

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CURSO DE GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

DANIEL GEORGE MENESES DE MELO

**AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE CADEIRAS COM PRANCHETA A PARTIR DA
UTILIZAÇÃO DE VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS COMO FATOR DE DECISÃO**

FORTALEZA

2012

DANIEL GEORGE MENESES DE MELO

AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE CADEIRAS COM PRANCHETA A PARTIR DA
UTILIZAÇÃO DE VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS COMO FATOR DE DECISÃO

Trabalho Final de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia de
Produção Mecânica da Universidade Federal do
Ceará como requisito parcial para obtenção do
Título de Engenheiro de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Anselmo Ramalho Pitombeira
Neto

FORTALEZA

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

M485a Melo, Daniel George Meneses de.

Avaliação ergonômica de cadeiras com prancheta a partir da utilização de variáveis antropométricas como fator de decisão/ Daniel George Meneses de Melo – 2012.

72f. : il., color., enc. ; 30 cm.

Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Produção Mecânica, Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Fortaleza, 2012.

Área de Concentração: Ergonomia.

Orientação: Prof. Ms. Anselmo Ramalho Pitombeira Neto.

1. Ergonomia 2. Gestão da Produção – cadeiras. I. Título

CDD 658.51

DANIEL GEORGE MENESES DE MELO

AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE CADEIRAS COM PRANCHETA A PARTIR DA
UTILIZAÇÃO DE VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS COMO FATOR DE DECISÃO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro de Produção Mecânico.

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Anselmo Ramalho Pitombeira Neto (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Luis Fernando Mahlmann Heineck

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Rogério Teixeira Mâsih

Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus, aos meus pais Oscar e Angela Melo, aos meus irmãos Diego e Deborah, aos meus avós e demais familiares, e a minha namorada Rharyma Rocha dedico.

AGRADECIMENTOS

Este é o momento o qual um dos objetivos traçados em minha vida finalmente se conclui. Não poderia iniciar sem agradecer ao meu Deus que em todos os momentos esteve comigo durante esta caminhada, mesmo que a maior parte do tempo eu estivesse em caminhos contrários a Ele.

Aos meus pais Oscar Francisco de Melo Neto e Angela Maria Meneses de Melo por se dedicarem por completo para que este momento se concretizasse, pelos conselhos e pelo exemplo de vida que são.

Aos meus irmãos queridos Diego Meneses de Melo e Deborah Meneses de Melo. Por serem os espelhos da minha vida, pela ajuda que sempre me deram. Pelos momentos de diversão que sempre temos.

Às minhas tias Lúcia, Rosa, Liduina e Vilma Melo e Lúcia Meneses por serem as mulheres que sempre me ajudaram durante toda minha vida. Aos meus primos Helliton e Lara Melo e Ramah Meneses pelo companheirismo e momentos de descontração. Ao meu avô Antônio de Melo por ser um exemplo de força.

Agradeço a minha amada namorada Rharyma Rocha pelo amor dedicado, ajuda nos momentos certos e por ser a pessoa certa na minha vida.

Agradeço aos meus amigos de faculdade Marcos Luiz, Ricardo Amaral, Fellipe Façanha e Diego Platini por serem companheiros do início ao fim, aqueles que sei que posso contar sempre que necessitar. Ao meu amigo André Alencar que sempre me ajudou quando precisei.

Agradeço ao Prof Rogério Masih por incentivar meu trabalho e ter dado a oportunidade de iniciá-lo durante sua disciplina. Ao meu orientador Prof Anselmo Pitombeira pelos conselhos. Aos professores Heineck, José Belo e Heráclito Jaguaribe pela assessoria prestada.

Por fim agradecer aos demais que não foram citados, mas que tem participação ativa na conclusão desta etapa da minha vida. Meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

O trabalho ora apresentado tem por objetivo realizar a avaliação da adequação ergonômica de cadeiras com pranchetas disponibilizadas aos alunos do curso de Engenharia de Produção Mecânica (CEPM) da Universidade Federal do Ceará (UFC) a partir de variáveis antropométricas. Realizou-se o levantamento das medidas corpóreas de diversos alunos matriculados no curso, de modo que estas características foram utilizadas como parâmetros para avaliação do mobiliário escolar. A determinação de qual móvel era mais adequado para a população pesquisada foi obtido através de pontuações que respeitavam recomendações de literaturas especializadas no tema. Observou-se que o modelo B de cadeira apresentou maior pontuação, sendo, portanto, o tipo que mais se adequou às características antropométricas dos alunos pesquisados.

Palavras-chave: Adequação antropométrica. Ergonomia. Cadeiras com prancheta.

ABSTRACT

The work presented aims to carry out the assessment of the adequacy of ergonomic chairs with clipboards available to the students of Mechanical Production Engineering from the Federal University of Ceara by anthropometrics variables. A survey of body measurements of several students was conducted, in a way that these characteristics were used as parameters for evaluation of school furniture. The determination of which furniture was more suitable for the students was obtained from scores which comply with recommendations of specialized literature on the subject. It was observed that the model B chair had the highest score, therefore, the type that better fit the anthropometric characteristics of the students survey.

Keywords: Anthropometric fit. Ergonomics. Chairs with clipboards.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Interdisciplinaridade da ergonomia.....	20
Figura 2 - Procedimento de seleção para postura básica de trabalho	22
Figura 3 - Frequência de posturas de trabalhadores de escritório em 1962.	23
Figura 4 - Efeitos das diferentes posturas sobre os discos intervertebrais.	25
Figura 5 - Efeito do ângulo do assento na pressão sobre o disco e na atividade elétrica dos músculos das costas.....	25
Figura 6 - Medidas humanas relativas aos diferentes percentis.	26
Figura 7 - Estimativas de comprimentos do corpo.	28
Figura 8 - Estimativas de comprimentos do corpo.	29
Figura 9 - Probabilidade de valores para um intervalo conhecido (a,b).....	30
Figura 10 - Probabilidade de valores para um intervalo conhecido (Z,Zo).....	31
Figura 11 - Ficha de coleta de dados	38
Figura 12 - Formulários em Google Docs utilizado pela turma	39
Figura 13 - Variáveis de decisão para cadeiras com prancheta	48
Figura 14 - Modelo A	48
Figura 15 - Modelo B	49
Figura 16 - Modelo C	49
Figura 17 - Modelo D	50
Figura 18 - Modelo E	50
Figura 20 - Modelo humano formado por medidas antropométricas de alunos do CEPM.....	70

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de ingressantes na UFC para o CEPM.....	34
Gráfico 2 - Número de alunos matriculados no CEPM.....	35
Gráfico 3 - Porcentagem de matriculados no ano de 2010.....	36
Gráfico 4 - Identificação de outlier na variável A12.....	44
Gráfico 5 - Identificação de outlier na variável B5.....	45
Gráfico 6 - Identificação de outlier na variável B09.....	46
Gráfico 7 - Identificação de outlier na variável A13.....	46
Gráfico 8 - Avaliação ergonômica de cadeiras a partir da variável H1 – 08B.....	57
Gráfico 9 -Avaliação ergonômica de cadeiras a partir da variável H2-05B.....	58
Gráfico 10 -Avaliação ergonômica de cadeiras a partir da variável H2-04B.....	59
Gráfico 11 - Avaliação ergonômica de cadeiras a partir da variável P1-B06.....	60
Gráfico 12 - Avaliação ergonômica de cadeiras a partir da variável L2-A13.....	60
Gráfico 13 - Avaliação ergonômica de cadeiras a partir da variável L3-A11.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos parâmetros antropométricos.....	41
Tabela 2 - Relação de variáveis com possíveis outliers	43
Tabela 3 - Medidas das variáveis de decisão para cadeiras com prancheta	51
Tabela 4 - Regras de pontuação.....	52
Tabela 5 - Valores de medidas centrais e de dispersão	54
Tabela 6 - Relação entre variáveis.....	55
Tabela 7 - Avaliação ergonômica dos modelos de cadeiras a partir de variáveis antropométricas.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEPM Curso de Engenharia de Produção Mecânica

UFC Universidade Federal do Ceará

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Problema.....	14
1.2	Objetivos.....	15
1.1.2	Objetivo geral	15
1.2.2	Objetivos específicos.....	15
1.3	Justificativa.....	15
1.4	Metodologia.....	16
1.5	Limitações e limites.....	17
1.6	Estrutura do trabalho	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	Conceitos básicos de ergonomia	19
2.2	Considerações sobre atividades com postura sentada	21
2.3	Antropometria.....	25
2.4	Estatística aplicada à ergonomia	29
3	MÉTODO APLICADO.....	33
3.1	Dados antropométricos.....	33
3.1.1	Universo e amostragem da população.....	34
3.2.1	Definição de variáveis	37
3.3.1	Definição dos procedimentos de coleta de dados.....	37
3.4.1	Equipamentos utilizados.....	40
3.5.1	Procedimentos básicos.....	40
3.6.1	Tratamento de erros e identificação de outliers.....	42
3.2	Avaliação de cadeiras com prancheta.....	47
3.1.2	Definição de variáveis	47
3.2.2	Método de avaliação.....	51
4	RESULTADOS	53
4.1	Resultados e discussão de dados antropométricos	53
4.2	Resultados e discussão da avaliação de cadeiras com prancheta	54
5	CONCLUSÃO.....	63
5.1	Sugestões para trabalhos futuros	64

REFERÊNCIAS	65
APÊNDICES	68
ANEXO	72

1 INTRODUÇÃO

Os mobiliários escolares disponibilizados aos alunos, sejam eles de ensino fundamental, médio ou superior são projetados, normalmente, sem um estudo preliminar de adequação aos seus usuários, surgindo com isso um problema de inadequação ergonômica. Segundo Paschoarelli (1997) o grande problema para formulação de projetos de cadeiras escolares é a própria natureza a qual ela se encontra, ou seja, por se tratar de um equipamento em ambiente escolar e não de um local industrial, não existe o estímulo para soluções ergonômicas, pois o conjunto cadeira-mesa, na maioria das vezes, não é tomado como um local de atividade produtiva.

Ao se considerar o conjunto cadeira-mesa como um local de atividade é preciso atentar aos problemas relacionados ao mau dimensionamento do mesmo aos seus usuários. Portanto as considerações ergonômicas devem ser realizadas a fim de certificar esta relação como harmônica. Para Lueder e Rice (2008) os maus projetos de mobiliário escolar para crianças podem refletir-se em consequências que serão apresentadas somente na fase adulta. Deste modo a longa exposição do indivíduo aos locais inadequados ao uso, somados aos vícios de postura podem ser geradores de problemas no que tange a saúde.

Esta abordagem se mostra cada vez mais corrente em diversos países. Em Taiwan existem trabalhos que caracterizam os estudantes através de variáveis antropométricas diversas, analisam os mobiliários e até mesmo projetam novos móveis a partir dos resultados antropométricos, como é o caso da pesquisa de Rungtai Lin e Yen-Yu Kang (2003) e trabalhos similares como o de Metin Tunay e Kenan Melemez (2008).

Estes trabalhos mostram que existe uma mobilização mundial em busca de gerar padrões que possam contribuir na determinação de medidas ideais. Entretanto os padrões devem se restringir a grupos bem definidos, tendo em vista que as características antropométricas apresentam grande relação com fatores como gênero, idade e etnia por exemplo.

Deste modo a análise do ambiente escolar, em particular, do mobiliário escolar, mostra-se um assunto pouco explorado e passível de novas pesquisas e contribuições. Tornando-se um assunto de utilidade para sociedade.

Assim, a presente pesquisa visa avaliar a adequação ergonômica do mobiliário utilizado por alunos do Curso de Engenharia de Produção Mecânica (CEPM).

1.1 Problema

A adequação do homem ao ambiente de trabalho é uma perspectiva antiga do modo de como se analisa a relação homem-trabalho. Com a criação e a divulgação maciça dos conceitos em ergonomia, houve a inversão na forma como relação de trabalho é analisada, deste modo o trabalho passa a ser a variável que se submete a maiores mudanças, ou seja, o homem passa a ser o parâmetro e o trabalho, sempre que possível, se adequa a ele.

No Brasil as decisões políticas no âmbito educacional incentivam, cada vez mais, a entrada dos estudantes no sistema de educação brasileiro, seja ele de ensino fundamental, médio ou universitário através de medidas como bolsa família ou facilidades de crédito para estudantes que queiram iniciar a vida universitária. Deste modo o ambiente escolar se torna um local propício ao estudo da relação homem e os instrumentos de trabalho, visto o crescimento desta relação com a inclusão de grande parte da sociedade nos meios de educação.

Ao se discutir a questão de ergonomia em ambientes de estudo a maior preocupação se dá à forma como os alunos se interagem com os mobiliários que lhes são disponibilizados. Existem diversas pesquisas que mostram a correlação entre desconfortos relacionados a dores nas costas e pescoço com inadequação de mobiliário escolar. Segundo Lueder e Rice (2008) as pesquisas mostram que posturas desajeitadas e por muito tempo em somente uma posição, somados aos péssimos projetos de mobiliário escolar são alguns fatores responsáveis por gerar problemas musculoesqueléticos em crianças em fase escolar.

O mau dimensionamento de cadeiras no ambiente escolar pode ser evitado através da sua adequação com a população que a utilizará. Estudos antropométricos visam reconhecer a natureza das medidas de um determinado grupo e realizar conclusões que servem de suporte para tomada de decisão ergonômica, como a determinação de especificações para mobiliário que se adeque as características peculiares de um grupo específico.

Todavia os dados antropométricos que ilustram as características dos diversos grupos da população brasileira são escassos. Segundo Reis *et.al* (2005) esta falta de dados tem como consequência a dificuldade em produção de mobiliários ergonômicos, restando às empresas

adotar medidas padrões de países que não compartilham das mesmas características antropométricas.

Diversa literatura mostram formas de se projetar o conjunto mesa-cadeira a partir de uma análise dos dados antropométricos dos indivíduos, determinando quais variáveis devem ser consideradas como limitantes de movimento e como determinar os percentis objetivos.

Com isso, levantou-se o seguinte questionamento: como avaliar ergonomicamente o mobiliário utilizado pelos alunos do CEPM da Universidade Federal do Ceará (UFC), a fim de obter parâmetros confiáveis de avaliação?

1.2 Objetivos

1.1.2 Objetivo geral

Realizar uma análise antropométrica para propor um modo de avaliação de cadeiras com pranchetas a partir dos dados coletados dos alunos do CEPM da UFC.

1.2.2 Objetivos específicos

- Explorar os conceitos de estatística para demonstrar o comportamento normal das variáveis antropométricas utilizadas;
- Discutir a importância dos conceitos de antropometria para definição das especificações para o mobiliário escolar;
- Utilizar os dados antropométricos coletados para formulação de um modelo humano dos alunos a fim de incentivar novas pesquisas neste ramo.

1.3 Justificativa

Este trabalho foi iniciado em atividades de caráter obrigatório na disciplina de Ergonomia do Trabalho, ofertada pelo Curso de Engenharia de Produção Mecânica e ministrada no ano de 2011. O trabalho realizado consistia em apresentar as características antropométricas dos alunos. A sugestão de continuar a pesquisa a fim de avaliar o mobiliário escolar e assim

aplicar os conceitos de ergonomia em questões práticas foi um dos fatores motivador para este trabalho. Segundo Laville (1977, *apud* PASCHOARELLI, 1997) só existe sentido para a ergonomia quando esta pode ser aplicada de forma prática, pois sem esta função não existe sentido para existência da mesma.

A pesquisa é importante tendo em vista a carência de documentos voltados ao ajuste de usuários em cadeiras com pranchetas, também conhecidas como cadeiras universitárias. Além de fatores acadêmicos, existe a necessidade de dar alvitre à sociedade, pois, inevitavelmente, este assunto tange a questão de saúde ocupacional dos usuários.

Além dos motivos citados anteriormente, Santos *et.al* (xxxx) afirma que existe a necessidade que o mobiliário utilizado por alunos seja capaz de oferecer a sensação de conforto físico e psicológico, tendo em vista que isto pode contribuir para o processo educacional.

O tema abordado é oportuno, pois a sociedade apresenta cada vez mais uma consciência social, este fato é corroborado com as diversas medidas de responsabilidade social que grandes instituições e empresas adotam a fim de gerar respostas às exigências da população. Portanto existe uma oportunidade de explorar a ergonomia como um tema que foca em resultados que favorecem para decisões visando o bem estar de todos.

1.4 Metodologia

As escolhas realizadas quanto as formas de desenvolver uma pesquisa científica dependem dos propósitos que orientam o pesquisador para gerar as respostas aos problemas que o estudo apresenta.

O trabalho é iniciado a partir da definição da população que se deseja pesquisar, no caso houve a limitação para alunos do CEPM da UFC. Em seguida foi determinado o tamanho deste grupo, de forma a encontrar o número ideal de pessoas para tornar os resultados mais significativos.

A amostragem adotada para a pesquisa foi não-probabilística com amostras por conveniência, segundo Sampieri (2006). Nestes casos são selecionados indivíduos que possuem atributos característicos para o bom desenvolvimento da teoria.

Após a fase de delimitações de amostra foi definida quais as variáveis utilizadas pelo estudo. Nesta etapa foi pesquisado em diversos trabalhos diferentes variáveis antropométricas e foram escolhidas aquelas que ajudariam tanto neste trabalho quanto em futuras pesquisas.

Antes de iniciar a realização da coleta de dados foram definidos os equipamentos utilizados durante a pesquisa. Além disso, foi realizado um breve treinamento para demonstrar os procedimentos básicos de medição.

O trabalho é finalizado com a apresentação dos dados coletados pela medição dos alunos, criação do modelo humano do grupo pesquisado, seguido da avaliação antropométrica das cadeiras com pranchetas existentes nas instalações utilizadas pelos alunos do CEPM.

1.5 Limitações e limites

Este trabalho se limita a analisar as cadeiras com pranchetas disponibilizadas aos alunos do CEPM da UFC, a partir de dados antropométricos deste grupo específico de acadêmicos. Portanto, não serão realizadas outras análises além daquelas relacionadas às medidas antropométricas.

Existem algumas limitações dentro da pesquisa no que diz respeito à utilização de material adequado para realização de medições antropométricas. Foram utilizadas fita métrica e trena como materiais de medição, todavia, para resultados com maior precisão seria necessária a utilização de antropômetro, cadeira antropométrica e balança de precisão.

1.6 Estrutura do trabalho

O presente trabalho encontra-se dividido da seguinte forma:

O Capítulo 1 apresenta o trabalho desenvolvido, discorre sobre a importância da pesquisa, os objetivos os quais se pretende alcançar, o método adotado para o desenvolvimento da pesquisas, as limitações encontradas e os limites aos quais o trabalho se mantém.

O Capítulo 2 aborda a revisão bibliográfica dos conceitos utilizados no desenvolvimento do estudo, com a definição de conceitos como ergonomia, antropometria e estatísticas através de pesquisas em literatura especializada nos assuntos. Mostra a evolução da

ergonomia desde sua criação até sua aplicação no cotidiano da população. Apresenta questões relativas à postura sentada tanto em aspectos ergonômicos, como vícios de postura e a própria questão de saúde laboral. Finaliza com a aplicação de conceitos de antropometria e estatística dentro do círculo de conhecimentos ergonômicos.

O Capítulo 3 apresenta os métodos utilizados para obtenção de dados antropométricos, contemplando etapas de definição do tamanho da amostra e amostragem, equipamentos utilizados, definição de variáveis e procedimentos de medição, além de definir o método adotado para tratamento dos dados. Por fim define os procedimentos para a etapa de avaliação das cadeiras.

No Capítulo 4 são realizadas a discussão dos resultados encontrados, tanto para os dados antropométricos quanto para a etapa de avaliação da adequação do mobiliário aos alunos pertencentes ao grupo definido.

O Capítulo 5 apresenta uma breve conclusão a cerca dos resultados encontrados e as considerações finais do trabalho, com sugestões para continuidade da pesquisa.

Ao final deste trabalho, encontram-se as referências que foram utilizadas para realização do trabalho. Além disso, estão presentes os apêndices com tabelas resultantes da pesquisa desenvolvida e anexo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fim de melhorar a compreensão dos tópicos abordados neste trabalho, torna-se necessário a revisão de conceitos de ergonomia e antropometria. Neste capítulo será explorada a questão de atividades realizadas na postura sentada, além disso, é destacada a utilização da estatística como uma ferramenta para estudos ergonômicos.

