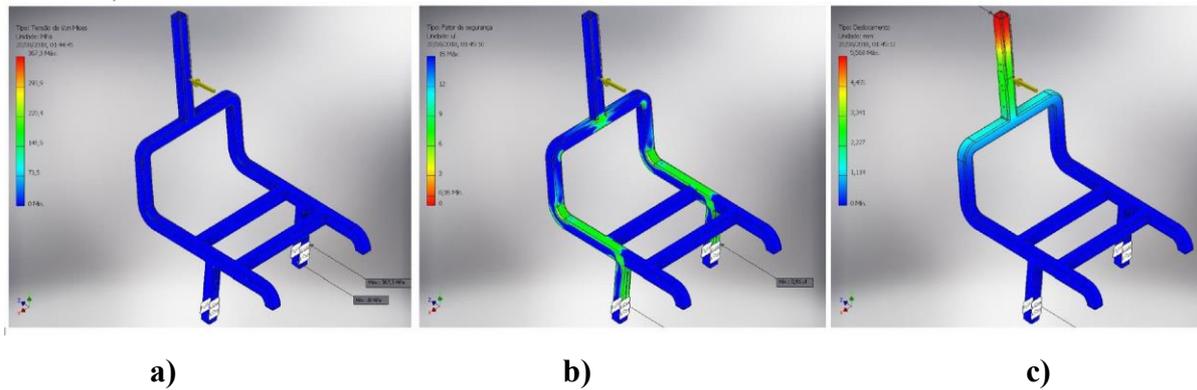
As medidas coletadas sobre a cadeira utilizada nas salas de aula da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, foram comparadas com as medidas recomendadas pela norma ABNT NBR 14006 para cadeiras escolares, na qual se verificou diferenças dimensionais nas seguintes variáveis: altura do assento (5 cm (10,6%)); profundidade do assento (4 cm (9,5%)); largura do assento (0,5 cm (1,25%)) e largura do encosto (4,5 cm (11,25%)) (todos os valores são aproximados). Todas as variáveis fornecidas pela NBR 14006 que possuíram diferença em relação as da cadeira da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, foram feitas as médias dos intervalos recomendados para essas variáveis em relação as estaturas dos alunos da escola considerando homens e mulheres (altura mínima: 150 cm; altura máxima: 194 cm). Na simulação do protótipo foi aplicada uma força de 1500 N sobre o centro geométrico do assento, de cima para baixo, formando um ângulo reto com a superfície do assento. Esta carga aplicada é distribuída por toda a área. Os resultados (figura 3), para a tensão de Von Mises (3a), fator de segurança (3b) e deslocamento (3c), da estrutura são satisfatórios, portanto não apresentam nenhum ponto crítico que possa advir a um rompimento.

Figura 3 – Simulação do protótipo, assento. a) Tensão de Von Mises no assento; b) Fator de segurança no assento; c) Deslocamento no assento.



Para o Ensaio de carga estática no encosto a norma recomenda a aplicação de uma força de 760 N posicionada a 300 mm +/- 0,5 mm da superfície do assento. As figuras 4a), 4b), e 4c) representam os resultados da tensão de Von Mises, fator de segurança e deslocamento da estrutura, respectivamente.

Figura 4 – Ensaio de carga estática no encosto. a) Tensão de Von Mises no encosto; b) Fator de segurança no encosto; c) Deslocamento no encosto.