2.1 Conceitos básicos de ergonomia

A busca pelo modo mais conveniente de execução de uma atividade é uma obsessão do homem, segundo Kroemer e Grandjean (2005) o ser humano procurou desde os mais remotos tempos, tornar o seu trabalho mais leve e eficiente.

Deste modo a ciência que hoje é conhecida como ergonomia sempre existiu. O termo ergonomia, assim como diversas outras palavras, é advento da união de duas palavras gregas que significam trabalho (*ergon*) e legislação (*nomos*). Conforme Dul e Weerdmeester (2008) o termo ergonomia pode ser também referenciado como *human factors* (fatores humanos). Portanto o intuito desde conhecimento é gerar regras que contribuam para adaptação do trabalho às pessoas que o executam. De acordo com Kroemer e Grandjean (2005) a ergonomia sempre apresentou como objetivo fundamental, criar conhecimentos para a adequação das condições de trabalho às capacidades e realidades daqueles que estão envolvidos no serviço.

Por se tratar de uma ciência que busca adequar o homem ao seu trabalho, torna-se necessário a utilização de conhecimentos adquiridos nas mais diversas áreas do saber. Segundo Dul e Weerdmeester (2008) necessita da integração de conhecimentos não só da ciência humana, mas como também da tecnologia. Kroemer e Grandjean (2005) define a ergonomia como uma ciência interdisciplinar. Dul e Weerdmeester (2008) cita a antropometria, biomecânica, fisiologia, psicologia, toxicologia, engenharia mecânica, desenho industrial, tecnologia da informação e gesta como áreas que a ergonomia encontra fundamentação para suas conclusões.

A interdisciplinaridade da ergonomia como ciência cria a necessidade de vários tipos de abordagens. Segundo Iida (2005) os profissionais ergonomistas devem analisar o trabalho como um todo, de modo que os aspectos físicos, cognitivos, sociais, organizacionais e ambientais sejam contemplados em suas análises. A figura 1 ilustra a relação da ergonomia com as demais ciências.

Figura 1 – Interdisciplinaridade da ergonomia.



Fonte: Vidal (1998).

A *International Ergonomics Association* afirma que mesmo que alguns profissionais trabalhem especificamente em uma das áreas citadas anteriormente, elas não são mutuamente exclusivas. A associação internacional aprovou em assembleia no ano de 2000 as seguintes áreas:

- a) **Ergonomia Física:** Se preocupa com o estudo de posturas de trabalho, movimentos repetitivos, distúrbios musculoesquelético onde o trabalho é um fator a ser considerado dentre outras.
- b) **Ergonomia Cognitiva:** Estuda a relação existente entre homem-computador, carga mental, tomadas de decisão, treinamento e stress relacionados ao conjunto sistema-homem.
- c) **Ergonomia Organizacional:** Analisa os projetos de trabalhos, desenvolvimento da comunicação, programação do trabalho, cultura organizacional, gestão da qualidade e diversos outros tópicos.

Os conhecimentos em ergonomia eram inicialmente usados exclusivamente para áreas militares, pois seu maior crescimento se deu durante a II Guerra Mundial e no seu pós-guerra. De acordo com Iida (2005), o acontecimento da II Guerra Mundial tinha como produto

equipamentos com maior nível de complexidade, de modo que os itens bélicos existentes eram complicados de se usar, o que tornou as pesquisas para adequação dos equipamentos aos homens que os utilizavam algo mais intenso. Com o tempo a aplicação deste conhecimento foi aberta as mais diversas áreas tais qual a agricultura, serviços e até mesmo as situações diárias (IIDA, 2005).

Conceitos estabelecidos na ergonomia são utilizados com grande frequência pela sociedade. Diversos equipamentos e mobiliários, por exemplo, foram projetados levando em consideração a variável homem. O local de instalação de um chuveiro apresenta como fator de decisão um valor tal que seja possível atender à parcela com maior estatura, outro exemplo são os elevadores que utilizam conceitos de ergonomia cognitiva em seus painéis.

Segundo Iida (2005) os estudos em ergonomia não contribuem somente para gerar soluções industriais, mas também para melhorar as residências, circulação de pedestres e pessoas com deficiências. A capacidade que um equipamento, sistema ou tarefa tem de se adequar a qualquer usuário ou envolvido é um dos princípios citado por Dul e Weerdmeester (2008) para ergonomia.

2.2 Considerações sobre atividades com postura sentada

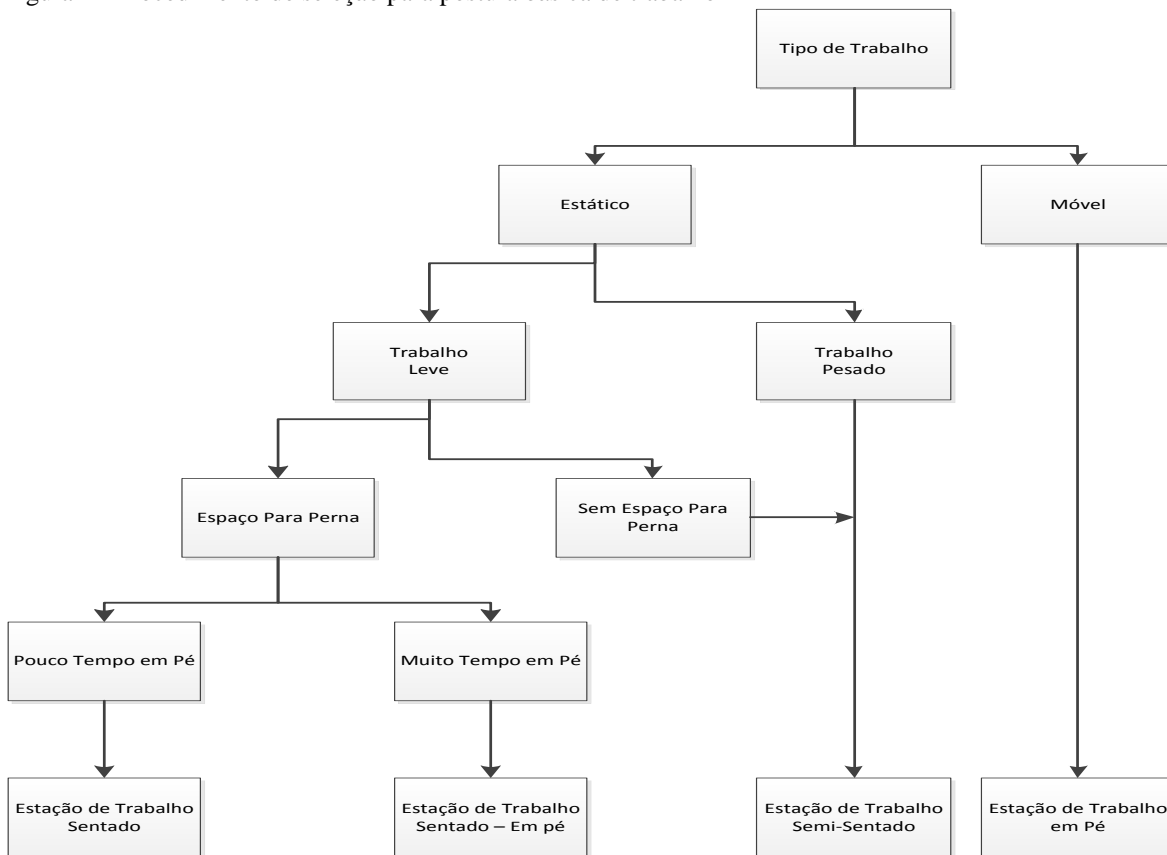
O conceito de trabalho vem sofrendo constantes mudanças, o que leva ao entendimento que nem todos os trabalhos estão relacionados ao esforço físico extremo. Para Lima (2008) as atuais funções existentes no ambiente de trabalho não exigem dos trabalhadores que executem tarefas que necessite de atividades físicas.

Esta nova realidade tem como principal motivo a transição da sociedade industrial (remanescentes das revoluções industriais) e a nova sociedade que tem como principal característica a rapidez da informação, a sociedade de comunicação e informatizada, levando com isso um aumento no número de pessoas que trabalham na postura sentada (LIMA, 2008). De acordo com Kroemer e Grandjean (2005) na maioria dos países industrializados, aproximadamente três quartos dos trabalhadores realizam suas atividades em postura sentada.

Para Dul e Weerdmeester (2008) as posturas são um tópico central no estudo da ergonomia, estas posições são comumente adotadas de acordo com o que a tarefa ou o ambiente de trabalho requisitam. Abrahão *et al.* (2009) afirma que ao adotar uma postura para execução de uma atividade o trabalhador expõe a relação existente entre a exigência-atividade, deste modo, é preciso avaliar não somente as restrições que o corpo impõe, mas também as exigências solicitadas pela organização do posto de trabalho, dos equipamentos e ferramentas que serão utilizadas.

Deste modo, de acordo com a atividade realizada e o modo como o ambiente de trabalho está montado existirá uma postura correta de trabalho. A figura 2 ilustra o procedimento tomado para determinação da postura de trabalho ideal.

Figura 2 - Procedimento de seleção para postura básica de trabalho



Fonte: Dul e Weerdmeester (2008).

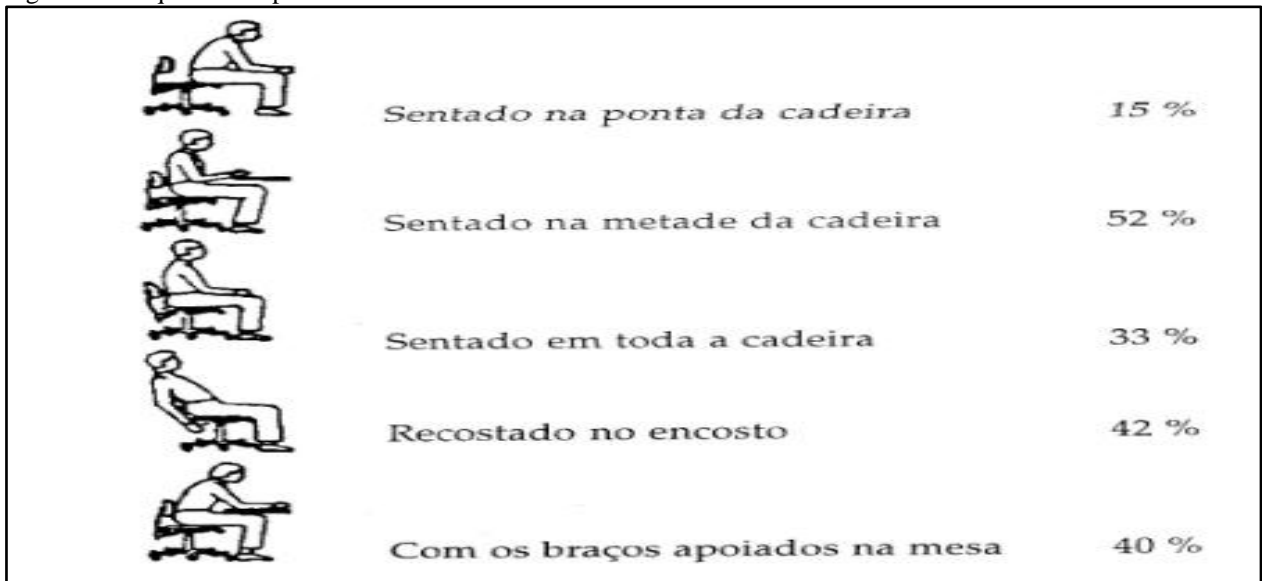
Toda atividade deve ser realizada em posturas neutras, segundo MacLeod (2000) define-se como posturas neutras aquelas que conseguem fornecer mais força, maior controle para realização de movimentos e que causam a menor intensidade de stress muscular. A adoção da

postura sentada apresenta diversos pontos positivos que podem tornar o trabalho menos desgastante, Kroemer e Grandjean (2005), Dul e Weerdmeester (2008) e Lima (2008) listam as seguintes vantagens:

- a) Alívio das pernas;
- b) Possibilidade de evitar posições forçadas;
- c) Consumo de energia reduzido;
- d) Alívio da circulação sanguínea;
- e) Menos cansativa; e
- f) Menor carga de peso nas articulações.

Apesar das vantagens citadas acima, a permanência por tempo prolongado somente na posição sentada pode ocasionar desconfortos ao operador, ainda mais quando este apresenta algum tipo de vício postural que prejudica os músculos ou a própria coluna vertebral. Kroemer e Grandjean (2005) mostram o comportamento de vários empregados enquanto permanecem em postura sentada, como pode ser percebido pela figura 3.

Figura 3 - Frequência de posturas de trabalhadores de escritório em 1962.



Fonte: Kroemer e Grandjean (2005).

Segundo Dul e Weerdmeester (2008) a melhor solução é a alternância entre as posturas sentado e em pé, ou até mesmo por pequenas caminhadas. Para Abrahão *et al.* (2009) o corpo humano não suporta a manutenção prolongada de uma postura, pois a fisiologia humana impõe modificações de posturas, já que a adoção de uma postura rígida pode resultar em

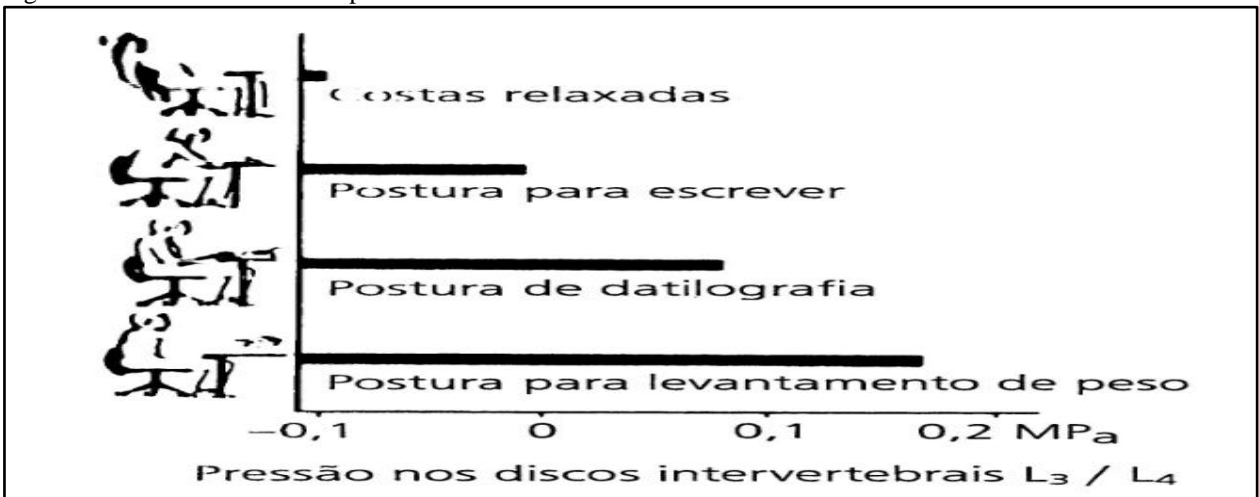
desconforto e dores. Kroemer e Grandjean (2005) afirma que a postura sentada pode resultar em complicações de fadiga, mas que pode ser aliviada pela alternância de posição, já que os músculos utilizados por ambas não são os mesmos.

A maior preocupação referente a adoção da postura sentado como postura ideal de trabalho são as consequências que esta pode trazer para a coluna. Kroemer e Grandjean (2005) afirma que os diferentes modos de sentar além de não aliviarem a tensão na coluna e nos músculos das costas, de certa maneira, realizam uma sobrecarga nos mesmos. Segundo Lima (2008) as tensões na musculatura das costas são continuamente aplicadas, pois mesmo em posições consideradas relaxantes, os músculos trabalham continuamente para manter o tronco, seja qual postura for adotada.

Existe uma grande divergência quanto qual o modo mais adequado para sentar. Segundo Kroemer e Grandjean (2005) os ortopedistas são a favor de manter o corpo ereto, pois deste modo é possível manter a coluna na forma de “S” alongado, ou seja, levemente curvada para frente. Por outro lado, caso se mantenha o corpo levemente para frente ou reclinado, os esforços realizados pelos músculos das costas são reduzidos consideravelmente, como foi provado por estudos através de eletromiografia além de se manter o equilíbrio do corpo, ou seja, esta forma de sentar é mais confortável.

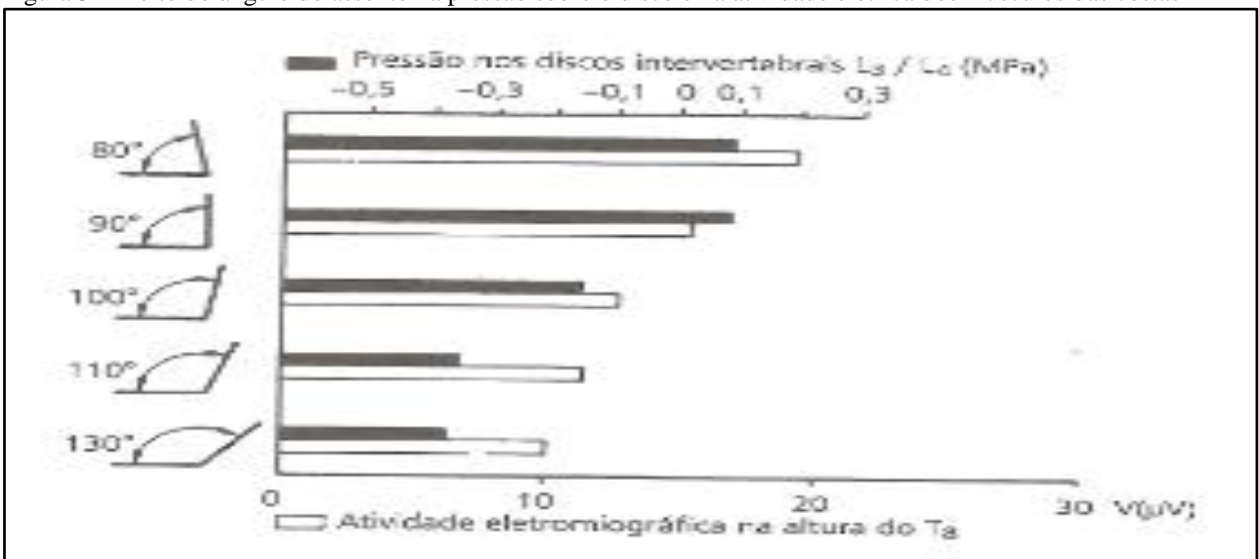
Esta dificuldade de determinar qual o melhor modo de manter a postura sentada dá-se ao fato de existir um conflito de interesse entre as exigências dos discos e as exigências dos músculos das costas, Kroemer e Grandjean (2005). A figura 4 mostra a relação entre as posturas e pressões nos discos intervertebrais e a figura 5 fornece informação quanto o efeito do ângulo do assento na pressão do disco.

Figura 4 - Efeitos das diferentes posturas sobre os discos intervertebrais.



Fonte: Kroemer e Grandjean (2005).

Figura 5 - Efeito do ângulo do assento na pressão sobre o disco e na atividade elétrica dos músculos das costas



Fonte: Kroemer e Grandjean (2005).

2.3 Antropometria

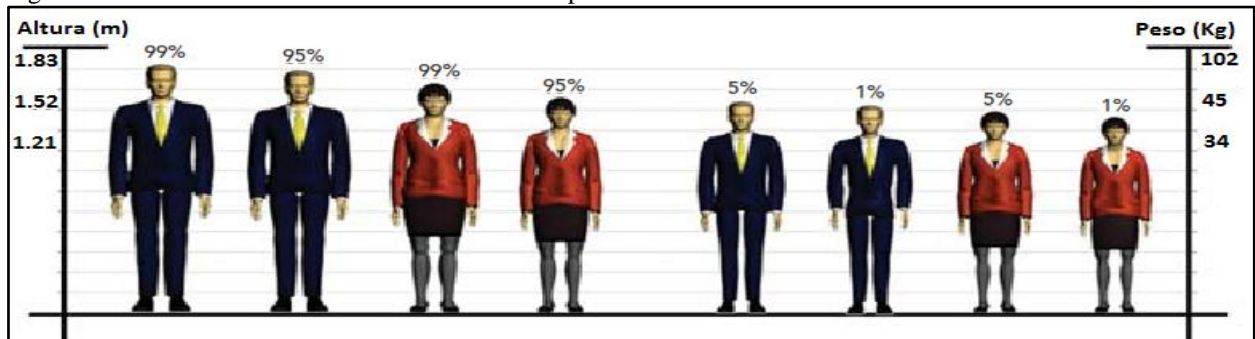
As especificações de móveis que apresentam características ergométricas devem estar fundamentadas a partir de estudos de antropometria, pois deste modo estará garantido um maior percentil de satisfação daqueles que irão utilizá-lo. Para Paschoarelli (2009) a antropometria tem diversas funções dentro do campo da ergonomia, que vai desde a concepção de produtos, racionalização de ambientes e espaços de trabalho, até pesquisas sobre a variação de medidas

populacionais, de modo que se um ambiente não oferece condições de conforto, segurança e acessibilidade, torna-se impossível garantir a autonomia e independência daquele que executa as atividades (LIMA, 2008). Kroemer e Grandjean (2005) afirma que as posturas e movimentos naturais do corpo são pré-requisitos para execução de um trabalho eficiente.