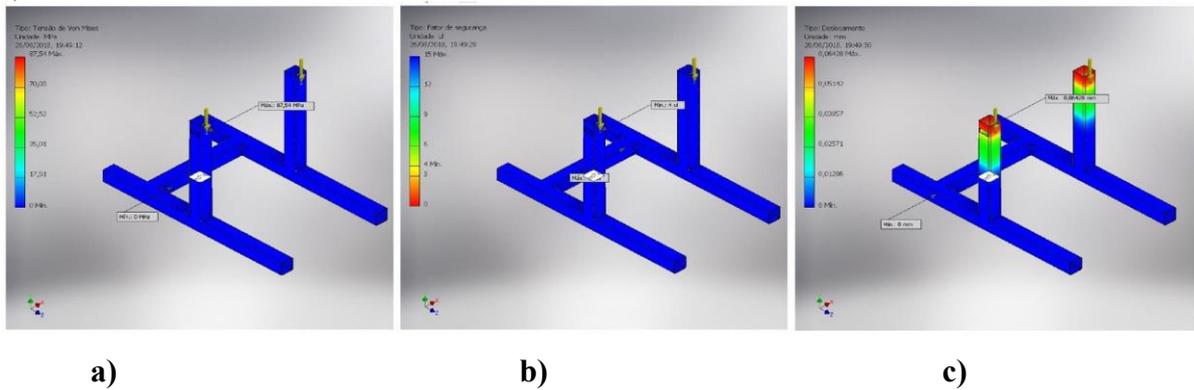
Pode-se observar que a estrutura possui um coeficiente de segurança menor em algumas partes da estrutura (em verde), porém são deformações que estrutura está capacitada a receber sem ocasionar em um rompimento. A indicação do coeficiente de segurança de 0,95 se dá pela sua localização (em um canto), deste modo significa um acúmulo de tensões e, portanto, não representa nenhum comprometimento da estrutura.

A norma específica que a deformação máxima permanente não deve ultrapassar 10% da altura do ponto de interseção das linhas de centro do assento e encosto, ou seja, na região lombar e abaixo das omoplatas. Como este ponto não é visível na estrutura da cadeira projetada nesta pesquisa, a norma foi adaptada para que esta deformação não ultrapasse 10% da altura do encosto a partir do centro da lombar. O deslocamento máximo da estrutura, proporcionado pelo software, foi de 5,568 mm, portanto tendo em vista que a estrutura pode deslocar 33,8 mm, a estrutura do encosto está de acordo com a norma. O Ensaio de carga estática na base simula a força de cisalhamento imposta sobre o furo do sistema de regulação pino-mola.

A força utilizada foi de 1500 N, ou seja, a mesma utilizada para o ensaio do assento, porém neste caso dividida por dois e então aplicada sobre cada um dos furos. Os resultados para este ensaio foram satisfatórios, pois não apresentam riscos de deformação permanente nos furos do sistema pino-mola e no restante da estrutura.

As figuras 5a), 5b), e 5c) apresentam os resultados da tensão de Von Mises, fator de segurança e deslocamento da estrutura, respectivamente.

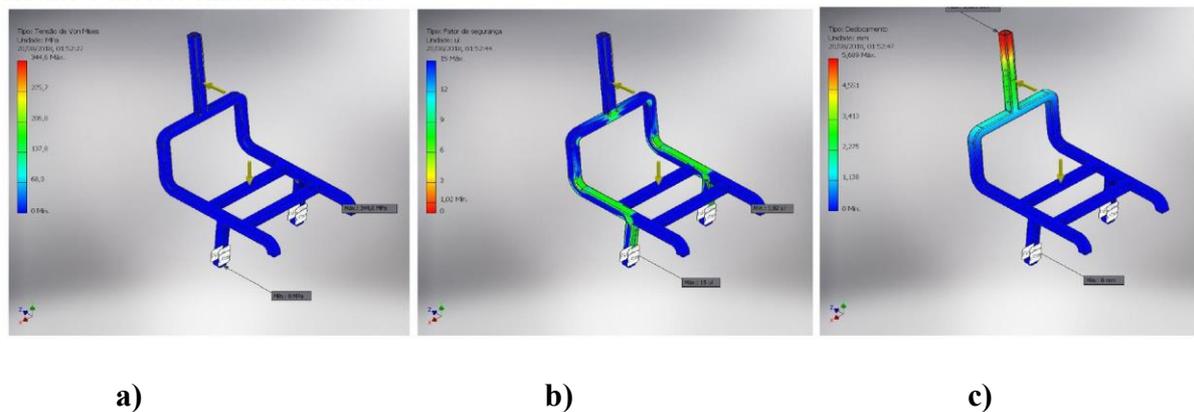
Figura 5 – Ensaio de carga estática na estrutura. a) Tensão de Von Mises na base; b) Fator de segurança na base; c) Deslocamento na base.



O Ensaio de carga estática no assento e encosto concomitantemente foi realizada com o objetivo de avaliar se a estrutura do assento e cadeira suportará de maneira firme o usuário, simulando-o na posição sentada. Primeiro foram utilizadas as mesmas cargas citadas anteriormente recomendadas pela norma ABNT NBR 14006 para o assento e encosto, desta vez de forma simultânea.

Segue nas figuras 6a), 6b) e 6c), os resultados da tensão de Von Mises, fator de segurança e deslocamento no assento e encosto, respectivamente.

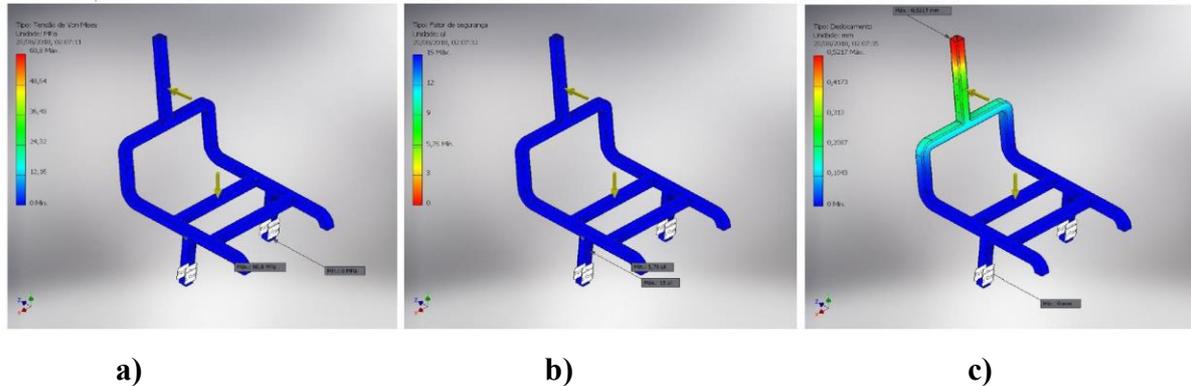
Figura 6 – Ensaio de carga estática no assento e encosto concomitantemente. a) Tensão de Von Mises no assento e encosto simultaneamente; b) Fator de segurança no assento e encosto simultaneamente; c) Deslocamento no assento e encosto simultaneamente.



Os pontos com uma maior tensão possuem um fator de segurança menor que o restante da estrutura, mas mantém o mesmo valor do fator calculado, portanto não representam nenhum risco para a estrutura. Pode ser observado na figura 6c) que o maior deslocamento da estrutura está dentro do permitido pela norma, tendo em vista que esta deformação não ultrapasse 10% da altura do encosto a partir do centro da lombar.

As figuras 7a), 7b) e 7c), apresentam os respectivos resultados das análises da tensão de Von Mises, fator de segurança e deslocamento da estrutura com as cargas de no assento ( $Q_A$ ) e no encosto ( $Q_E$ ).

Figura 7 – Ensaio de carga estática no assento e encosto concomitantemente. a) Tensão de Von Mises com carga de 972,38 N no assento e 57,88 N no encosto; b) Fator de segurança com carga de 972,38 N no assento e 57,88 N no encosto; c) Deslocamento com carga de 972,38 N no assento e 57,88 N no encosto.



Os resultados destas análises foram melhores do que os realizados seguindo as forças indicadas pela norma, tendo em vista que estes esforços são menores, portanto seus resultados também são satisfatórios.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