A antropometria está centrada nas medidas e proporções do corpo humano (DUL E WEERDMEESTER, 2008). A definição descrita por Berry (2009) trata a antropometria como a medida das características físicas dos homens aplicadas para determinar o espaço de trabalho e tamanhos (formas) de equipamentos utilizados no trabalho. Em resumo antropometria é a medida do corpo e de suas proporções, visto a existência de grande variabilidade destas variáveis.

Para estudo de medidas do corpo humano existem alguns fatores que influenciam e contribuem para a existência da variabilidade de medidas corporais, Kroemer e Grandjean (2005) citam: idade (para Iida (2005) esta é chamada de variações intra-individuais), etnia e sexo. Segundo Iida (2005) existem também estudos que mostram a influência do clima e a existência de variações seculares, ou seja, aquelas que ocorrem no decorrer das gerações. Pela figura 6 é possível perceber a diferença de medidas antropométricas entre homens e mulheres.

Figura 6 - Medidas humanas relativas aos diferentes percentis.



Fonte: Adaptado de S. O. Allsteel e E. T. Allsteel (2006).

Segundo Iida (2005) a antropometria é dividida em três tipos diferentes e consequentemente focos diferenciados:

- a) **Antropometria Estática:** Referente a um corpo parado ou com poucos movimentos, onde as medições são realizadas entre pontos anatômicos.
- b) **Antropometria Dinâmica:** Referente ao alcance dos movimentos, neste caso é separado a parte em estudo e o restante do corpo deve permanecer estático.

- c) **Antropometria Funcional:** Como a prática mostra que um movimento não é realizado de modo isolado, então neste caso são realizadas medidas relacionadas a execução de tarefas.

Projetos de equipamentos, postos de trabalhos e qualquer tipo de móveis ou utensílios utilizados pela população em geral necessitam de intervenção ergonômica, levando em consideração a variabilidade populacional que se pretende atingir. Segundo Abrahão *et al.* (2009) os projetos de postos de trabalho, geralmente, não levam em conta a diversidade antropométrica da população.

Existe uma dificuldade para a adequação antropométrica de um projeto de posto de trabalho, pois segundo Kroemer e Grandjean (2005) as diversidades nas medidas corporais impedem que seja possível atender às pessoas de dimensões extremas, a decisão de que parcela deverá ser atendida deve ser tomada com cuidado. Como exemplo para esta dificuldade Dul e Weerdmeester (2008) citam que existem medidas as quais o fator decisório não deve ser a média, mas o percentil que se adeque a população do extremo superior, como a altura de uma porta.

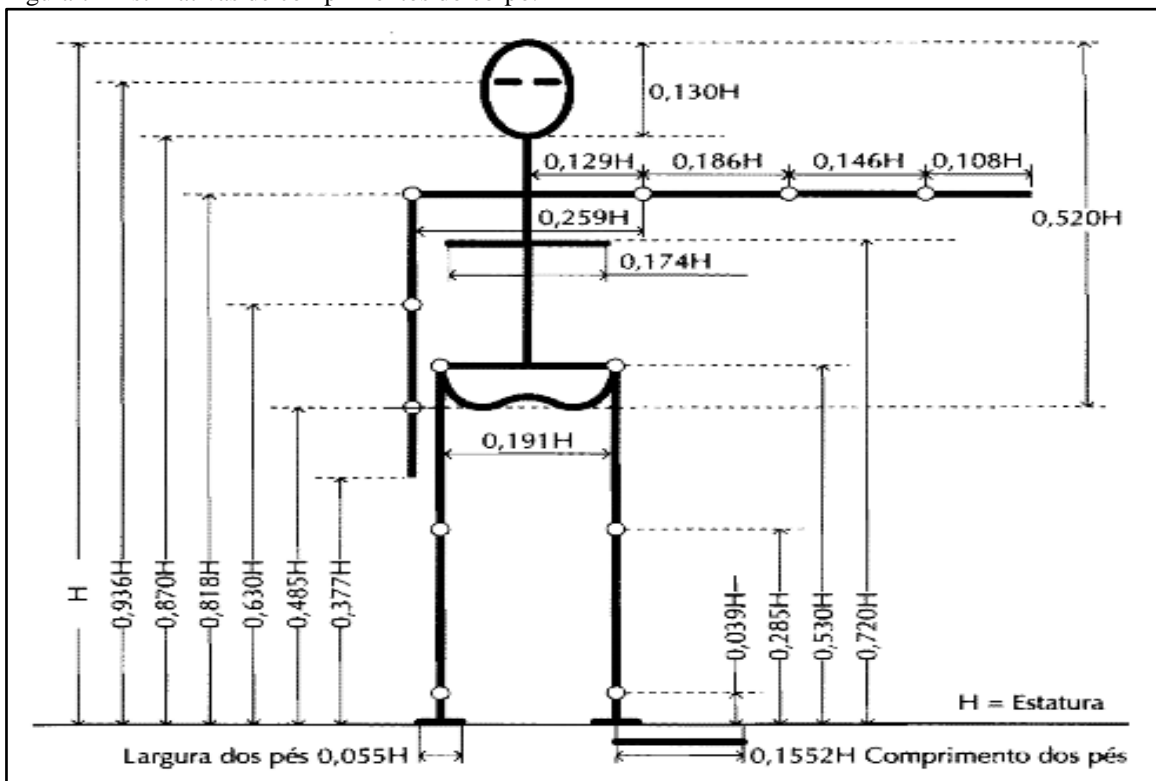
Os projetos que levam em consideração valores das variáveis antropométricas, normalmente atendem aos limites percentis inferior e superior, em 5% e 95% respectivamente, estes valores são adotados pela maioria das literaturas encontradas tais quais Kroemer e Grandjean (2005), Abrahão *et.al* (2009), S. O. Allsteel e E. T. Allsteel (2006), Berry (2009), Iida (2005) e Dul e Weerdmeester (2008).

Para realizar estudos antropométricos em uma população é preciso definir quais medidas serão estudadas. Segundo Paschoarelli (1997) as variáveis escolhidas devem ser aquelas que apresentem valores que sejam relevantes para o dimensionamento preliminar do equipamento ergonômico. Iida (2005) relata que a definição das medidas devem mostrar os pontos do corpo os quais serão utilizados como referência, a postura correta, os instrumentos antropométricos e a própria técnica que será utilizada. Dul e Weerdmeester (2008) mostram como exemplo as medidas tomadas em um estudo comparativo entre homens e mulheres inglesas, o qual foram utilizadas 36 variáveis antropométricas.

A aplicação de dados antropométricos pode ser estendida a ponto de criar modelos humanos representativos. Estes modelos podem ser bidimensionais, tridimensionais ou

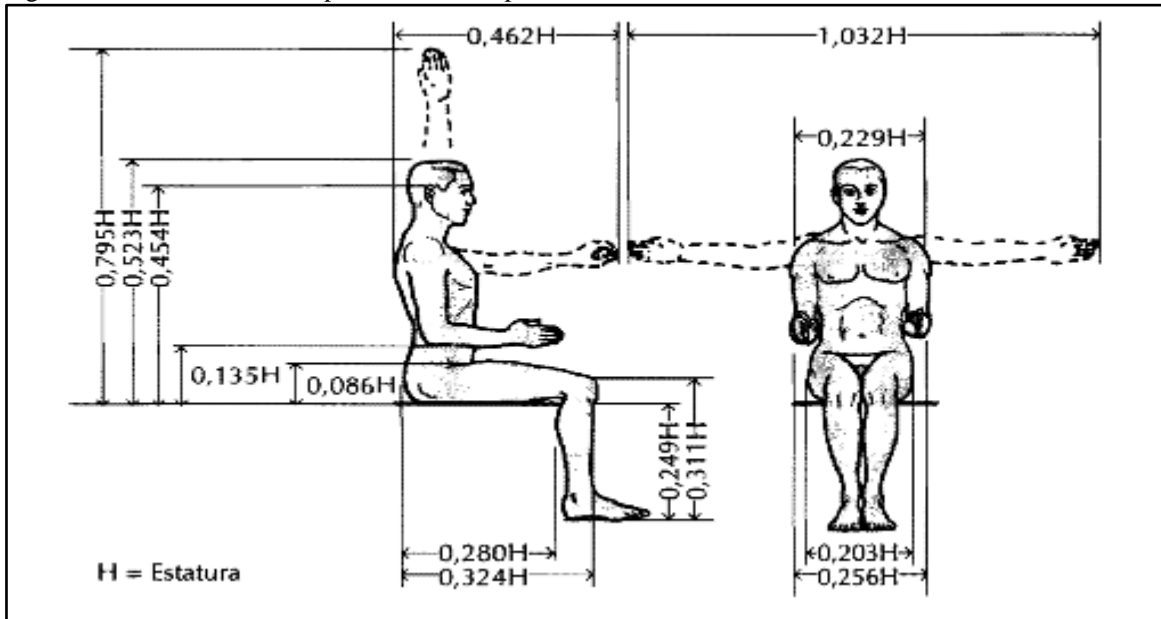
formulados a partir de fórmulas matemáticas (modelos matemáticos). Iida (2005) ilustra dois exemplos (figura 7 e figura 8) de modelos humanos formulados a partir de uma análise de correlação entre as medidas lineares do corpo, onde alguns segmentos podem ser calculados a partir de uma variável antropométrica, a estatura. Estes modelos são oriundos de pesquisas de Cortini e Drills em 1966 intitulada de “*Body Segments Parameters*” e de Roozbazar em 1977 com o título de “*A Theoretical Model to Estimate Some Ergonomic Parameters from Age, Height and Weight*”.

Figura 7 - Estimativas de comprimentos do corpo.



Fonte: Cortini e Drillis, 1966, *apud* Iida, 2005.

Figura 8 - Estimativas de comprimentos do corpo.



Fonte: Roozbazar, 1977, *apud* Iida, 2005.

2.4 Estatística aplicada à ergonomia

A estatística é uma ferramenta muito utilizada para analisar situações ou cenários os quais se buscam respostas sobre os comportamentos pesquisados. Para Lopes (1999) o estudo estatístico é realizado como ferramenta auxiliar para tomadas de decisões.

A utilização de ferramentas estatísticas está presente em várias áreas, entre elas a própria ergonomia. Muitas vezes é necessário utilizar conhecimentos desta área para realizar tomadas de decisões quanto aos valores adotados em especificações de medidas de equipamentos ou móveis.

Segundo Santos (2003) as medidas do corpo humano são distribuídas de forma normal e a frequência de distribuição observada é algo parecido com uma curva em forma de sino, o que denota uma curva de Gauss, conhecida como distribuição normal. Esta constatação é esperada, pois o teorema do limite central demonstra que o resultado da soma das variáveis independentes tende a descrever uma distribuição normal, independente das distribuições

individuais, quanto maior o número de variáveis, maior a tendência de descrever uma curva normal (MONTGOMERY, 2009).

A distribuição normal apresenta como parâmetros principais as variáveis de média e desvio padrão. Segundo Martins (2008) esta distribuição é descrita pelos valores resultantes das variáveis contínuas da sua função densidade de probabilidade, conforme a equação 1 abaixo:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (1)$$

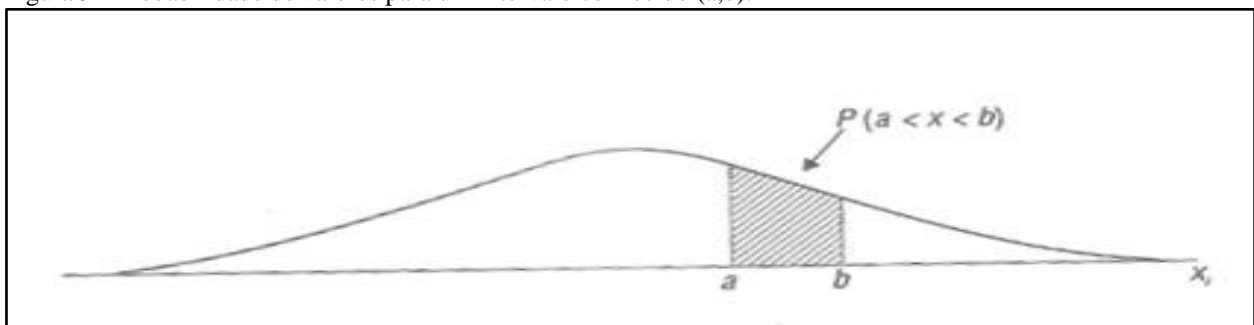
Sabendo que:

- a) $-\infty < x < +\infty$
- b) μ : Média da distribuição
- c) σ : Desvio padrão da distribuição

A notação de variáveis que seguem uma distribuição normal é $X \equiv N(\mu; \sigma^2)$. O cálculo da área de um intervalo a,b (sendo $a \neq b$) resulta na probabilidade de uma variável aleatória estar distribuída normalmente naquele intervalo. O valor da probabilidade deve ser computado a partir de métodos numéricos devido a dificuldade de se calcular a integração analiticamente, conforme Martins (2008). Abaixo está descrita a forma de integração (equação 2) para obter o valor da área sob a curva, no intervalo a,b conforme a figura 9.

$$P(a < x < b) = \int_a^b \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx \quad (2)$$

Figura 9 - Probabilidade de valores para um intervalo conhecido (a,b).

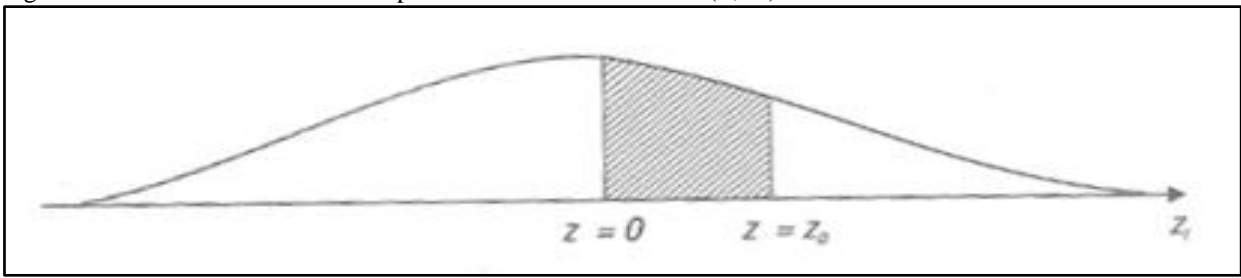


Fonte: Martins (2008)

Uma forma de encontrar os valores desta integração é através da mudança de variáveis para variáveis de uma distribuição normal padronizada, que apresenta a seguinte notação: $Z \equiv N(0, 1)$. Deste modo o valor da média é fixado de tal forma que $\mu(z) = 0$ e a variância da distribuição se torne $\sigma^2(z) = 1$. Estas adaptações permitem que as probabilidades buscadas sejam alcançadas através de pequenos cálculos, conforme a equação 3 e a utilização de tabelas de distribuição normal padronizada (Anexo A). A normal padronizada é ilustrada na figura 10 a seguir.

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (3)$$

Figura 10 - Probabilidade de valores para um intervalo conhecido (Z,Zo)



Fonte: Martins (2008).

Em muitos casos os dados estatísticos apresentam algum tipo de relação, ou seja, os valores estatísticos apresentam padrões que refletem a natureza do processo ou sistema o qual ele está inserido. Segundo Triola (2008) a correlação de duas variáveis ocorre quando a mudança de uma delas reflete, de alguma maneira, na mudança da outra.

Existem diversos métodos para avaliação de correlação entre dados. A técnica mais utilizada para dados bivariados é a análise da correlação linear entre duas variáveis através do coeficiente r . Para Triola (2008) o coeficiente de correlação linear é a representação numérica que ilustra a força da relação entre duas variáveis. Este fator pode ser calculado através da equação 4.

$$r = \frac{\frac{\sum x \cdot y - \sum x \cdot \sum y}{n}}{\sqrt{\left(\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2}{n}\right) \cdot \left(\frac{\sum y^2 - (\sum y)^2}{n}\right)}} \quad (4)$$

Os dados de uma amostra podem apresentar valores que se encontram distantes da média e por isso passam a ser pontos de dúvida. Segundo NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods (2003) *outliers* são observações que apresentam resultados considerados anormais dentro de uma determinada população.

Para Bolfarine e Bussab (2005) qualquer tipo de levantamento é propenso à existência de erros. A eliminação de dados que contenham erros aleatórios ou sistemáticos não deve ocorrer, pois se tratam de resultados naturais e intrínsecos do processo de coleta de dados.

Todavia aqueles resultados que apresentam incoerência dentro de uma amostra devem ser estudados e em alguns casos eliminados, segundo Young (1962) estes tipos de desvios devem ser eliminados de um experimento através de um trabalho cuidadoso, ou seja, a partir de uma análise e correta identificação.

Young (1962) afirma que a eliminação de dados dentro de um experimento pode ser considerado adulteração, mas quando este resultado é completamente fora do esperado dentro do conjunto de dados estudados, torna-se viável a justificativa de eliminação, para não ocorrer efeitos sobre a média e o desvio padrão.

O modelo chamado de Critério de Chauvenet é um modo de identificar dados que podem ser desconsiderados de uma amostra (*outliers*), tendo em vista que sua existência é inesperada dentro daquela distribuição. Segundo Oliveira (2008) um dado pode ser rejeitado se a distância entre a média resultar em uma probabilidade menor que $1/2n$, sendo “n” o número de medições.

O cálculo para o Critério de Chauvenet é realizado a partir da equação 5, o seu resultado é comparado com os parâmetros de limite para o critério, caso o valor encontrado seja maior ele deve ser eliminado do conjunto de dados, pois é um valor inesperado.

$$r = \frac{|X_i - \bar{X}|}{s(X)} \quad (5)$$

3 MÉTODO APLICADO

Este capítulo expõe as etapas realizadas para coleta de dados para avaliação ergonômica de cadeiras universitárias utilizadas pelos alunos do CEPM a partir de variáveis antropométricas. A sistemática adotada para o coleta de dados exposta neste capítulo é baseada na pesquisa de Paschoarelli (1997), onde é realizado um levantamento de dados antropométricos e biomecânicos de crianças de escolas do interior de São Paulo.

A metodologia de coleta é baseada em cinco etapas. Deste modo será exposto inicialmente o universo e amostragem da população pesquisada, demonstrando como foram escolhidas as pessoas para coleta de medidas. Em seguida são definidas as variáveis utilizadas pela pesquisa. Além disso, é mostrada a forma como os dados foram coletados. A quarta etapa consiste em ilustrar os equipamentos utilizados para realizar a pesquisa. Por último são explicadas de forma detalhada as medidas utilizadas, ou seja, o procedimento correto de realizar a medição.

Após a coleta de dados foi realizada a etapa de tratamento de dados, a fim de certificar a qualidade dos dados coletados. Esta última etapa citada é denominada Tratamento de erros e Identificação de *Outliers* e consiste em analisar os dados a partir de testes estatísticos para validar os dados coletados.

O capítulo é finalizado com a descrição do método de avaliação de cadeiras com pranchetas. Este tópico é dividido em dois subitens os quais o primeiro define as variáveis utilizadas para avaliação e em seguida é descrito o método utilizado.