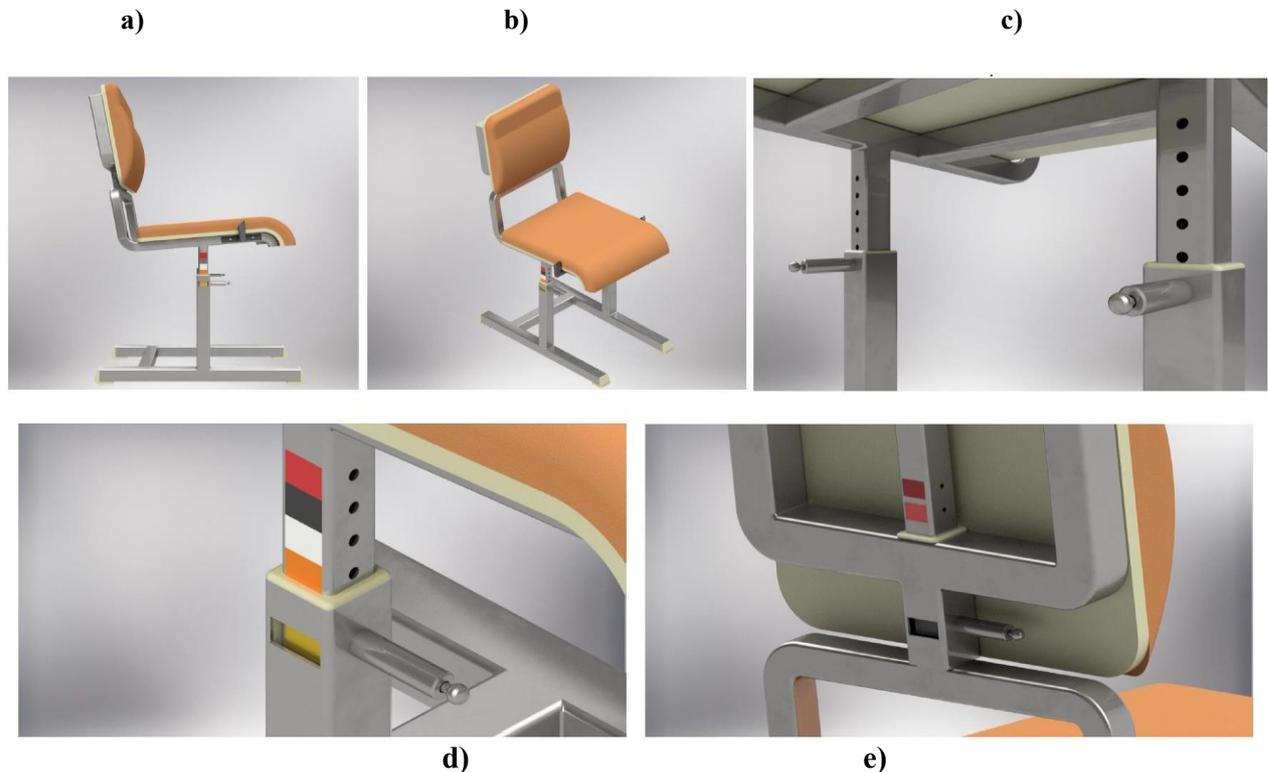
### 4.1 REGULAGENS E DIMENSÕES DA CADEIRA

Por meio do cálculo das frequências, são determinados os valores das dimensões e regulagens da cadeira proposta. Os respectivos valores das frequências, organizadas conforme sua variável antropométrica. A relação das variáveis antropométricas e das dimensões da cadeira está determinado com base nas medidas obtidas. O assento possui uma largura que se ajuste à largura torácica do usuário (LIDA, 2005). Esta largura foi calculada por meio da equação fornecida por Contini e Drillis (1996 apud LIDA, 1990) referente às estimativas de comprimento de partes do corpo em pé, em função da estatura. Deste modo a média de todas as larguras encontradas foi de 29,8 cm, porém como a maior frequência encontrada para a variável A01 foi de 39,382 como valor referente à largura do assento estabelecido foi de 40 cm, pois pertence ao percentil de 99,5% da população estudada. Esta dimensão está de acordo com a norma ABNT NBR 14006, portanto sua medida se justifica por atender e beneficiar um maior número de alunos.

As figuras 8a), 8b), 8c), 8d) e 8e) correspondem com a vista lateral, a vista em

perspectiva, o posicionamento do sistema pino-mola assento, a identificação da regulagem da altura do assento, em cores e a identificação, também em cores, da regulagem da altura do encosto da cadeira, com suas determinadas dimensões e ajustes.

Figura 8 – Protótipo virtual. a) Vista lateral da cadeira; b) Vista em perspectiva da cadeira; c) Posicionamento do sistema pino-mola no assento; d) Identificação por cor da regulagem de altura do assento e) Identificação por cor da regulagem de altura do encosto.



Pode ser observado nas figuras 8c), 8d) e 8e) que os ajustes da altura do assento e encosto possuem cores para identificar a posição do furo. Isto foi elaborado para proporcionar uma melhor visualização para o aluno, com relação ao ajuste correto do assento e encosto, em função de sua estatura. Deste modo cada ajuste identificado com uma cor possui um intervalo de estatura mais adequado.