3.1 Dados antropométricos

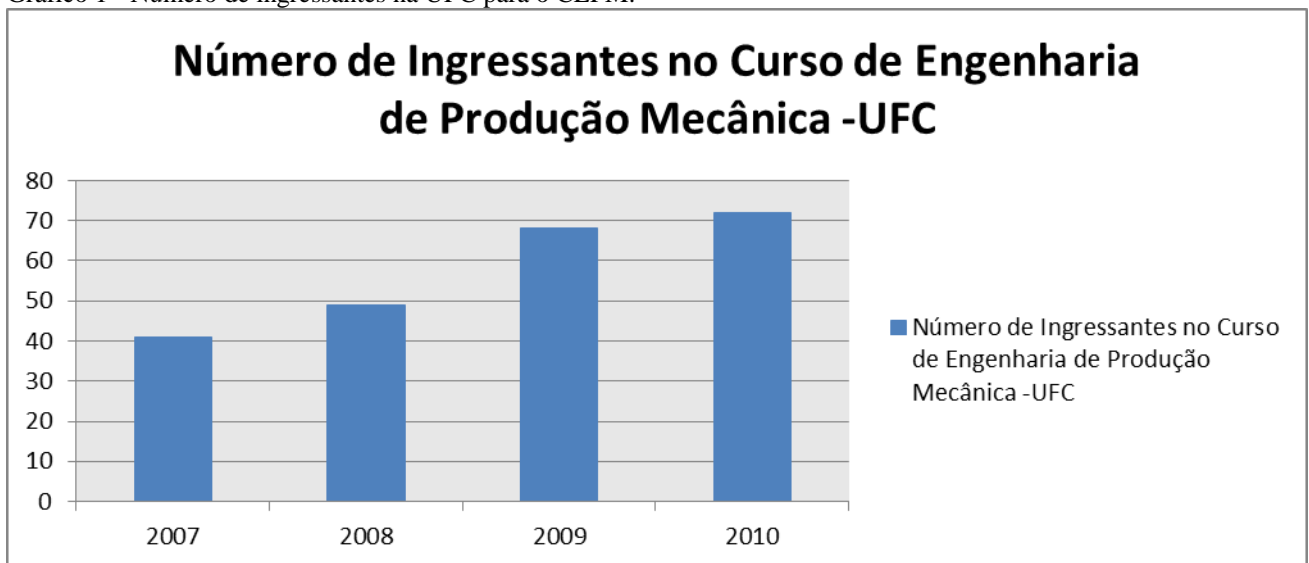
Este tópico aborda as etapas realizadas para coleta de dados antropométricos e as atividades realizadas para tratamento dos dados.

3.1.1 Universo e amostragem da população

A Universidade Federal do Ceará é uma instituição vinculada ao Ministério da Educação, criada pela Lei nº 2.373, no ano de 1954 e no ano seguinte foi instalada. Atualmente a universidade é composta por seis campi, sendo três localizados na capital do estado e os demais no interior.

Em Fortaleza está localizado o Centro de Tecnologia do Campus do Pici, o CT é composto por nove departamentos. O CEPM apresenta uma taxa crescente de ingressantes na universidade, esta taxa é resultado tanto da entrada de alunos por concurso quanto por mudança de curso e transferências. O gráfico 1 mostra o comportamento do número de ingressos no CEPM entre os anos de 2007 e 2010, de acordo com o Anuário Estatístico UFC 2011.

Gráfico 1 - Número de ingressantes na UFC para o CEPM.



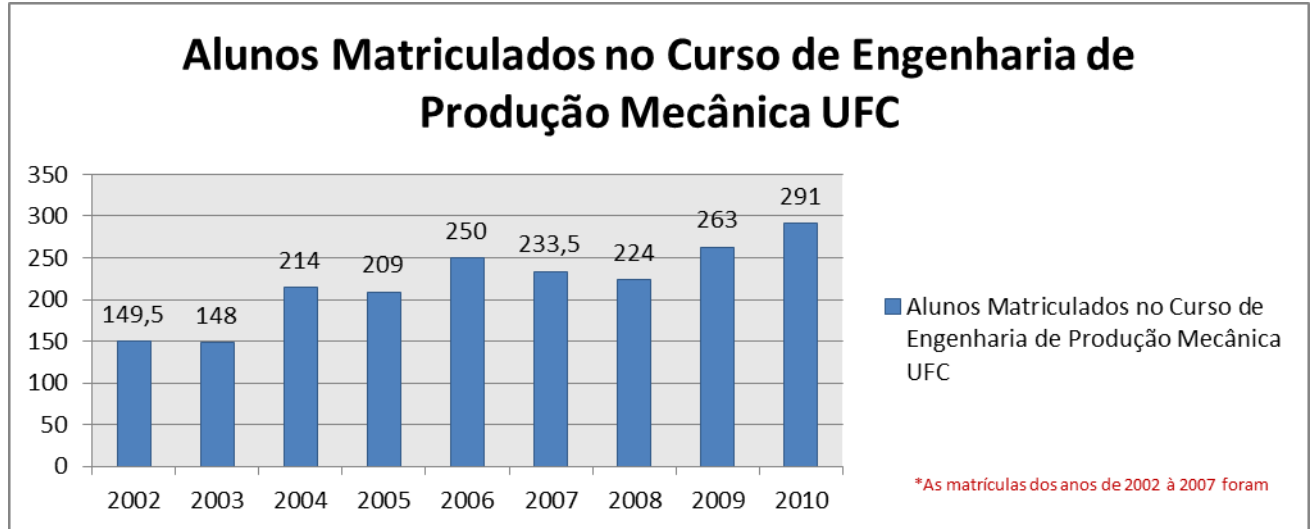
Fonte: Anuário Estatístico UFC 2011.

Esta taxa crescente no número de ingressantes pode ser justificada pela grande procura de profissionais da área por empresas, tanto do setor secundário quanto terciário, colaborando desta forma com as expectativas daqueles que procuram um emprego em uma área com alta oferta de emprego.

O CEPM tem a duração aproximada de cinco anos para conclusão e apresenta em média 220 alunos matriculados por ano, de acordo com os dados do Anuário Estatístico UFC

2011 (gráfico 2). Este número mostra que existem aproximadamente 44 alunos para cada turma, considerando que a cada ano existem cinco turmas matriculadas, uma para cada período do curso.

Gráfico 2 - Número de alunos matriculados no CEPM.



Fonte: Anuário Estatístico UFC 2011.

Segundo Bolfarine e Bussab (2005) a população é a reunião de unidades elementares, ou seja, entidade portadora de informações que se pretende coletar. No caso, a população definida para o estudo são os alunos matriculados no CEPM no ano de 2012 e as informações que se pretende coletar são os dados antropométricos.

Para Goés (1998) em vários momentos o estudo da população inteira é impossível, deste modo é necessário trabalhar com uma amostra desta população. Amostra é um subconjunto finito de elementos existentes dentro de uma população e os resultados encontrados podem ser estendidos por ela (GOÉS, 2005).

O tamanho da amostra é uma variável importante que ajuda a tornar os resultados encontrados mais confiáveis, de modo que o número correto retorna resultados mais representativos. Para Bolfarine e Bussab (2005) a fixação de um tamanho de amostra é um dos postos-chave de um levantamento amostral. O cálculo do tamanho da amostra segue a equação 6 abaixo:

$$n = \frac{N * p * q * (Z_{\alpha/2})^2}{p * q * (Z_{\alpha/2})^2 + (N - 1) * E^2} \quad (6)$$

Onde:

- a) n : Número de indivíduos na amostra.
- b) N : Tamanho da população.
- c) $Z_{\alpha/2}$: Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado. É um valor tabelado presente no Anexo A.
- d) p : Proporção populacional de indivíduos que pertence a categoria interessada para o estudo.
- e) q : Proporção populacional de indivíduos que NÃO pertence a categoria interessada para o estudo.
- f) E : Margem de erro ou erro máximo de estimativa. Identifica a diferença entre a máxima proporção amostral e a verdadeira proporção populacional (p).

Admitem-se para este estudo que os parâmetros p e q são respectivamente as proporções de matriculados do gênero masculino e feminino no ano de 2010, que será o ano base para determinação do tamanho da amostra. Os valores de p e q foram obtidos a partir da média de alunos matriculados em cada semestre, segundo os dados fornecidos pelo Anuário Estatístico UFC 2011, como mostra o gráfico 3.

Gráfico 3 - Porcentagem de matriculados no ano de 2010.



Fonte: Adaptado do Anuário Estatístico UFC 2011.

Para o erro máximo de estimativa (E) admite-se o valor de 10% tanto para mais quanto para menos, com o 90% de grau de confiança ($Z_{\alpha/2}$). Deste modo o valor n da amostra deve ser de:

$$n = \frac{291 * 0,77 * 0,23 * (1,645)^2}{0,77 * 0,23 * (1,645)^2 + (291 - 1) * 0,1^2} \cong 41$$

A amostragem será realizada seguindo a proporção mostrada pelo gráfico 3, portanto 30% (11 pessoas) de amostras do sexo feminino e 70% (30 pessoas) do sexo masculino.

3.2.1 Definição de variáveis

A utilização das variáveis antropométricas para o estudo foram as mesmas utilizadas por Paschoarelli (1997), onde tanto as posturas sentado quanto em pé são observadas, de modo que serão coletadas ao todos 25 variáveis antropométricas para cada indivíduo.

3.3.1 Definição dos procedimentos de coleta de dados

Após a busca por variáveis que pudessem relacionar respostas consistentes sobre a população, foi definido o modo de como deveriam ocorrer as coletas de dados. Este trabalho foi iniciado como uma atividade obrigatória em 2011 na disciplina de “Ergonomia do Trabalho” oferecida pelo CEPM.

Neste trabalho todos os alunos matriculados forneceram suas medidas após receberem um treinamento sobre a metodologia, onde foram apresentadas as variáveis antropométricas requeridas, a partir do formulário utilizado pela pesquisa de Paschoarelli (1997) (Figura 11).

Figura 11 - Ficha de coleta de dados

FICHA DE COLETA PARA LEVANTAMENTO ESTÁTICO LEVANTAMENTO ANTROPOMÉTRICO DE CRIANÇAS EM FASE ESCOLAR NA CIDADE DE BAURU - SP / 1995			
IDENTIFICAÇÃO			
Nome:		Sexo:	M- F-
Naturalidade:		Estado:	Data de Nascimento:
Setor:	Escola:	Série:	Período: M- V-
MEDIDAS EM POSIÇÃO ERETA *			
	01-A	Peso **	
	02-A	Estatura	
	03-A	Ombros-Chão	
	04-A	Acrômio-Chão	
	05-A	Cotovelo-Chão	
	06-A	Cotovelo-Extremo mão aberta	
	07-A	Cotovelo-Punho	
	08-A	Axila-Chão	
	09-A	Acrômio-Extremo mão aberta	
	10-A	Envergadura	
	11-A	Circunferência Torácica	
	12-A	Circunferência Abdominal	
	13-A	Largura do Quadril	
	14-A	Largura do Acrômio	
MEDIDAS EM POSIÇÃO SENTADA *			
	01-B	Assento-Cabeça	
	02-B	Assento-Ombros	
	03-B	Assento-Acrômio	
	04-B	Assento-Cotovelo	
	05-B	Altura das coxas	
	06-B	Sacro-Poplíte	
	07-B	Sacro-Jelho	
	08-B	Altura Poplíte	
	09-B	Largura dos Pés	
	10-B	Comprimento dos Pés	
	11-B	Altura Calcâneo	
CONTROLE			
Data- / /	Início das medidas-	Fim das medidas-	
Responsável-		Supervisor-	
* - Dimensões em cm. ** - Dimensões em Kg.			

Fonte: Paschoarelli (1997).

Todas as variáveis antropométricas coletadas previam que os alunos não estariam utilizando qualquer tipo de calçado. Quanto à roupa estava livre a utilização de qualquer tipo de vestuário, entretanto foi solicitado que fossem usadas as roupas utilizadas regularmente na faculdade.

Os dados foram enviados a partir de um formulário on-line (figura 12) que alimentava uma planilha eletrônica. Esta planilha reuniu todas as informações antropométricas dos alunos matriculados na disciplina, contando ao todo com 39 alunos. Vale ressaltar que este número foi reduzido, devido a existência de pontos que foram identificados como fora da curva, o que é chamado de “outliers”. O procedimento de identificação e tratamento dos erros é descrito no tópico 3.6.1 (Tratamento de Erros e Identificação de *Outliers*).

Figura 12 - Formulários em Google Docs utilizado pela turma



FORMULÁRIO DE DADOS ANTROPOMÉTRICOS

Insira corretamente os dados na planilha.
 Observe atentamente a página que será aberta após o envio dos dados, se a mensagem não for de confirmação de recebimento de dados, então repita o processo.
 Qualquer dúvida, possíveis erros ou curiosidade para observar a planilha enviar email para o endereço daniel.melo@gruporb.com.br
 *Obrigatório

REGISTROS

INSIRA CORRETAMENTE OS DADOS QUE CONFIRMAM SUA PARTICIPAÇÃO NA ATIVIDADE

EQUIPE *
 ESCOLHA O NÚMERO DA EQUIPE

MATRICULA *
 Digite o número de matrícula.

SEXO *
 MASCULINO
 FEMININO

DADOS PARA POSIÇÃO ERETA

A SEGUIR INSIRA OS DADOS CORRETOS PARA A POSIÇÃO ERETA.

PESO [1-A] *

ESTATURA [2-A] *
 DISTÂNCIA VERTICAL DO SOLO ÀTE A CABEÇA, ESTANDO O SUJEITO O MAIS ERETO POSSÍVEL

OLHOS-CHÃO [3-A] *
 DISTÂNCIA VERTICAL DO SOLO AO CENTRO DA PUPILA.

ACROMIO-CHÃO [4-A] *
 DISTÂNCIA VERTICAL DO SOLO A CRISTA ACROMIAL.

COTOVELO-CHÃO [5-A] *
 DISTÂNCIA VERTICAL DO SOLO A PONTA DO COTOVELO - ESTANDO O ANTEBRAÇO FLEXIONADO EM 90° COM O BRAÇO.

COTOVELO-EXTREMO MÃO ABERTA [6-A] *
 DISTÂNCIA HORIZONTAL DO COTOVELO AO EXTREMO DA MÃO ABERTA, ESTANDO O ANTEBRAÇO FLEXIONADO EM 90° COM O BRAÇO.

COTOVELO-PUNHO [7-A] *
 DISTÂNCIA HORIZONTAL DO COTOVELO AO PUNHO, ESTANDO O ANTEBRAÇO FLEXIONADO EM 90° COM O BRAÇO.

AXILA-CHÃO [8-A] *
 DISTÂNCIA VERTICAL DO SOLO À AXILA, ESTANDO O BRAÇO EM EXTENSAO.

ACROMIO-EXTREMO MÃO ABERTA [9-A] *
 DISTÂNCIA HORIZONTAL DA CRISTA ACROMIAL AO EXTREMO DA MÃO ABERTA ESTANDO BRAÇO EM EXTENSAO.

ENVERGADURA [10-A] *
 DISTÂNCIA HORIZONTAL ENTRE PONTA DAS MÃOS ABERTAS E BRAÇOS EM EXTENSAO MÁXIMA.

CIRCUNFERÊNCIA TORÁXICA [11-A] *
 CIRCUNFERÊNCIA À ALTURA DA AXILA.

CIRCUNFERÊNCIA ABDOMINAL [12-A] *
 CIRCUNFERÊNCIA ENTRE A REGIÃO ILÍACA E ÂNGULO SUBCOSTAL

LARGURA DO QUADRIL [13-A] *
 DISTÂNCIA HORIZONTAL ENTRE AS SUPERFÍCIES MAIS LATERAIS AO NÍVEL DOS TROCANTERES - EXTREMO SUPERIOR DO FÊMUR

LARGURA DO ACROMIO [14-A] *
 DISTÂNCIA HORIZONTAL ENTRE AS CRISTAS ACROMIAIS



FORMULÁRIO DE DADOS ANTROPOMÉTRICOS

Insira corretamente os dados na planilha.
 Observe atentamente a página que será aberta após o envio dos dados, se a mensagem não for de confirmação de recebimento de dados, então repita o processo.
 Qualquer dúvida, possíveis erros ou curiosidade para observar a planilha enviar email para o endereço daniel.melo@gruporb.com.br
 *Obrigatório

REGISTROS

INSIRA CORRETAMENTE OS DADOS QUE CONFIRMAM SUA PARTICIPAÇÃO NA ATIVIDADE

EQUIPE *
 ESCOLHA O NÚMERO DA EQUIPE

MATRICULA *
 Digite o número de matrícula.

SEXO *
 MASCULINO
 FEMININO

POSIÇÃO SENTADA

A SEGUIR INSIRA OS DADOS CORRETOS PARA A POSIÇÃO SENTADA.

ASSENTO-CABEÇA [1-B] *
 DISTÂNCIA VERTICAL DA CABEÇA ÀTE O ASSENTO (POSIÇÃO SENTADA).

ASSENTO-OLHOS [2-B] *
 DISTÂNCIA VERTICAL ENTRE O CENTRO DA PUPILA E O ASSENTO (POSIÇÃO SENTADA).

ASSENTO-ACROMIO [3-B] *
 DISTÂNCIA VERTICAL ENTRE O OMBRO E O ASSENTO (POSIÇÃO SENTADA).

ASSENTO-COTOVELO [4-B] *
 DISTÂNCIA VERTICAL ENTRE A PONTA DO COTOVELO (COM O ANTEBRAÇO EM 90 GRAUS COM O BRAÇO) E O ASSENTO (POSIÇÃO SENTADA).

ALTURA DAS COXAS [5-B] *
 DISTÂNCIA VERTICAL DO PLANO MAIS SUPERIOR DAS COXAS AO ASSENTO (POSIÇÃO SENTADA).

SACRO-POPLITEA [6-B] *
 DISTÂNCIA HORIZONTAL DO PLANO SACRAL À CAVIDADE POPLITEA.

SACRO-JOELHO [7-B] *
 DISTÂNCIA HORIZONTAL DO PLANO SACRAL AO JOELHO.

ALTURA-POPLITEA [8-B] *
 DISTÂNCIA VERTICAL DA REGIÃO POPLITEA À BASE DOS PÉS.

LARGURA DOS PÉS [9-B] *
 DISTÂNCIA HORIZONTAL ENTRE OS PONTOS MAIS LATERAIS DOS PÉS - METATARSO.

COMPRIMENTO DOS PÉS [10-B] *
 DISTÂNCIA HORIZONTAL ENTRE A REGIÃO CALCÂNEA E A PONTA DOS PÉS.

ALTURA CALCÂNEA [11-B] *
 DISTÂNCIA VERTICAL ENTRE O CALCÂNEO E A BASE DOS PÉS.

Tecnologia Google Docs
[Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Termos Adicionais](#)

Fonte: Autor (2011).

3.4.1 Equipamentos utilizados

Os equipamentos utilizados foram fita métrica de comprimentos variados e trena. A utilização de fitas métricas que não apresentavam tamanho padrão para o procedimento é um dos fatores de erro que são discutidos no tópico 3.6.1 deste capítulo.

3.5.1 Procedimentos básicos

Os procedimentos adotados foram discutidos inicialmente pela equipe que iria tratar os dados da pesquisa. Foi realizado um treinamento consistia em alinhar com a turma quais os horários para realizar as medições, as variáveis antropométricas desejadas e informar como eles deveriam proceder para enviar as informações.

As medições ocorreram nos dias 20 e 22 de setembro de 2011 e os alunos deveriam realizar as coletas entre as 16:00h às 18:00h. Todos deveriam estar descalços no momento da medição e a turma foi dividida em grupos de cinco pessoas, entretanto dois grupos apresentavam uma quantia menor. O grupo 03 apresentava dois alunos e o grupo 04 era formado por três integrantes. Deste modo eram realizadas aproximadamente nove medições simultâneas.

A tabela 1 define todas as variáveis antropométricas utilizadas na pesquisa e que foram repassadas aos alunos que realizavam as medições. Ela está dividida em duas seções a partir dos códigos. As medidas realizadas em postura em pé estão representadas na seção de código A, totalizando quatorze medições. As onze medições restantes são do grupo de medidas realizadas em postura sentada, que compõe a seção B da tabela 1.

Vale salientar que alguns dados foram excluídos, pois durante a etapa de tratamento de erro eles se mostraram incompatíveis. Por conta destas exclusões foi necessária uma nova medição, que ocorreu no dia 13 de abril de 2012, com o objetivo de repor a quantidade de amostras retiradas e complementar até se obter o tamanho da amostra calculada.

Esta nova medição foi realizada com diferentes alunos, de modo que houvesse a proporção de 30% de amostras femininas e 70% masculinas, respeitando a proporção de

matrículas no CEPM. Os alunos escolhidos foram voluntários e todos fazem parte do CEPM, pois este é o universo de estudo.