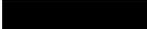
A tabela 4 e 5 apresentam as cores correspondentes de cada intervalo de estatura para o ajuste do assento e encosto, respectivamente, com a identificação do gênero que melhor se adapta, dentro da população estudada. M corresponde ao gênero masculino e F ao gênero feminino.

Tabela 4 – Identificação para o ajuste de altura do assento

	Cor	Intervalo de estatura (m)	Gênero
	Vermelho	1,5 – 1,573	M ou F
	Preto	1,573 – 1,646	M ou F
	Branco	1,646 – 1,72	M ou F
	Laranja	1,72 – 1,793	M ou F
	Verde	1,793 – 1,866	M ou F
	Amarelo	1,866 – 1,94	M ou F

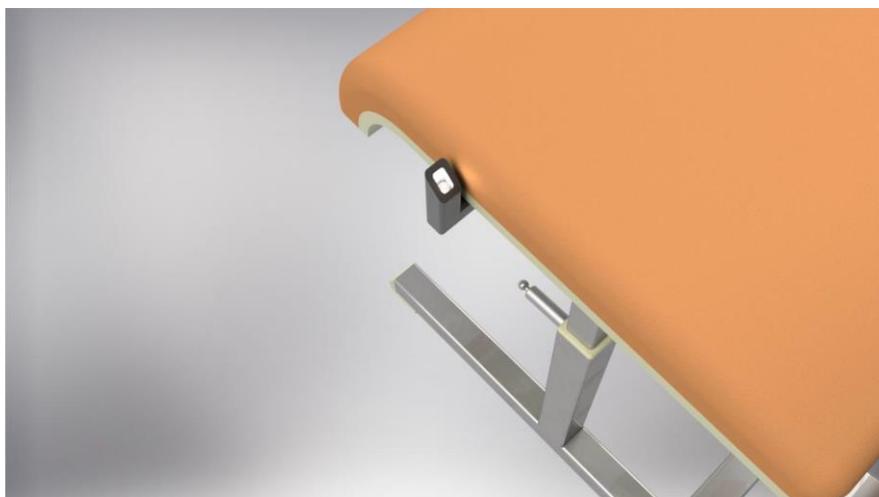
A tabela 5 foi gerada para a identificação para o ajuste de altura do encosto da cadeira.

Tabela 5 – Identificação para o ajuste de altura do encosto.

	Cor	Intervalo de estatura (m)	Gênero
	Preto	1,476 – 1,59	M ou F
	Verde fraco	1,626 – 1,755	M
Verde forte	F		
	Vermelho fraco	1,774 – 1,92	M
	Vermelho forte		F

O sinal luminoso emitido pelo sistema eletrônico da cadeira quando o aluno não estiver com um correto alinhamento da coluna vertebral está posicionado conforme a figura 9. O material desta estrutura é de plástico, de modo que fique fixada no assento com o auxílio de 2 parafusos, em cada lado.

Figura 9 – Acoplamento para o sistema luminoso (LED) do sensor postural



## 5 CONCLUSÃO

A largura do assento da pesquisa está dentro da norma, visto que atinge 100% da população alvo, beneficiando todos os alunos de diferentes tipos de perfis corporais. Esta dimensão corresponde com a dimensão da cadeira da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, na qual também segue a norma para mobiliário escolar. A profundidade do assento da Fundação Liberato é de 38 cm, 4 cm abaixo da proporcionada pela cadeira da presente pesquisa. Esta dimensão está de acordo com a norma 14006 e atende de forma ergonomicamente correta o público-alvo da pesquisa, pois a borda frontal do assento não deve comprimir as veias, nervos, artérias e tendões presentes na parte de trás dos joelhos. Sua diferença para a dimensão da cadeira da pesquisa com a cadeira da fundação é que a distância da espessura entre a cavidade poplíteica e o joelho é maior e corresponde a 10,16 cm. Estas dimensões atingem 100% da população alvo, de modo que para as pessoas mais altas ou baixas só mudará a distância da espessura entre a cavidade poplíteica e o joelho. A altura da cadeira da Fundação Liberato de 42 cm corresponde com as estaturas de 1,46 a 1,765 m (verde), porém abrangem uma população de 15,6% do público alvo da pesquisa, ou seja, 29 pessoas.