Tabela 1 - Descrição dos parâmetros antropométricos

CÓDIGO	NOME	DESCRIÇÃO
SEÇÃO A		
A1	PESO	-
A2	ESTATURA	Distância vertical entre o extremo superior da cabeça e o solo.
A3	OLHOS-CHÃO	Distância vertical entre o centro dos olhos e o chão.
A4	ACRÔMIO-CHÃO	Distância vertical entre o ponto mais alto do acrômio e o chão.
A5	COTOVELO-CHÃO	Distância vertical entre o extremo do cotovelo e o chão. O antebraço deve estar flexionado a 90° com o braço.
A6	COTOVELO-EXTREMO MÃO ABERTA	Comprimento do extremo do cotovelo ao extremo da mão aberta. O antebraço deve estar flexionado a 90° com o braço.
A7	COTOVELO-PUNHO	Comprimento do extremo do cotovelo ao punho. O antebraço deve estar flexionado a 90° com o braço.
A8	AXILA-CHÃO	Distância vertical entre a axila ao chão, estando os braços em extensão.
A9	ACRÔMIO-EXTREMO MÃO ABERTA	Comprimento entre o ponto mais alto do acrômio ao extremo da mão aberta. O braço deve estar estendido.
A10	ENVERGADURA	Comprimento entre os extremos das mãos abertas. Ambos os braços devem estar em extensão máxima.
A11	CIRCUNFERÊNCIA TORÁXICA	"Circunferência à altura da axila" (PASCHOARELLI, 1997, <i>apud</i> CRONEY, 1978).
A12	CIRCUNFERÊNCIA ABDOMINAL	"Circunferência entre a região ilíaca e o ângulo subcostal." (PASCHOARELLI, 1997, <i>apud</i> CRONEY, 1978).
A13	LARGURA DO QUADRIL	"Distância horizontal entre as superfícies mais laterais ao nível dos trocânteres - extremo superior do fêmur" (PASCHOARELLI, 1997).
A14	LARGURA DO ACRÔMIO	Comprimento entre os pontos mais altos do acrômio.

Continua

Conclusão

SEÇÃO B		
B1	ASSENTO-CABEÇA	Distância vertical entre o extremo superior da cabeça e o assento.
B2	ASSENTO-OLHOS	Distância vertical entre o centro dos olhos e o assento.
B3	ASSENTO-ACRÔMIO	Distância vertical entre o ponto mais alto do acrômio e o assento.
B4	ASSENTO-COTOVELO	Distância vertical entre o extremo do cotovelo ao assento. O antebraço deve estar flexionado a 90° com o braço.
B5	ALTURA DAS COXAS	Distância vertical do plano superior da coxa ao assento.
B6	SACRO-POPLÍTEA	"Distância horizontal do plano sacral à cavidade poplítea" (PASCHOARELLI, 1997).
B7	SACRO-JOELHO	"Distância horizontal do plano sacral ao joelho" (PASCHOARELLI, 1997).
B8	ALTURA-POPLÍTEA	"Distância vertical da região poplítea à base dos pés" (PASCHOARELLI, 1997).
B9	LARGURA DOS PÉS	Comprimento entre os pontos extremos laterais do pé.
B10	COMPRIMENTO DOS PÉS	Comprimento entre o ponto extremo do dedo do pé e o extremo da região calcânea.
B11	ALTURA CALCÂNEA	Distância vertical entre o plano do pé e o calcâneo.

Fonte: Adaptado de Pascoarelli (1997).

3.6.1 Tratamento de erros e identificação de outliers

Os resultados observados pelas medições realizadas no ano de 2011 foram submetidos a duas intervenções para validação de dados: Teste de Chauvenet e análise do gráfico de dispersão. Estes métodos de validação de dados são utilizados para identificação de valores chamados de *outliers*.

São eliminados aqueles registros que foram sinalizados pelo Teste de Chauvenet e que em seguida foram confirmados como *outliers* através de uma análise do gráfico de dispersão. Como a eliminação de dados é uma técnica que deve ser evitada, serão levados em conta critérios

qualitativos, tendo em vista que as amostras são conhecidas e valores discrepantes chamariam atenção facilmente.

Pelo Teste de Chauvenet foram testados 975 registros, resultantes de 25 variáveis antropométricas e 39 pessoas medidas. Ao todo foram sinalizados como possíveis *outliers* 22 registros, portanto 2,26% do total e em 16 variáveis, 64% do total, representadas na tabela 2.

Tabela 2 - Relação de variáveis com possíveis *outliers*

VARIÁVEL	G_0	$G_{\text{crítico}}$	Valor <i>Outlier</i>
A01	3,67	2,49	135 Kg
A04	2,98	2,49	180 cm
A05	5,04	2,49	168 cm
A06	5,96	2,49	158 cm
A08	3,87 / 2,71	2,49	195 / 178 cm
A09	4,12 / 3,74	2,49	26 / 119 cm
A10	2,79	2,49	140 cm
A11	3,00 / 3,50	2,49	47 / 39 cm
A12	2,64 / 2,54	2,49	48 / 127 cm
A13	5,24	2,49	97 cm
B04	6,00	2,49	181 cm
B05	2,61	2,49	24 cm
B06	4,52	2,49	80 cm
B07	4,17	2,49	30 cm
B09	2,70 / 3,34	2,49	15 / 16 cm
B11	4,73	2,49	19 cm

Fonte: Autor (2012).

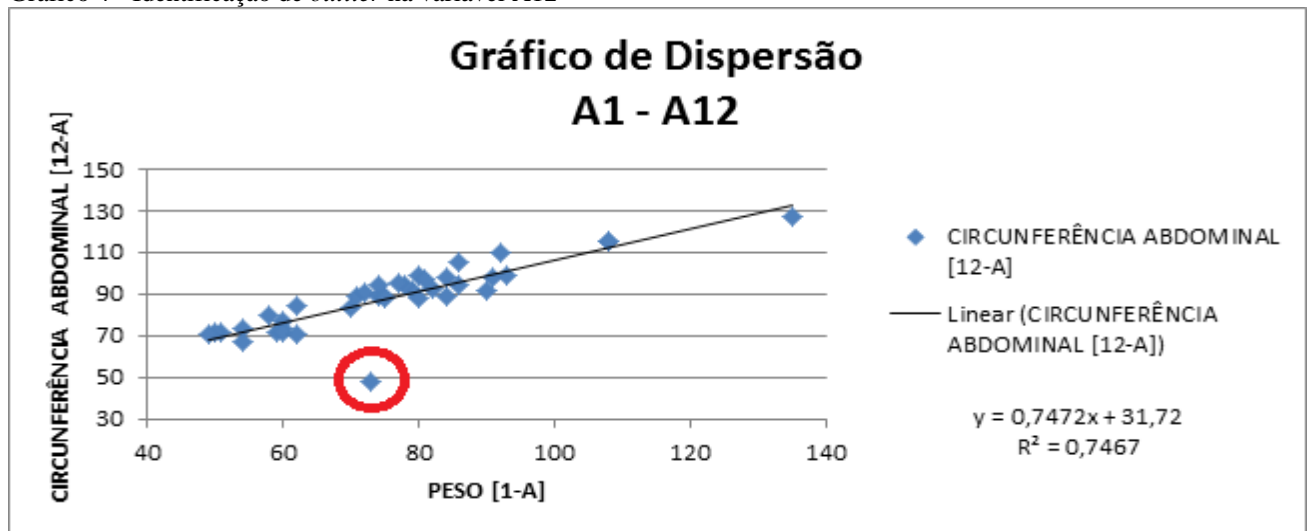
Após a identificação dos candidatos a *outliers*, os dados foram submetidos a uma análise de dispersão. Primeiramente foi calculado o valor de correlação entre todas as variáveis a partir do coeficiente de Pearson. Para cada variável que indicada como possível *outlier* procurou-se utilizar a medida antropométrica que apresentava maior correlação e que ao mesmo tempo não estivesse no grupo de valores duvidosos. A figura presente no Apêndice C mostra os valores do coeficiente de correlação para cada variável.

Pela análise gráfica foram detectados quatro falsos *outliers*, ou seja, valores que não representam, de fato, números discrepantes. A avaliação foi realizada a partir de uma observação quanto à distância entre os números duvidosos e as retas de regressão linear. Aquelas variáveis que estivessem próximas à reta de regressão seriam consideradas falsas indicação de erro. Os gráficos 4, 5 e 6 representam estes falsos *outliers*.

Nem sempre os métodos de análises puramente quantitativos são conclusivos. Tornou-se necessário uma avaliação qualitativa de alguns dados candidatos à exclusão, de modo que a variável peso (A1) após análise qualitativa foi descartada de exclusão, pois já se esperava que houvesse um número discrepante em relação aos demais dados.

No gráfico 4 é realizada a análise da variável “circunferência abdominal” e foi observado que o número 127 era um falso *outlier*, pois se encontrava muito próximo da reta de regressão, de modo que se torna um número provável, mesmo que não tenha passado pelo critério de Chauvenet. Todavia o número 48 se mostrou como um verdadeiro *outlier*, pois sua dispersão no gráfico caracteriza-o como um valor totalmente inesperado dentro da amostra estudada. Possivelmente este erro ocorreu, pois quem realizou a medição não registrou a circunferência, mas sim a largura abdominal, tendo em vista que o valor registrado para largura do quadril apresentava valor igual a 49 cm.

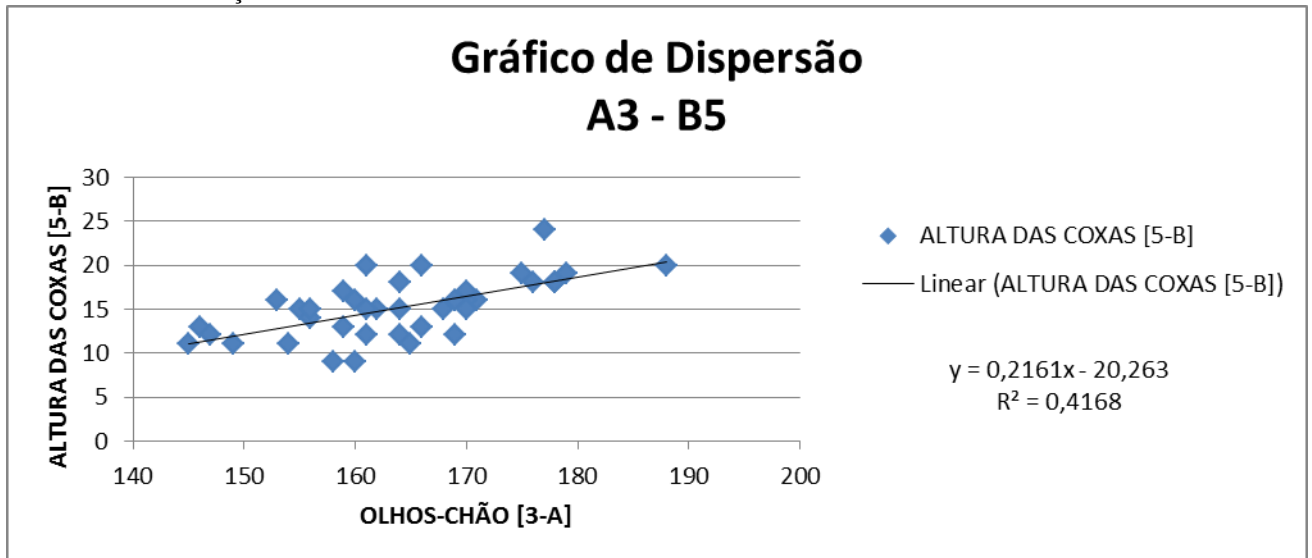
Gráfico 4 - Identificação de *outlier* na variável A12



Fonte: Autor (2012).

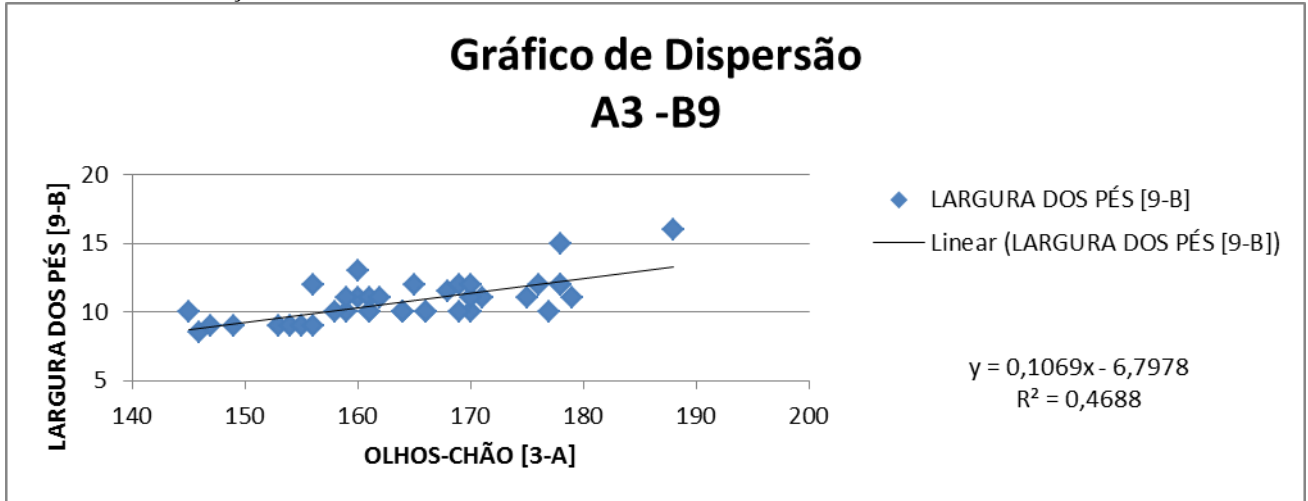
O gráfico 5 tem o objetivo de avaliar a variável B5 (altura das coxas). Como pode ser percebido existe uma grande variabilidade dos dados, resultando em um coeficiente de variação de aproximadamente 22%, ou seja, muito próximo do limite de homogeneidade de dados. Isto significa que os dados são normalmente dispersos e torna-se é inadequado classificar o valor 24 como *outlier*.

Gráfico 5 - Identificação de *outlier* na variável B5



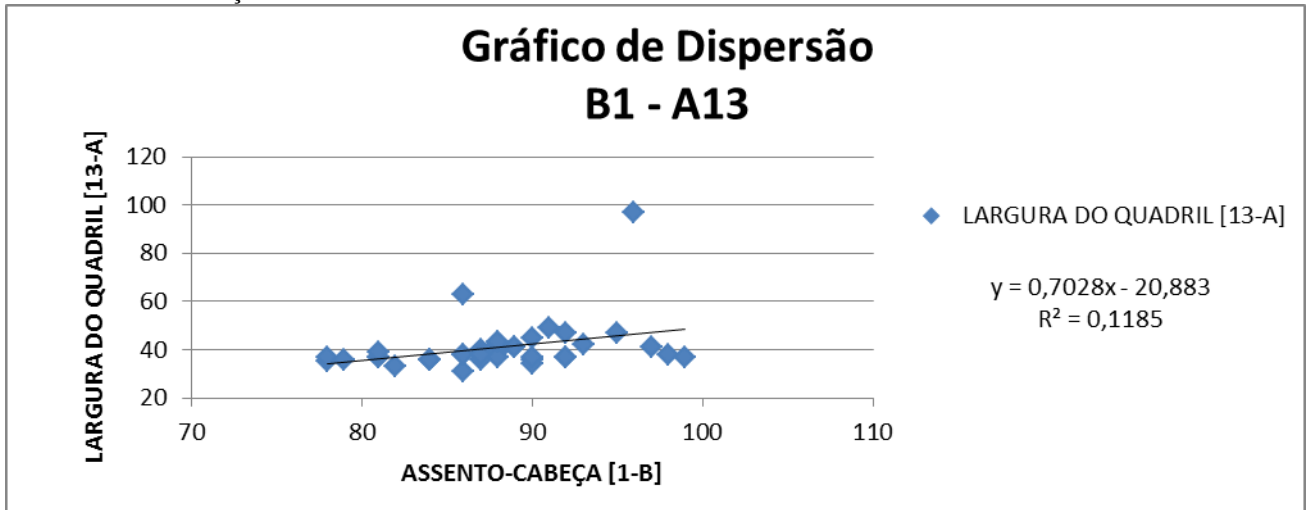
Fonte: Autor (2012).

A identificação de *outliers* na variável B9 (largura dos pés) é representada no gráfico 6. É possível perceber que os candidatos a *outliers* estão a uma distância no limite da linha de regressão, tornando sua exclusão arriscada e que pode comprometer a amostragem, portanto eles não foram considerados *outliers*.

Gráfico 6 - Identificação de *outlier* na variável B09

Fonte: Autor (2012).

A análise gráfica da variável A13 (largura do quadril) permitiu detectar um novo *outlier*, como demonstra o Gráfico 7. Portanto além do valor 97, o valor 63 também foi identificado com discrepante. Estes valores modificaram a média e desvio padrão de modo que o teste de Chauvenet foi capaz de identificar somente um deles.

Gráfico 7 - Identificação de *outlier* na variável A13

Fonte: Autor (2012).

Portanto as amostras iniciais foram reduzidas de 39 amostras para 30. Estas 9 exclusões são compostas de 2 amostras do sexo feminino e 7 do sexo masculino, tornando necessária a reposição de igual quantidade para cada sexo, somado a mais duas amostras do sexo masculino para resultar em um número amostral de 41 conforme calculado.

3.2 Avaliação de cadeiras com prancheta

Este tópico aborda o método realizado para avaliação de cadeiras aplicado neste trabalho. Primeiramente são definidas as variáveis e em seguida é exposta a forma utilizada para avaliar as cadeiras universitárias.

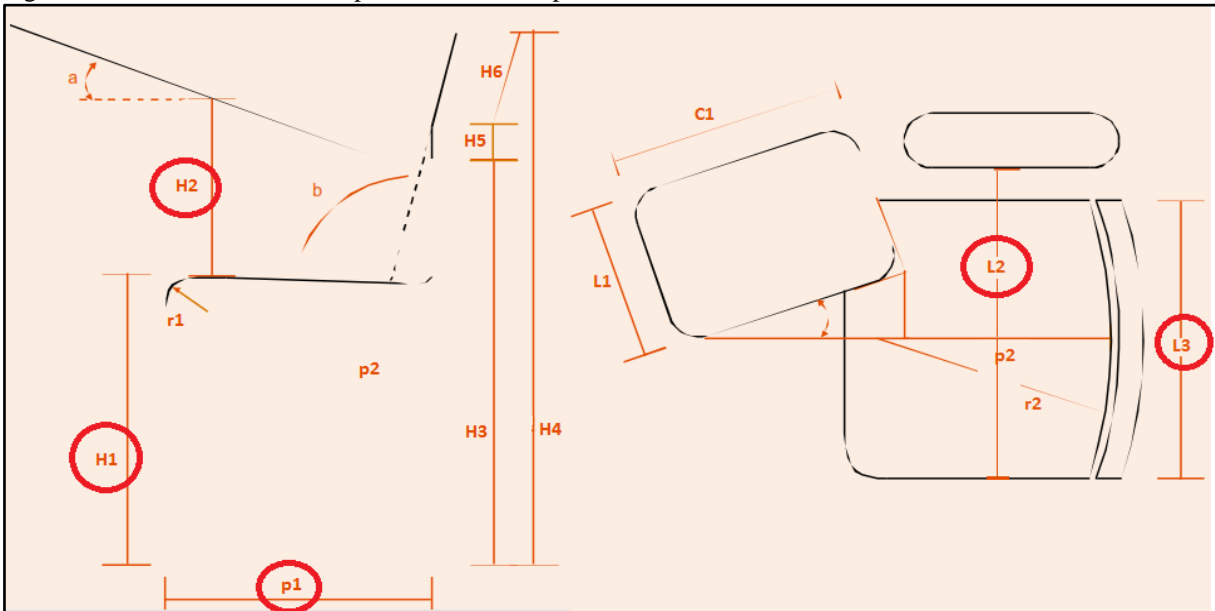
3.1.2 Definição de variáveis

Segundo proposta exposta por Bergmiller *et.al* (1999) em sua obra sobre mobiliários escolares, são apresentadas 17 variáveis para avaliação de cadeiras com pranchetas. Estas variáveis são medidas de comprimento, profundidade, altura, largura, raios e ângulos que definem uma cadeira estudantil como adequada ou não para uma determinada população.

O método de avaliação utiliza como valores de comparação aqueles referentes as 25 variáveis antropométricas do tópico anterior. Tomaram-se como variáveis de decisão somente as seguintes: H1, H2, P1, L2 e L3. A medida L2 tem como ponto de referência o centro do assento. Esta referência foi modificada para o extremo do assento. A figura 14 demonstra quais as variáveis propostas por Bergmiller *et.al* (1999), aquelas circuladas serão as utilizadas como variáveis de decisão.