Deste modo esta variável não possui uma dimensão ergonomicamente correta. Já a altura da cadeira projetada, por possuir uma regulagem por pino, abrange 100% da população alvo da pesquisa, beneficiando todos os alunos, de diferentes estaturas. Portanto afirma-se que a altura correta do assento evita o esmagamento da parte inferior das coxas evitando problemas circulatórios e proporcionando um melhor retorno do sangue acumulado nos membros inferiores.

Assim pode-se afirmar que esta variável é ergonomicamente correta com relação as dimensões antropométricas do público-alvo. A largura do encosto da cadeira da Fundação Liberato possui um espaço de movimento livre de 1,1 cm para cada braço, impossibilitando e prejudicando os usuários com relação a alguns movimentos para os braços. Já a cadeira projetada nesta pesquisa possui uma largura do encosto com um espaço livre de 3,1 cm para cada braço, tendo em vista que atinge 100% da população alvo de forma ergonômica sem limitar os alunos a certos movimentos dos braços. A altura do encosto da cadeira da Fundação Liberato não possui nenhum ajuste e nenhum raio que se adéque a lordose lombar. Sua dimensão corresponde com a proposta pela norma para mobiliário escolar, que é de 15 cm da superfície da borda, porém esta dimensão não condiz com as dimensões desta variável para o público-alvo da pesquisa. Deste modo conclui-se que ela contribui para uma pior curvatura lombar e uma postura incorreta da coluna vertebral. Esta dimensão incômoda contribui para o

desenvolvimento de lesões na coluna lombar, pois implica em grandes esforços nos discos intervertebrais inferiores (L4-L5 e L5-L6), provocando maiores chances de hérnia de disco.

Já a cadeira projetada nesta pesquisa possui um ajuste com cinco alturas diferentes para o encosto, considerando-se os raios da lordose lombar. Deste modo esta regulagem abrange 83,87% da população alvo da pesquisa, proporcionando uma pressão nos discos intervertebrais menor, do que em uma postura curvada, pois como o encosto possui um raio lombar adequado para os alunos da Mecânica, feito com um material ergonomicamente correto, ele mantém a coluna na forma de um “s” alongado com uma lordose na coluna lombar, mantendo ela com um alinhamento natural. O aumento ou inadequação do encosto com relação a lordose lombar poderá causar o rompimento dos discos e conseqüentemente uma hérnia de disco. Com relação as dimensões da cadeira proposta pela presente pesquisa, conclui-se que todas as suas dimensões antropométricas atendem a 96,774% da população alvo da pesquisa, já a cadeira da Fundação Liberato atende 63,12% da população. Tendo em vista que esta diferença de 33,654% da cadeira proposta se dá pelas regulagens da altura do assento e encosto, justo as variáveis que quando não possuem dimensões adequadas ao aluno, causam lesões em sua coluna lombar, ocasionando em uma hérnia de disco, pelo tempo de exposição do aluno com um mau alinhamento da coluna vertebral durante a postura sentada. Também pode causar o mau funcionamento das veias e artérias das pernas, ou seja, dificultar a circulação do sangue das pernas para o coração. Portanto esse desenvolvimento de hábitos posturais inadequados, além de interferir no processo de aprendizagem, pode ocasionar na incidência de dores nas costas durante a fase adulta.

O sistema eletrônico auxiliará o aluno a manter o bom alinhamento da coluna vertebral, ou seja, ajudará a manter uma lordose lombar correta evitando ou diminuindo a cifose, para então diminuir a pressão e os riscos de lesões e hérnia de disco nas vértebras L4-L5 e L5-L6 (região lombar da coluna vertebral). Como foi apontado no item 3.8, a estrutura da cadeira está conforme o indicado pela norma ABNT NBR 14006, com relação aos ensaios de carga estática nas estruturas, ou seja, possui resultados satisfatórios e um bom coeficiente de segurança, sem a possibilidade de apresentar um rompimento.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800 NB 14. Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios (método dos estados limites). Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14006. Móveis escolares – Cadeiras e mesas para conjunto aluno individual. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11888. Bobinas e chapas finas a frio e a quente de aço carbono e de aço de alta resistência e baixa liga — Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8261. Tubos de aço-carbono, formado a frio, com e sem solda, de seção circular, quadrada ou retangular para usos estruturais. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NR 17: Norma Regulamentadora Nº 17 - Ergonomia. Rio de Janeiro, 2015.