O CEPM da UFC apresenta cinco modelos de cadeiras universitárias em seu mobiliário escolar. Todos os modelos apresentam especificações diferentes, estas diferenças viabilizam o estudo da adequação de cada modelo à realidade antropométrica da população amostral. Os modelos denominados de A, B, C, D e E estão ilustrados nas figura 14, 15, 16, 17 e 18 respectivamente.

Figura 13 - Variáveis de decisão para cadeiras com prancheta



Fonte: Bergmiller et.al (1999).

Figura 14 - Modelo A



Fonte: Autor (2012).

Figura 15 - Modelo B



Fonte: Autor (2012)

Figura 16 - Modelo C



Fonte: Autor (2012).

Figura 17 - Modelo D



Fonte: Autor (2012).

Figura 18 - Modelo E



Fonte: Autor (2012).

No dia 02 de maio de 2012 todos os cinco modelos foram medidos utilizando uma fita métrica e trena. Os resultados encontrados para as cinco variáveis procuradas são apresentados na tabela 3 abaixo:

Tabela 3 - Medidas das variáveis de decisão para cadeiras com prancheta

Variáveis	Modelo A (cm)	Modelo B (cm)	Modelo C (cm)	Modelo D (cm)	Modelo E (cm)
H1	44,5	42	41	43,5	46,5
H2	23	28,5	26	21,5	26,8
P1	37,5	37	37	37	37
L2	42	44,5	39	44	40
L3	39	40	40	40	42

Fonte: Autor (2012).

Como pode ser percebido existem algumas diferenças em especificações de cada modelo. Algumas medidas, como ângulo da prancheta, curvatura do assento e encosto traseiro são as variáveis que são mais percebidas como critério de qualidade ergonômica para os usuários. Entretanto este estudo busca apenas viabilizar uma forma de avaliar ergonomicamente os mobiliários escolares a partir de um estudo de características antropométricas de uma amostra da população.

3.2.2 Método de avaliação

O método de avaliação realizado neste trabalho consiste na análise da distribuição normal das variáveis antropométricas dos alunos do CEPM com as variáveis de decisão equivalente propostas por Bergmiller (1999).

Portanto as medidas das cadeiras serão analisadas a partir da distribuição gaussiana dos dados antropométricos. Serão utilizados valores adotados por Iida (2005) e Bergmiller (1999) como parâmetros de avaliação.

O processo de avaliação consiste em pontuar cada modelo analisado seguindo as regras estabelecidas (tabela 4). O tipo de cadeira que apresentar maior pontuação será determinado como mais adequado aos alunos do CEPM. Vale salientar que os resultados não avaliam a questão de conforto, mas somente adequação antropométrica.

Tabela 4 - Regras de pontuação

Crítérios	Regra de Pontuação	Pontos
1º	O modelo que mais se aproximar do valor objetivo, mesmo que esteja fora do intervalo de aceitação. Somente um modelo poderá pontuar	3
2º	Os modelos que não pontuaram pelo 1º Critério irão pontuar se estiverem dentro do intervalo de aceitação da variável de decisão	1

Fonte: Autor (2012).

O intervalo de aceitação foi criado para tornar mais ameno o método de pontuação, pois não se considera ruim o modelo que apresenta pequenas variações do valor ideal proposto pelas literaturas adotadas. Consiste em pontuar os tipos de cadeira que apresentarem valores próximos de 5% tanto para mais ou para menos.

Por impossibilidade matemática quando se apresentar variáveis de decisão para máximo será adotado o intervalo superior de 99,9%, enquanto para variáveis de mínimo o intervalo inferior será de 0,10%, tendo em vista que 0 e 100 por cento são valores matematicamente impossíveis para este tipo de distribuição.

4 RESULTADOS

Este capítulo apresenta todos os resultados encontrados durante as etapas de coleta de dados antropométricos dos alunos do CEPM e de avaliação das cadeiras com prancheta. Além disso, é realizada a discussão sobre os resultados apresentados.

4.1 Resultados e discussão de dados antropométricos

As medidas antropométricas coletadas apresentaram valores que seguem uma distribuição gaussiana, o que confirma as afirmações de diversos autores sobre o comportamento normal das dimensões antropométricas do corpo humano.

É possível perceber a diferença entre medidas de homens e mulheres. Esta variação é esperada, tendo em vista que os segmentos antropométricos são fortemente influenciados por fatores como sexo, etnia e idade. As mulheres apresentam médias antropométricas menores que os homens para a maioria das variáveis coletadas.

As variáveis do grupo A (postura em pé) apresentam, normalmente, o coeficiente de variação menor que as medidas do grupo B (postura sentada). O coeficiente para o grupo A é maior em amostras do sexo masculino, a média é aproximadamente igual a 6,72% enquanto o sexo feminino é em torno de 6,53%.

As medidas de postura sentada apresentam uma inversão, as mulheres passam a apresentar uma média maior no coeficiente de variação (13,64%), enquanto os homens apresentam média de 8,32%. Estes valores para amostras femininas foram impulsionadas pelos valores das variáveis B01, B02, B03, B04 e B09.

Estas análises podem ser melhor observadas pela tabela 5, que consta com valores de medidas centrais e de dispersão para cada sexo.

Tabela 5 - Valores de medidas centrais e de dispersão

Variáveis	Feminino				Masculino			
	Média	Desvio Pad.	Variância	Coef. Var.	Média	Desvio Pad.	Variância	Coef. Var.
[1-A]	59,86	10,00	99,90	16,70%	82,49	14,69	215,92	17,81%
[2-A]	163,64	5,46	29,85	3,34%	177,93	5,83	34,00	3,28%
[3-A]	154,00	5,71	32,60	3,71%	167,97	6,22	38,65	3,70%
[4-A]	134,59	4,84	23,44	3,60%	148,57	5,59	31,28	3,76%
[5-A]	103,50	4,79	22,95	4,63%	113,27	3,97	15,80	3,51%
[6-A]	43,41	1,46	2,14	3,37%	48,45	2,78	7,73	5,74%
[7-A]	26,05	1,06	1,12	4,07%	29,72	2,33	5,44	7,84%
[8-A]	129,05	7,66	58,72	5,94%	139,37	6,74	45,38	4,83%
[9-A]	69,45	2,02	4,07	2,91%	77,63	3,17	10,07	4,09%
[10-A]	164,73	4,63	21,42	2,81%	181,67	9,02	81,32	4,96%
[11-A]	91,55	9,77	95,47	10,67%	99,59	8,83	77,97	8,87%
[12-A]	79,32	10,46	109,31	13,18%	94,41	11,20	125,47	11,86%
[13-A]	38,00	3,63	13,20	9,56%	38,50	2,87	8,24	7,45%
[14-A]	37,00	2,57	6,60	6,94%	44,08	2,83	8,01	6,42%
[1-B]	87,14	14,16	200,50	16,25%	89,50	3,71	13,78	4,15%
[2-B]	76,77	13,92	193,87	18,14%	78,63	4,22	17,82	5,37%
[3-B]	60,45	13,33	177,67	22,05%	59,89	3,97	15,80	6,64%
[4-B]	22,73	4,52	20,42	19,88%	23,98	3,17	10,04	13,22%
[5-B]	12,27	2,00	4,02	16,33%	16,38	2,83	8,00	17,26%
[6-B]	44,18	3,87	15,01	8,77%	47,45	3,68	13,51	7,74%
[7-B]	53,09	3,67	13,44	6,91%	56,22	3,40	11,56	6,05%
[8-B]	47,27	4,54	20,62	9,61%	51,78	5,09	25,93	9,83%
[9-B]	9,86	1,27	1,60	12,84%	10,82	0,74	0,54	6,80%
[10-B]	23,18	1,49	2,21	6,42%	26,57	1,35	1,82	5,07%
[11-B]	7,82	1,01	1,01	12,88%	9,20	0,86	0,74	9,38%

Fonte: Autor (2012).

Os valores das medidas antropométricas coletadas de cada aluno são apresentados no Apêndice A.

4.2 Resultados e discussão da avaliação de cadeiras com prancheta

Este tópico apresenta a discussão para cada variável de decisão definida para avaliação das medidas das cadeiras universitárias. São abordados os valores encontrados e

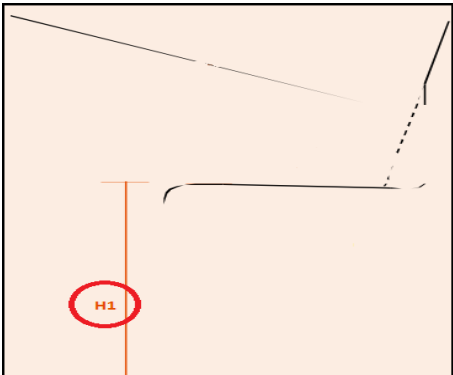
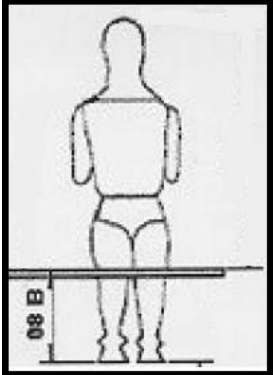
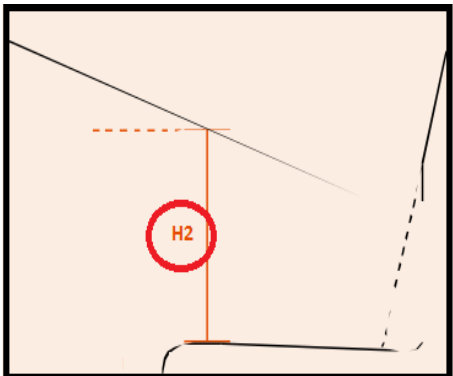
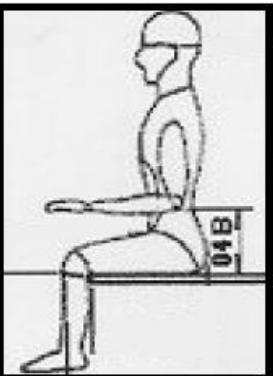
discutidos os resultados com as recomendações da literatura adotada para a avaliação, que são Iida (2005) e Bergmiller *et.al* (1999).

As curvas normais apresentadas nos gráficos deste tópico são resultantes das amostras coletadas dos alunos do CEPM. Os valores de média e desvio padrão estimados foram calculados a partir das médias e desvios amostrais.

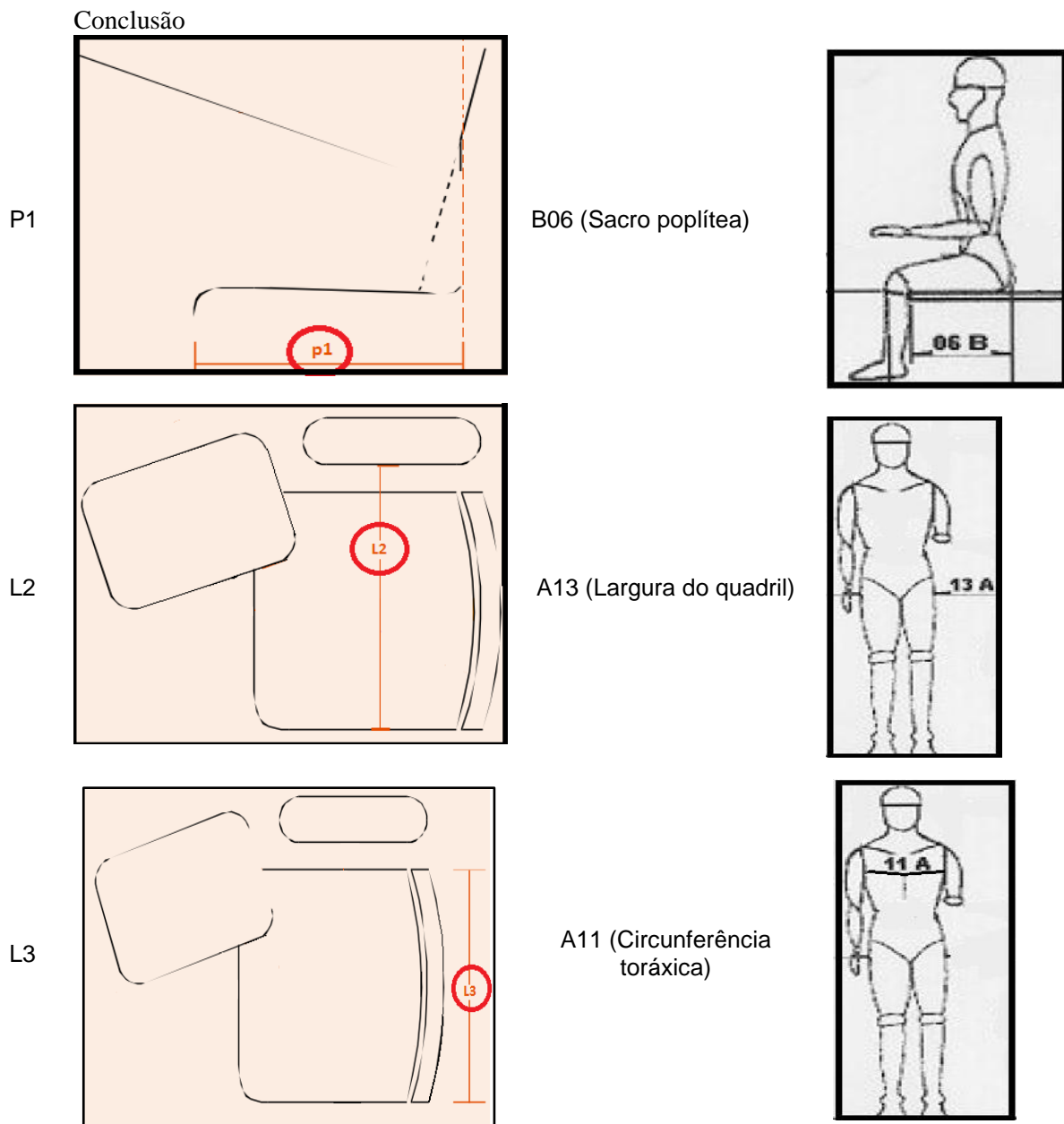
A relação entre variáveis antropométricas e variáveis de avaliação das cadeiras segue as instruções ilustradas na tabela 6. Foram escolhidas as medidas que apresentariam maior equivalência.

Deste modo os gráficos ilustrados neste tópico apresentam colunas de cores variadas que representam os valores aferidos para cada variável de avaliação (conforme tabela 3) e seu percentil dentro da distribuição gaussiana de cada variável antropométrica.

Tabela 6 - Relação entre variáveis

Variável de Avaliação das Cadeiras	Variável Antropométrica Correspondente	
<p>H1</p> 	<p>B08 (Altura poplítea)</p>	
<p>H2</p> 	<p>B04 (Assento cotovelo)</p>	

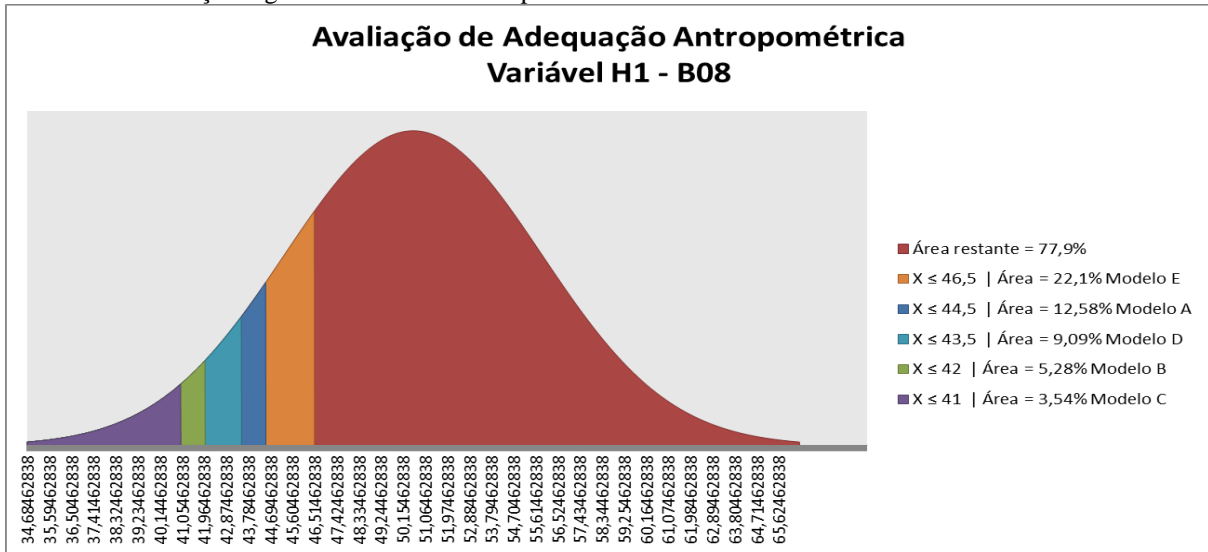
Continua



Fonte: Autor (2012).

Primeiramente é avaliada a variável H1(figura 14) que apresentou os resultados de 44,5 cm, 42 cm, 41 cm, 43,5 cm e 46,5 cm para os modelos A, B, C, D e E respectivamente. A medida antropométrica definida como equivalente para realização da comparação é a 08B (altura poplíteia). Abaixo está representada pelo gráfico 8 a comparação dos vários modelos com a distribuição normal desta variável antropométrica.

Gráfico 8 - Avaliação ergonômica de cadeiras a partir da variável H1 – 08B



Fonte: Autor (2012).

Pela análise gráfica é possível perceber que o modelo E se aproxima mais do primeiro quartil da população amostral, ou seja, um projeto que visa os usuários que se encontram na faixa do mínimo central da população (25%). Enquanto os modelos B e C atendem aos usuários do extremo esquerdo do gráfico, portanto foram projetados para o mínimo da população (5%).

Para Bergmiller *et.al* (1999) a variável H1 (figura 14) deve apresentar um valor médio de 420 mm, ou seja, aproximadamente o 5^o percentil da população amostral estudada. Todavia para Lida (2005), esta variável deve ser projetada a partir de valores máximos, deste modo deveria ser levado em conta o 95^o percentil da amostra masculina estudada (59,28 cm) e aqueles que não apresentassem condição de utilizar a cadeira, deveriam utilizar um estrato para corrigir a diferença.

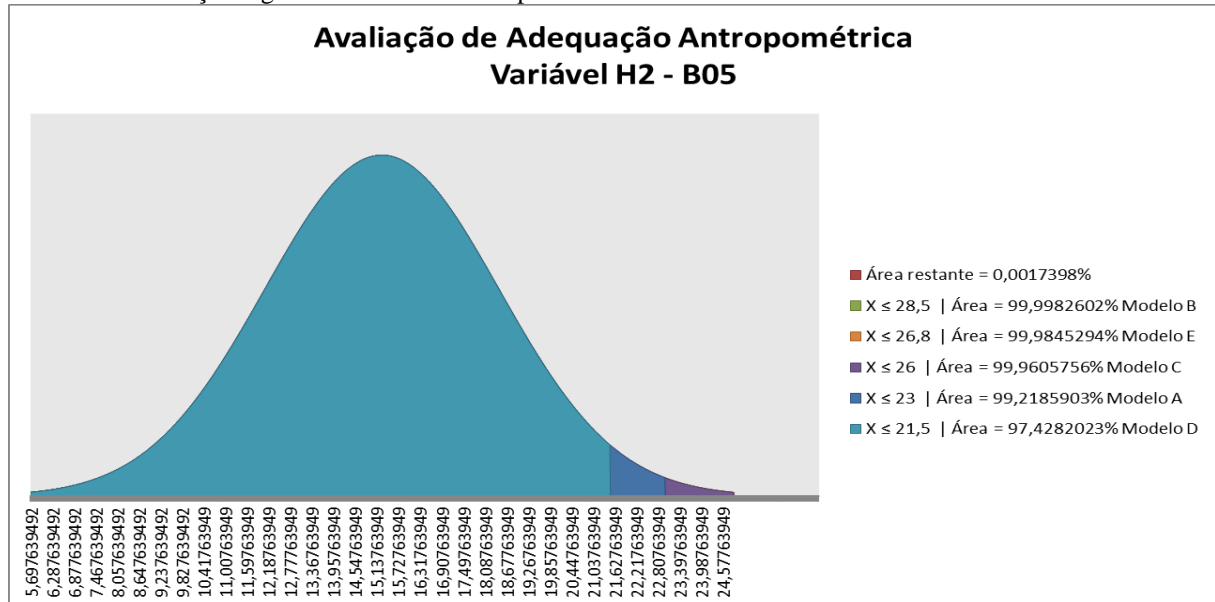
Como as cadeiras apresentam um suporte na parte inferior para apoio dos membros inferiores e deste modo absorver a necessidade de cadeiras com pernas maiores. Deste modo é possível trabalhar com percentis mínimos, torna-se claro a melhor adequação dos modelos B e C que apresentam a probabilidade de adequação para 5,68% e 3,54% da população respectivamente.

A variável H2 (figura 14) representa a altura entre o assento e o tampo inferior da prancheta da cadeira. Os modelos A, B, C, D e E apresentaram respectivamente os valores 23 cm, 28,5 cm, 26 cm, 21,5 cm e 26,8 cm. Esta variável será confrontada junto a variável antropométrica 04B (assento-cotovelo). Entretanto existe uma restrição que deve ser analisada de forma conjunta, que é a medida de 05B (altura das coxas), pois se H2 for menor que 05B a cadeira torna-se impossível de utilizar.

Para o teste inicial a partir da variável antropométrica 05B, todos os modelos apresentaram resultados satisfatórios, a menor porcentagem apresentada foi referente ao modelo

D o qual apresentou uma abrangência de 97,43% da população amostral, ou seja, os projetos de cadeiras utilizam o critério de máximo da população. Estes valores podem ser observados pelo gráfico 9 abaixo.

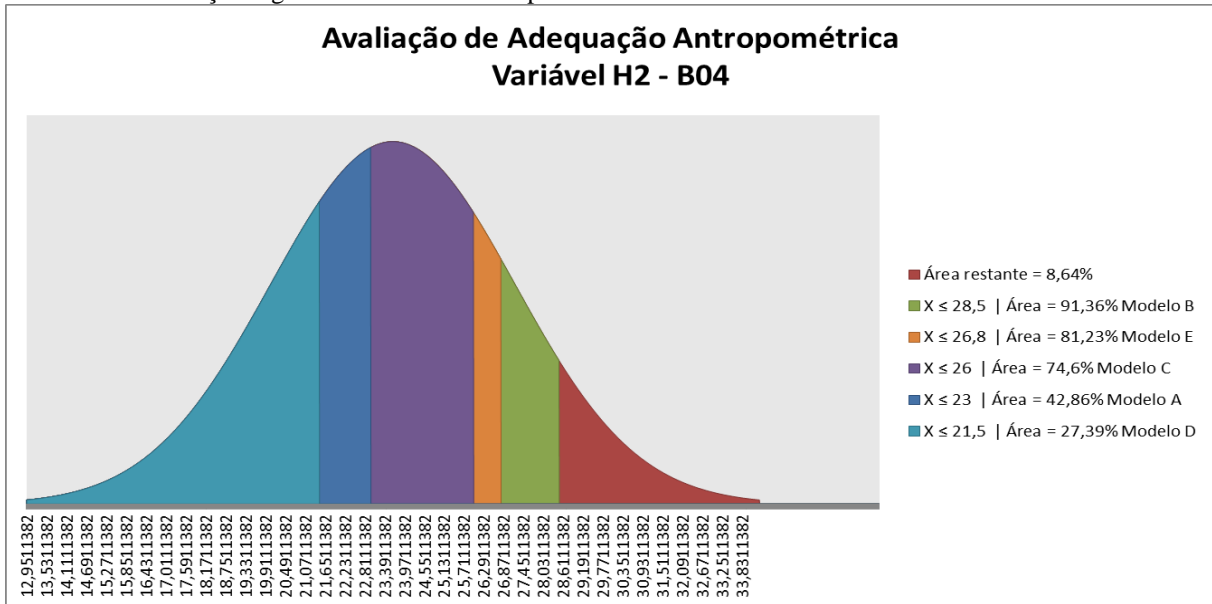
Gráfico 9 -Avaliação ergonômica de cadeiras a partir da variável H2-05B



Fonte: Autor (2012).

O teste utilizando a variável 04B mostra 60% dos modelos estão próximo do terceiro e o último quartil da distribuição, evidenciando a proposta de projeção para o extremo superior da população. De acordo com Iida (2005) a altura das coxas são normalmente projetadas para o 95^o percentil masculino, deste modo a melhor cadeira é o modelo B, pois se adequa até 91,36% da população amostral. O gráfico 10 mostra que os modelos A e D tentam se adequar ao segundo quartil (entre o 25^o e o 50^o percentil). Os modelos E e C são aqueles que mais se aproximam do ideal apresentado por Bergmiller *et.al* (1999), ou seja, 25 cm.

Gráfico 10 -Avaliação ergonômica de cadeiras a partir da variável H2-04B

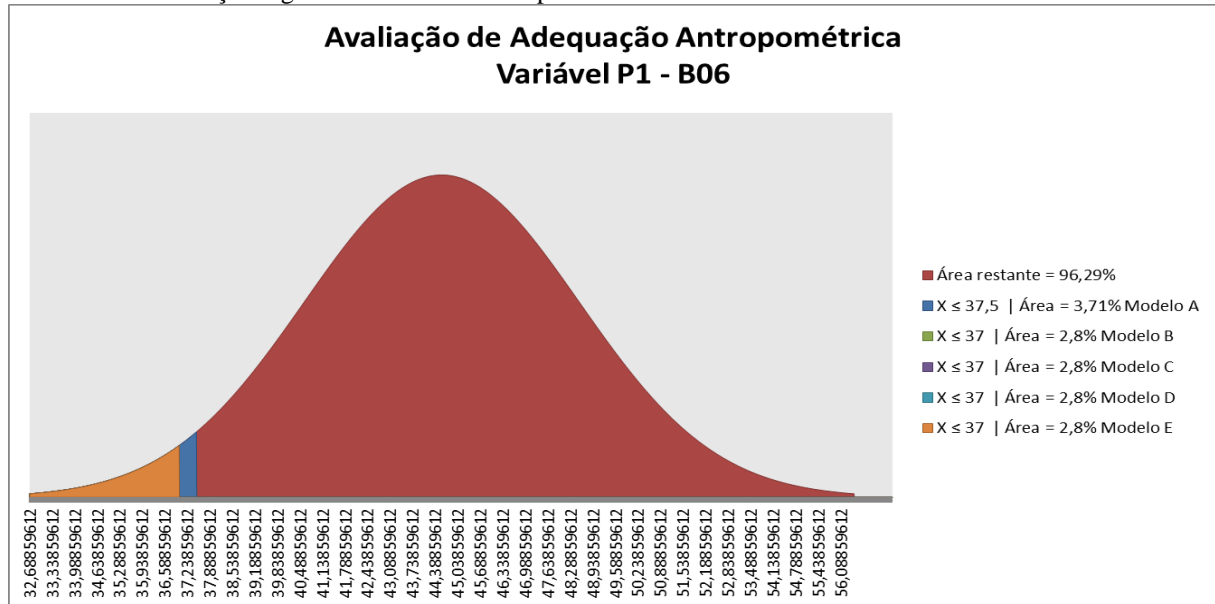


Fonte: Autor (2012).

A variável de decisão P1 (figura 14) representa a profundidade do assento da cadeira e será comparado com a variável antropométrica B06 (sacro-poplíteo). Para Iida (2005) é recomendada uma profundidade entre 38 a 44 cm, de modo que o extremo do assento permaneça cerca de 2 cm afastado da parte interna da perna. Bergmiller *et.al* (1999) adota uma medida de 300 mm como padrão. Adotou-se a recomendação de Iida (2005) como padrão de adequação, por isso todas as medidas de B06 foram subtraídas de dois centímetros.

Para este quesito todos os modelos apresentaram resultados semelhantes, pois, com exceção do modelo A, todos apresentam a mesma especificação de 37 cm de profundidade. Portanto elas foram projetadas visando atender a parte da população que apresenta menor comprimento sacro-poplíteo. Para Iida (2005) um assento muito curto pode causar a sensação de instabilidade do corpo, enquanto um muito longo causa pressão na parte interna da perna. Neste quesito todos os modelos se mostraram adequados para a população, pois apresentam valores próximos do 5^o percentil (38,06 cm) dela, conforme o gráfico 11 ilustrado a seguir.

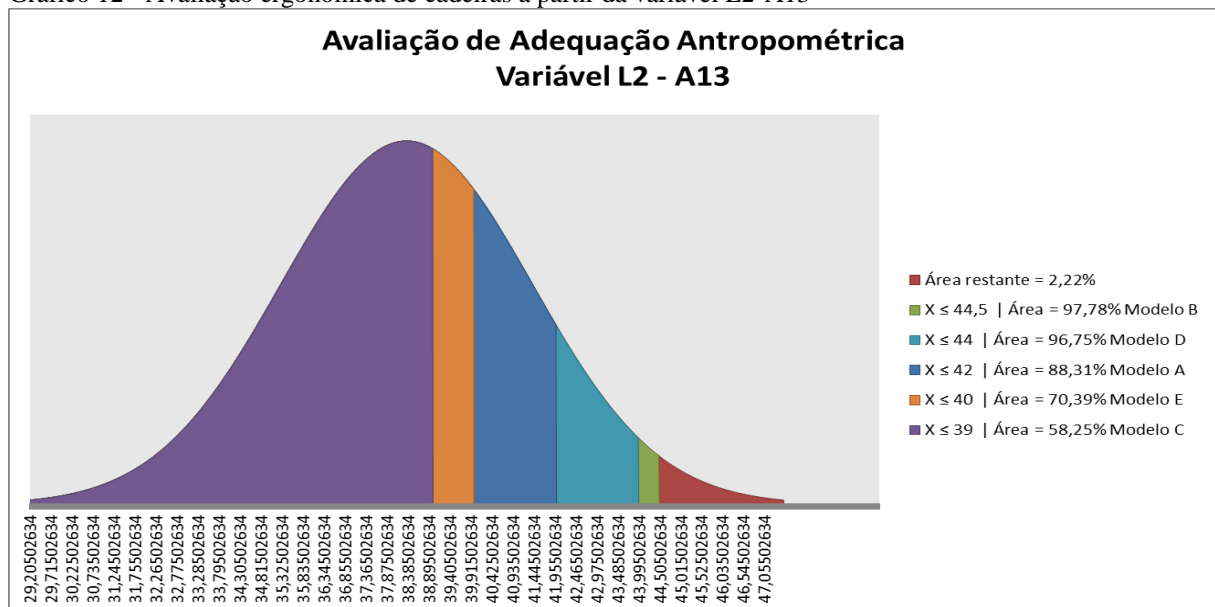
Gráfico 11 - Avaliação ergonômica de cadeiras a partir da variável P1-B06



Fonte: Autor (2012).

A análise da variável L2 (figura 14) será realizada a partir da comparação dos valores encontrados para os modelos A, B, C, D e E com a distribuição gaussiana da variável antropométrica A13 (largura do quadril), como ilustrado no gráfico 12. Esta variável é apresentada por Iida (2005) a partir de uma demonstração de valores adotadas por vários outros autores e normas técnicas, a largura entre os apoios deve apresentar valor entre 46 e 51 cm.

Gráfico 12 - Avaliação ergonômica de cadeiras a partir da variável L2-A13



Fonte: Autor (2012).

Nenhum modelo apresenta os valores adotados pelas normas técnicas ou sugestões de autores. Dentre as cadeiras analisadas as que mais se aproximam do valor ideal são os modelos B e D, que conseguem se adequar na região mais próxima ao 95^o percentil.

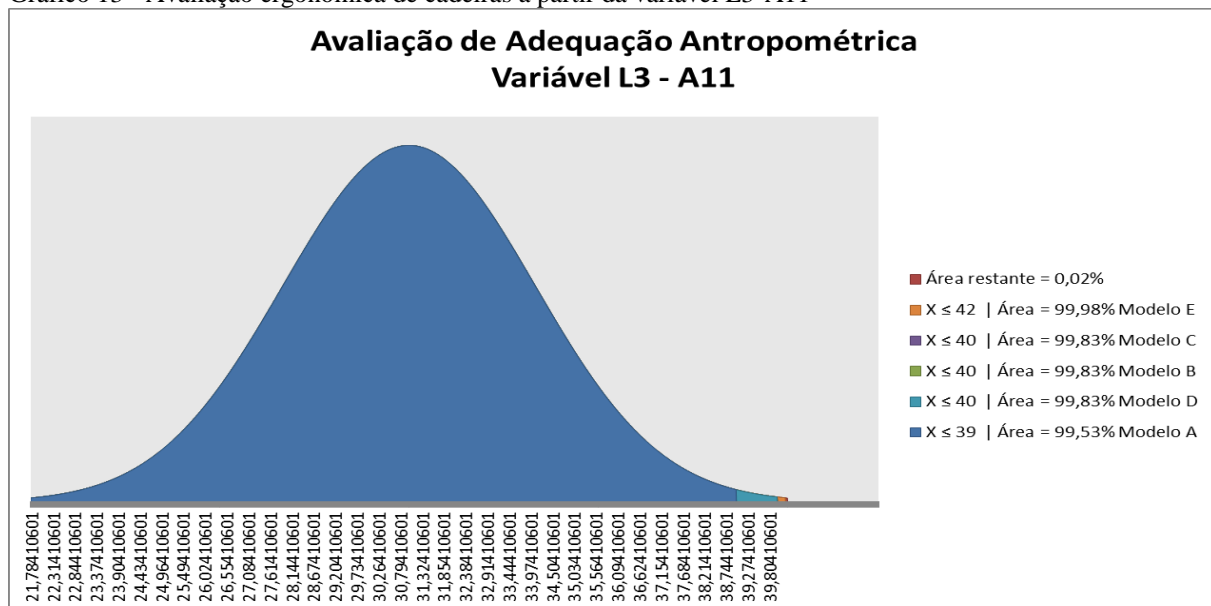
A última análise realizada será uma comparação entre as medidas encontradas de L3 (figura 14) para os modelos de cadeiras estudadas e a distribuição normal referente à variável antropométrica A11 (circunferência torácica).

Para esta análise foi preciso realizar uma intervenção, de modo que o valor utilizado para formar o gráfico foi obtido a partir de uma aproximação geométrica onde se buscava obter o diâmetro de uma circunferência a partir da equação 7.

$$d = \frac{c}{\pi} \quad (7)$$

Assim como ocorreu na análise anterior, esta variável é analisada a partir de dados fornecidos por Iida (2005) o qual adota como intervalo recomendado para largura do encosto valores entre 32 a 40 cm. Para Bergmiller (1999) este valor deve ser próximo de 400 mm, ou seja, as larguras do encosto para 80% dos modelos estão dentro do intervalo adotado pelos modelos de referência. O gráfico 13 ilustra o comportamento da curva normal para cada uma das medidas de L3.

Gráfico 13 - Avaliação ergonômica de cadeiras a partir da variável L3-A11



Fonte: Autor (2012).

Como pode ser observado os modelos estão adequados para aproximadamente 99% da população amostral. É possível observar que os valores recomendados pelas literaturas se adequa à realidade dos alunos do CEPM da UFC.

O método de análise a partir da distribuição gaussiana é um modo eficiente de dimensionamento do mobiliário, pois a tomada de decisão são realizadas a partir de um reconhecimento da natureza antropométrica da população que se busca atender.

A determinação do modelo que apresenta maior adequação antropométrica aos alunos do CEPM é realizada seguindo as regras de pontuação do modelo definido no capítulo anterior. A tabela 7 a seguir apresenta o resumo da avaliação.

Tabela 7 - Avaliação ergonômica dos modelos de cadeiras a partir de variáveis antropométricas

VARIÁVEL	OBJETIVO	LIM.INFERIOR	VALOR OBJETIVO	LIM.SUPERIOR	VALOR DO MODELO MAIS PRÓXIMO	MODELO DO 1º CRITÉRIO	MODELOS DO 2º CRITÉRIO
H1	Mínimo (5º percentil)	34,21 cm	41,86 cm	43,78 cm	42,00 cm	B	C/D
H2	Máximo (95º percentil)	28,21 cm	29,50 cm	34,65 cm	28,50 cm	B	-
P1	Mínimo (5º percentil)	32,33 cm	38,06 cm	39,50 cm	37,70 cm	A	B/C/D/E
L2	Máximo (95º percentil)	42,28 cm	43,39 cm	47,80 cm	44,00 cm	D	B
L3	Máximo (95º percentil)	34,96 cm	36,07 cm	40,52 cm	39,00 cm	A	B/C/D

Fonte: Autor (2012).

Ao analisar a tabela 6 é possível perceber que somente o modelo B foi escolhido como adequado para a variável H2 (figura 14). Isto ocorreu, pois o primeiro critério de avaliação é escolher aquele que apresenta a medida mais próxima do valor objetivo, enquanto o segundo critério pontua todos os modelos que se adequarem ao intervalo de enquadramento. Para o critério H2 assume-se como valor objetivo aquele que representa o 95º percentil (29,50 cm) e os intervalos aceitáveis são de 28,21 cm e 34,65 cm, deste modo o modelo B foi pontuado, pois foi o que apresentou a medida mais próxima do objetivo e os demais modelos não se enquadraram dentro do intervalo de aceitação.

Por fim o tipo de cadeira que apresentou o maior somatório de pontos foi o modelo B com 9 pontos, seguido das cadeiras A e D com 6 pontos. Estes resultados mostram quais modelos mais se adequam segundo os valores antropométricos da população e critérios de aceitação adotados por literaturas especializadas como Iida (2005) e Bergmiller *et.al* (1999).

5 CONCLUSÃO

O trabalho buscou apresentar uma forma de avaliar o mobiliário escolar a partir de uma abordagem ergonômica, utilizando como critério de decisão as variáveis antropométricas dos alunos do CEPM da UFC.

A caracterização antropométrica dos indivíduos do grupo pesquisado foi uma atividade necessária, pois seus resultados seriam considerados como parâmetros de avaliação.

O estudo dos dados antropométricos dos alunos do CEPM evidencia o quanto as medidas antropométricas, mesmo que influenciadas por variáveis como idade, sexo e etnia, são próximas dos padrões mundiais. Ao se analisar o modelo humano apresentado pelo trabalho (Apêndice B) em comparação com as demais literaturas, é possível perceber o quanto ambos são próximos. Esta aproximação credita valor aos dados coletados, pois convergem aos padrões mundiais aceitos em várias literaturas.

As análises das medidas corpóreas coletadas permitiram realizar conclusões a cerca da adequação antropométrica das cadeiras com pranchetas estudadas. Dos cinco modelos observados, o que apresentou medidas próximas aos padrões definidos por literaturas foi o modelo B. Todavia todos mobiliários apresentaram, muitas vezes, valores próximos, o que torna clara a tentativa de se adequar aos mesmos percentis.

Através da análise dos dados é possível perceber que a natureza da distribuição gaussiana influencia nas decisões de adequação antropométrica das cadeiras. A maioria das variáveis foram projetadas para extremos populacionais e quanto mais distantes da média, menor é a influência das variações sobre a probabilidade de adequação. Existe menor concentração de probabilidade nos extremos da distribuição normal, portanto é de se esperar que os usuários não percebam diferenças entre as especificações das cadeiras.

Por fim este trabalho buscou demonstrar uma forma de se avaliar mobiliário escolar, de modo que este se ajuste às características antropométricas da população. A caracterização dos usuários é a etapa inicial para o projeto de equipamentos e locais de trabalho, pois todos os objetos devem acomodar perfeitamente aqueles que o utilizarão. A criação de um modelo antropométrico contribui para novas pesquisas na área da ergonomia, pois facilita para novas projeções, já que o modelo é uma reprodução dos dados coletados.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

O trabalho é focado em avaliação de cadeiras com pranchetas a partir de variáveis antropométricas, este tipo de pesquisa pode ser estendida para variáveis biomecânicas, tornando-se uma avaliação mais ampla, pois além de se analisar as características das medidas da população, passa a considerar como fator de verificação a mecânica do organismo a fim de ajustar os esforços realizados à um nível satisfatório.

O mesmo tema pode ser estudado novamente com a utilização de outras variáveis antropométricas a fim de aumentar o número de variáveis de decisão para adequação do mobiliário às medidas antropométricas.