ABRAHÃO, Julia et al. Introdução à Ergonomia. São Paulo: Blucher, 2009.

AZEVEDO, Liliana Pamela S.L. Design de Interiores e Espaços Escolares – influências na aprendizagem, 2012. (dissertação), Faculdade de engenharia. Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2012.

BRACCIALLI, Lígia Maria Presumido. Influência da Utilização do Mobiliário Adaptado na Postura Sentada de Indivíduos com Paralisia Cerebral Espástica, 2000. (Tese de Doutorado), Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2000.

BRANDIMILLER, Primo A. O corpo no trabalho: guia de conforto e saúde para quem trabalha em microcomputadores. São Paulo: Editora SENAC, 1999.

BRASIL. Manual de Aplicação da Norma Regulamentadora Nº 17. 2. ed. Brasília: 2002.

CAILLIET, Rene. Compreenda sua dor de coluna. São Paulo: Manole, 1985.

COLIN, Palmer. Ergonomia. 1. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1976.

COURY, Helenice. Programa auto-instrucional para o controle de desconfortos posturais em indivíduos que trabalham sentados. Campinas: Unicamp, 1994.

COUTO, Hudson de Araújo. Como implantar ergonomia na empresa: a prática dos comitês de ergonomia. Belo Horizonte: Ergo, 2002.

DUL, Jan; WEERDMEEESTER, Bernard. Ergonomia prática. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

GRANDJEAN, Etienne. Manual de Ergonomia. Porto Alegre: Bookman, 1998.

KENDALL, Florence Peterson et al. *Músculos: provas e funções*. 5. ed. São Paulo: Manole 2007.

KROEMER, K. H. E; GRANDJEAN, E. *Manual de Ergonomia*. 5. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIDA, Itiro. *Ergonomia projeto e produção*. 6. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1990.

LIDA, Itiro. *Ergonomia*. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

MALVINO, Albert Paul; BATES, David J. *Eletrônica: volume 2*. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MELCONIAN, Sarkis. *Mecânica Técnica e Resistência dos Materiais*. 11. Ed. São Paulo: Érica, 2000.

MIRANDA, Pauline Vielmo; PEREIRA, Ascísio dos Reis; RISSETTI, Gustavo. *A influência do ambiente escolar no processo de aprendizagem de escolas técnicas*. Santa Cruz do Sul, Universidade de Santa Cruz do Sul, 2016. Relatório de pesquisa.

MTE – MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Secretaria de Inspeção do Trabalho. *Nota Técnica 060/2001*. Brasília, 2001.

NOVOA, Laura Martinez; TOMIOKA, Jorge. *Estudo da Estrutura do White Light Emitting Diode – White LED*. Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do ABC, Santo André, s.d. Disponível em: Acesso em: 25 jun. 2018.

NR 17 – ERGONOMIA 08 de junho de 1978 06/07/78.

OLIVEIRA, Juliana Mendes et al. *Estudos em design. Ergonomia de carteiras escolares e sua influência no estresse físico de alunos do ensino fundamental*, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 1-15, 2011.

RAMAL, Andrea. *A nova Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Salvador: CEAP, 1997.

SCHNEIDER, Rodolfo Herberto; IRIGARAY, Tatiana Quarti. *O envelhecimento na atualidade: aspectos cronológicos, biológicos, psicológicos e sociais*, 2008. 9 p. PUCRS, Campinas, 2008.

SILVA, Eloisa Monteiro. *Avaliação da Preferência de Cadeiras para Diferentes Tipos de Trabalhos de Escritório*. 2003. 247 p. (Tese de Pós-Graduação), Engenharia de Produção.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SOLOMAN, Sabrie. Sensores e sistemas de controle na indústria. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

STRIANO, Philip. Coluna saudável: anatomia ilustrada. São Paulo: Manole, 2015.

SURRADOR, Susana Raquel Brito. Mobiliário Escolar Infantil: Recomendações para o seu design, 2010. 134p. (Tese de Mestrado), Escola Superior de Artes e Design. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.

TILLEY, Alvin. As medidas do homem e da mulher. Porto Alegre: Bookman, 2005.