Por fim existe a possibilidade de crescimento do estudo, englobando não só uma análise de adequação, mas também uma avaliação de conforto, a partir da aplicação de uma pesquisa junto à determinada população. Deste modo poderia ser verificada se existe algum tipo de relação entre sensação de conforto e adequação antropométrica.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, J. et al. **Introdução à Ergonomia: Da Prática à Teoria**. São Paulo: Blucher, 2009.
- BERGMILLER, K. H.; SOUZA DE, P. L.; BRANDÃO, M. B. A. **Ensino Fundamental: Mobiliário Escolar**. Brasília: FUNDESCOLA – MEC, 1999.
- BERRY, C.; McNEELY, A.; BEAUREGARD, K.; DICKENS, H.; GEDDIE, J. E. **A Guide to Ergonomics**. North Carolina: N.O. Department of Labor, 2009.
- BOLFARINE, H; BUSSAB, W. O. **Elementos de Amostragem**. São Paulo: Bluncher, 2005.
- CONTINI, R.; DRILLIS, R. Body segment parameters. **Report** nº 1166-03. New York: Department of Health, Education an Welfare, 1966.
- DUL, J; WEERDMEESTER, B. A. **Ergonomics for Beginners: A Quick Reference Guide**. 3rd Ed. Boca Raton: CRC Press, 2008.
- IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 2ª Ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2005.
- KROEMER, K. H. E; GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem**. 5ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- LIMA, V. **Ginástica Laboral: Atividade Física no Ambiente de Trabalho**. São Paulo: Phorte, 2008.
- LIN, R.; KANG, Y. Y. Ergonomic Design of Desk and Chair for Primary School Students in Taiwan.[S.l.:s.n], 2003. Disponível em:
http://www.odemployee.id.tue.nl/g.w.m.rauterberg/conferences/cd_donotopen/adc/final_paper/616.pdf. Acesso em: 15 de maio de 2012.
- LOPES, P. A. **Probabilidade e Estatística**.1º Ed. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso, 1999.

LUEDER, R; RICE, V. J. B. **Ergonomics for Children: Designed Products and Places for Toodlers to Teens**. Boca Raton: CRC Press, 2008.

MARTINS, G. A. **Estatística Geral e Aplicada**. 3^a Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MacLEOD, D. **The Rules of Work: A Pratical Engineering Guide to Ergonomics**. Boca Raton: CRC Press, 2000.

MONTGOMERRY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4^a Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

NIST/SEMATECH. **e-HANDBOOK OF STATISTICAL METHODS**. Disponível em: <<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>>. Acesso em: 12 de maio de 2012.

OLIVEIRA, E. C. Comparação das Diferentes Técnicas para Exclusão de “Outliers”. *In*: CONGRESSO DA QUALIDADE EM METROLOGIA, 2008, São Paulo, **Anais...** São Paulo: REMESP, 2008. Disponível em: <<http://www.vertent.net/remesp/enqualab2008/cdrom/pdf/TT001.pdf>>. Acesso em: 12 de maio de 2012.

ALLSTEEL, S. O.; ALLSTELL, E. T. **Ergonomics and Design: A Reference Guide**. Iowa: Allsteel, 2006.

PASCHOARELLI, L. C. **O Posto de Trabalho Cadeira Escolar como Objeto de Desenvolvimento da Educação Infantil: Uma Contribuição do Design e da Ergonomia**. 1997. 121f. Dissertação (Mestrado em Projeto, Artes e Sociedade). Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. Universidade Estadual Paulista, Bauru. 2007.

PASCHOARELLI, L. C.; MENEZES, M. S. **Design e Ergonomia: Aspectos Tecnológicos**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

REIS, P. F; REIS, D .C; MORO, A. R. **Mobiliário escolar: Antropometria e Ergonomia da Postura Sentada**. [S.l.:s.n.],2005.

SAMPIERI, R. H; COLLADO, F. C; LUCIO, P.B. **Metodologia de pesquisa**. 3.ed. Tradução de Fátima Conceição Murad, Melissa Kassner e Sheila Clara Dystyler Ladeira. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

SANTOS, H. H; SOUZA, C. O; REBELO, F. S; CARDIA, M. C. G. C.; OISHI, J. Relação entre Variáveis Antropométricas e as Dimensões das Carteiras Utilizadas por Estudantes Universitários. 2008, São Paulo. Disponível em:
<http://www2.rc.unesp.br/eventos/educacao_fisica/biomecanica2007/upload/82-3-A-XIICBB3.pdf >

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3.ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2004.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. 10 ed. Tradução de Vera Regina Lima de Farias e Flores. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

TUNAY, M.; MELEMEZ, K. An Analysis of biomechanical and anthropometric paramters on classroom furniture design. **African Journal of Biotechnology**,[*S.l.*], pp.1081-1086 , abril. 2008. Disponível em: <<http://www.ajol.info/index.php/ajb/article/viewFile/58625/46961>>. Acesso em: 12 de maio de 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Anuário estatístico 2011**: Base 2010. Fortaleza, 2011.

VIDAL, M. C. Introdução à Ergonomia. Monografia (Especialização em Ergonomia Contemporânea) – CESERG/GENTE/COPPER/UFRJ, 2000. Disponível em:
<<http://www.ergonomia.ufpr.br/Introducao%20a%20Ergonomia%20Vidal%20CESERG.pdf>>
. Acesso em: 12de maio de 2012.

YOUNG, H. D. **Stastistical Treatment of Experimantal Data**: An Introduction to Statistical Methods. New York: McGraw-Hill Book Company, 1962

APÊNDICES

APÊNDICE A – Dados antropométricos dos alunos do curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal do Ceará

SEXO	[1-A]	[2-A]	[3-A]	[4-A]	[5-A]	[6-A]	[7-A]	[8-A]	[9-A]	[10-A]	[11-A]	[12-A]	[13-A]	[14-A]	[1-B]	[2-B]	[3-B]	[4-B]	[5-B]	[6-B]	[7-B]	[8-B]	[9-B]	[10-B]	[11-B]
FEMININO	60	165	154	136	102	43	26	127	67	163	90	76	33	36	81	66	59	22	13	46,5	56,5	41	9	25	8,5
FEMININO	63,5	163	151	132,5	98,5	42,5	25,5	122,5	69	164	90	90,5	37	34	127,5	115,5	97	22	11	43,5	56,5	44	10	23,5	7,5
FEMININO	49	163	154	132	102	43	26	127	67	165	82	71	37	35	81	73	56	21	11	43	49	48	9	22	7
FEMININO	50	154	145	126	99	41	25	121	67	157	87	72	37	34	78	67	52	22	11	39	49	43	10	20	7
FEMININO	51	154	146	129	97	43	25	120	69	160	82	72	35	39	78	68	49	17	13	41	51	47	8,5	22,5	7
FEMININO	58	170	161	140	108	43	26	133	71	169	93	80	38	35	86	78	59	26	12	49	58	51	10	22	8
FEMININO	59	168	159	140	108	46	28	130	70	173	93	72	39	38	81	73	54	19	13	47	55	51	10	23	7
FEMININO	60	164	155	133	102	45	26	126	70	170	91	77	41	36	89	75	56	21	15	41	51	55	9	24	8
FEMININO	60	168	160	138	108	42	26	142	69	161	86	73	38	41	86	78	65	29	9	48	53	49	11	24	9
FEMININO	62	162	149	133	102	45	28	128	73	165	95	84	36	38	78	68	51	19	11	39	48	41	9	24	7
FEMININO	86	169	160	141	112	44	25	143	72	165	118	105	47	41	92	83	67	32	16	49	57	50	13	25	10
MASCULINO	60	170	158	139	108	46	27	134	75	171	80	72	36	41	84	72	53	15	9	42	50	52	10	25	9
MASCULINO	62	173	164	148	116	48	29	146	78	179	82	71	33	43	82	72	51	22	18	46	52	58	10	27	10
MASCULINO	70	174	165	140	112	49	31	135	80	182	90	83	37	43	99	90	63	29	11	46	51	53	12	27	10
MASCULINO	71	180	170	152	115	45	30	140	76	174	103	87	37	45	90	80	65	25	15	53	63	50	12	29	9
MASCULINO	74	176	166	148	112	45	28	129	76	182	96	89	40	42	87	77	62	30	20	49	57	48	10	26	9
MASCULINO	75	174	164	145	113	48	28	136	71	170	90	89	42	37	88	73	55	21	15	46	57	55	10	25	9
MASCULINO	75	177	166	148	111	49	30	143	75	182	96	88	36	41	90	79	60	21	13	43	58	53	10	25	9
MASCULINO	77	177	169	150	112	45	26	140	77	170	89	95	34	41	90	77	60	26	16	54	57	56	10	28	10
MASCULINO	78	174	164	146	109	48	29	131	77	181	106	94	41	49	89	81	60	25	12	43	53	45	10	27,5	8
MASCULINO	79	170	161	145	112	43	26	127	74	165	109	92	38	45	87	77	62	30	20	49	57	48	11	23	9
MASCULINO	80	176	170	147	108	47	29	134	76	180	100	88	36	42	87	81	59	24	16	44	53	49	10	26	9
MASCULINO	81	169	159	139	106	46	26	128	76	174	102	97	38	40	87	77	57	24	17	46	56	42	11	26	8
MASCULINO	82	175	161	144	110	49	32	137	77	180	98	93	37	42	88	74	56	22	15	42	52	45	10	26	7
MASCULINO	84	182	171	152	114	49	32	147	79	180	92	98	37	43	92	79	62	26	16	54	59	56	11	29	10
MASCULINO	84	188	176	154	118	52	33	142	80	193	100	89	42	50	93	81	64	28	18	50	60	59	12	28	9
MASCULINO	90	187	177	155	124	52	32	152	82	199	97	92	38	47	98	85	66	26	24	48	56	57	10	28	8
MASCULINO	91	182	175	154	118	51	33	148	82	188	99	98	37	47	92	83	61	18	19	51	52	60	11	26	9
MASCULINO	92	169	156	138	107	44	26	132	70	169	113	110	36	46	84	71	54	24	15	38	52	40	12	24	9
MASCULINO	108	183	178	157	117	54	34	151	83	197	115	115	43	46	88	77	58	21	18	50	61	49	12	27	10
MASCULINO	108	189	178	157	117	54	34	151	83	197	115	115	43	46	88	77	58	21	18	50	61	49	12	27	10
MASCULINO	135	189	179	160	118	53	33	147	82	200	118	127	47	49	95	87	71	25	19	52	63	63	11	28	12
MASCULINO	66,8	176	166	147	112	48	29	138	77	180	99	93	38	44	89	78	59	24	16	47	56	51	11	26	9
MASCULINO	87	182	171	152	116	50	30	143	79	186	102	96	39	45	92	80	61	25	17	49	57	53	11	27	9
MASCULINO	90	185	174	154	118	50	31	145	81	189	104	98	40	46	93	82	62	25	17	49	58	54	11	28	10
MASCULINO	78	172	162	144	110	47	29	135	75	176	96	91	37	43	87	76	58	23	16	46	54	50	10	26	9
MASCULINO	84	180	170	150	115	49	30	141	79	184	101	95	39	45	91	80	61	24	17	48	57	52	11	27	9
MASCULINO	80	178	168	149	113	48	30	139	78	182	100	94	39	44	90	79	60	24	16	47	56	52	11	27	9
MASCULINO	70	175	165	146	111	48	29	137	76	179	98	93	38	43	88	77	59	24	16	47	55	51	11	26	9
MASCULINO	81	177	167	148	113	48	30	139	77	181	99	94	38	44	89	78	60	24	16	47	56	51	11	26	9
MASCULINO	82	179	169	149	114	49	30	140	78	183	100	95	39	44	90	79	60	24	16	48	57	52	11	27	9
Média	76,42	174,10	164,22	144,82	110,65	47,10	28,74	136,60	75,43	177,13	97,43	90,36	38,36	42,18	88,87	78,13	60,04	23,64	15,28	46,57	55,38	50,57	10,56	25,66	8,83
Desv. Padrão	16,87	8,56	8,68	8,24	6,03	3,35	2,63	8,31	4,66	11,05	9,67	12,81	3,05	4,19	7,83	7,88	7,48	3,56	3,19	3,96	3,70	5,30	0,99	2,04	1,08
Coef. Variação	22,07%	4,92%	5,29%	5,69%	5,45%	7,12%	9,17%	6,08%	6,18%	6,24%	9,92%	14,18%	7,96%	9,93%	8,81%	10,08%	12,46%	15,07%	20,90%	8,51%	6,69%	10,47%	9,36%	7,96%	12,28%
Máximo	135	189	179	160	124	54	34	152	83	200	118	127	47	50	127,5	115,5	97	32	24	54	63	63	13	29	12
Mínimo	49	154	145	126	97	41	25	120	67	157	80	71	33	34	78	66	49	15	9	38	48	40	8,5	20	7
Intervalo	86	35	34	34	27	13	9	32	16	43	38	56	14	16	49,5	49,5	48	17	15	16	15	23	4,5	9	5

Fonte: Autor (2012)

APÊNDICE B – Modelo humano projetado para alunos do curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal do Ceará.

MODELO HUMANO DOS ALUNOS DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

O modelo humano projetado para alunos do CEPM foi realizado a partir dos dados coletados o qual foi realizada uma análise de correlação entre as variáveis para encontrar a medida que apresenta maior correlação. O apêndice C mostra os resultados das correlações, onde a variável que apresentar o maior somatório dos módulos dos coeficientes de correlação r , será escolhida como medida de parâmetro.

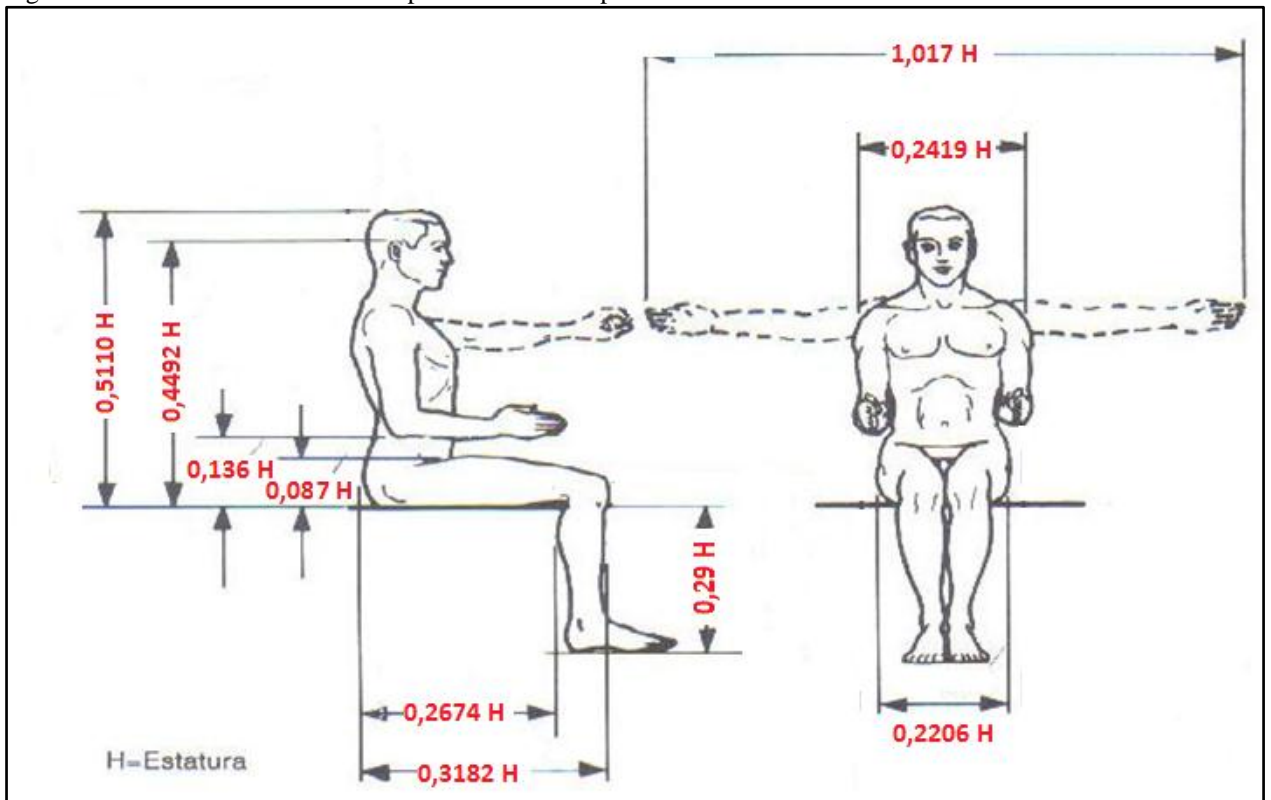
A estatura (A_2) foi a variável que apresentou o maior somatório (15,22), este é um resultado esperado, tendo em vista trabalhos como de Roozbazar (1977) e de Contini e Drills (1966) que também relatam a estatura como a variável de maior correlação.

Em seguida é realizada a relação entre os segmentos corpóreos que serão aproximados com a variável parâmetro (estatura), conforme a equação 8. O valor encontrado para cada \bar{B} será o fator multiplicador do parâmetro.

$$\bar{B}n_{Aproximado} = \frac{\sum_{i=1}^{14} \frac{Bn_i}{A_{2i}}}{n} \quad (8)$$

Os cálculos realizados resultaram no modelo antropométrico ilustrado na figura 20. Como pode ser percebido, existe uma grande aproximação com o modelo matemático proposto por Roozbazar (1977).

Figura 19 - Modelo humano formado por medidas antropométricas de alunos do CEPM



Fonte: Autor (2012), adaptado de Roobazar (1977), apud Iida (2005).

APÊNDICE C – CORRELAÇÕES DOS DADOS ANTROPOMÉTRICOS

Variáveis	[A1]	[A2]	[A3]	[A4]	[A5]	[A6]	[A7]	[A8]	[A9]	[A10]	[A11]	[A12]	[A13]	[A14]	[B1]	[B2]	[B3]	[B4]	[B5]	[B6]	[B7]	[B8]	[B9]	[B10]	[B11]	SOMA											
[A1]																																					
[A2]	1																																				
[A3]	0,78609	1																																			
[A4]	0,97952	0,97165	1																																		
[A5]	0,99311	0,83733	0,80602	1																																	
[A6]	0,79519	0,76605	0,89712	0,85317	1																																
[A7]	0,9343	0,79127	0,89759	0,95352	0,46825	1																															
[A8]	0,78608	0,7746	0,43882	0,53307	0,45133	0,91971	1																														
[A9]	0,51082	0,48116	0,62771	0,30968	0,81514	0,15622	0,26578	0,09894	0,15825	0,94959	0,5641	0,47312	0,5599	0,50422	0,82361	0,61806	0,59169																				
[A10]	0,87369	0,66976	0,61925	0,16262	0,19655	0,20785	0,36671	0,32352	0,31788	0,57517	0,00658	0,68666	0,3705	0,46953	12,3109																						
[A11]	0,59818	0,6294	0,33487	0,32165	0,30525	0,26023	0,56242	0,41859	0,61047	0,17894	0,62469	0,53096	0,62223	14,2839																							
[A12]	0,34092	0,0906	0,24812	0,25063	0,31943	0,31032	0,31156	0,48833	0,29224	0,50389	0,20231	0,39262	10,2195																								
[A13]	0,12182	0,15148	0,06553	0,29695	0,60818	0,44413	0,42988	0,42008	0,60444	0,74414	0,58854	14,6787																									
[B1]	0,96685	0,92337	0,25579	0,12937	0,24911	0,34731	0,21509	0,27243	0,3002	0,20952	8,05735																										
[B2]	0,92776	0,30211	0,09725	0,27359	0,32886	0,22641	0,3049	0,26354	0,21918	8,19688																											
[B3]	0,37713	0,07833	0,32426	0,42753	0,11692	0,26634	0,19543	0,20148	7,04987																												
[B4]	0,30971	0,45543	0,37529	0,10283	0,51819	0,27663	0,39064	7,33964																													
[B5]	0,51977	0,50362	0,44396	0,32219	0,53496	0,4273	12,7397																														
[B6]	0,76956	0,58987	0,49206	0,62639	0,64088	13,2747																															
[B7]	0,35548	0,52452	0,55805	0,58633	13,6264																																
[B8]	0,19215	0,49955	0,57849	11,028																																	
[B9]	0,45588	0,61759	12,5177																																		
[B10]	0,64797	14,7226																																			
[B11]	1	13,8434																																			

Fonte: Autor (2012).

ANEXO

ANEXO A – Valores de Z para distribuição normal

Escores Z Positivos										
Z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990

Fonte: Autor (2012).