

# A INTEGRAÇÃO DE ASPECTOS ERGONÔMICOS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS DE EMPRESAS BRASILEIRAS DO SETOR DE TRANSPORTE

**Marina Fonseca Greghi (UFSCar)**

marinagreghi@dep.ufscar.br

**Uiara Bandineli Montedo (USP)**

uiara.montedo@gmail.com

**Jerusa Barbosa Guarda de Souza (UFSCar)**

jerusaguarda@gmail.com

**Talita Naiara Rossi (UFSCar)**

talitanrossi@gmail.com

**Nilton Luiz Menegon (UFSCar)**

menegon@dep.ufscar.br



*Dado o crescimento da indústria de transportes no Brasil nos últimos anos, tem-se observado que a inserção da ergonomia no processo de desenvolvimento de produtos tem trazido benefícios para o processo, como a inserção da perspectiva do usuário ao mesmo. Especificamente na indústria de transporte de passageiros, verifica-se a importância de integrar tal perspectiva para o desenvolvimento de produtos mais competitivos, que agreguem diferenciais em relação a seus concorrentes. No entanto, pesquisas relacionadas especificamente ao transporte de passageiros são menos frequentes dentre os estudos brasileiros, os quais em geral focalizam o transporte de bens e cargas. O presente estudo procurou levantar como as indústrias brasileiras deste setor inserem aspectos relacionados à ergonomia nos seus processos de desenvolvimento de produtos. Os dados apontam a ergonomia pode contribuir no processo de desenvolvimento de produto, ao trazer a perspectiva do usuário para o processo, traduzindo as suas necessidades em termos úteis para os atores que participam do processo.*

*Palavras-chaves: desenvolvimento de produto; ergonomia; setor de transporte*

## 1. Introdução

A indústria de transportes de passageiros no Brasil, segundo dados apresentados no Índice de Desempenho Econômico do Transporte (IDET), o qual é resultado da parceria entre a Confederação Nacional do Transporte (CNT) e a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE), vivencia um crescimento nos últimos anos.

O transporte rodoviário intermunicipal e interestadual, no bimestre outubro-novembro de 2009, em comparação ao mesmo período de 2008, denotou um crescimento de 5,6% e 5,3%, respectivamente.

No que se refere ao transporte metro-ferroviário de passageiros, observa-se um aumento de 5,7% da demanda por esta modalidade durante o bimestre Setembro-Outubro/2009 em relação ao mesmo período do ano anterior.

O transporte aeroviário também opera com uma movimentação de passageiros superior em relação aos últimos dois anos, no bimestre outubro-novembro/2009, por exemplo, registrou-se uma quantidade de usuários 31,7% maior do que a observada no mesmo período de 2008 (CNT-FIPE, 2009).

Com relação à produção de veículos no país, a indústria automobilística acumulou, no período compreendido entre 1957-2005, um total de 46 milhões de unidades; destas 36,1 milhões são representadas por automóveis, enquanto as demais unidades relacionam-se a ônibus, caminhões e comerciais leves. Além disso, a participação da indústria automobilística no PIB Industrial em 2005 correspondeu a 11,5%, mantendo uma taxa de crescimento desde 1999, apesar de uma ligeira queda (-0,5%) ter sido verificada em 2005 em relação ao ano de 2004 (ANFAVEA, 2006).

Dado o crescimento da indústria de transportes, tem-se observado que a inserção da ergonomia na mesma, segundo Haslegrave; Holmes (1994) tem trazido benefícios para o processo de desenvolvimento de produtos, como a inserção da perspectiva do usuário no processo. Especificamente na indústria de transporte de passageiros, verifica-se a importância de integrar tal perspectiva para o desenvolvimento de produtos mais competitivos, que agreguem diferenciais em relação a seus concorrentes. No entanto, pesquisas relacionadas especificamente ao transporte de passageiros são menos frequentes dentre os estudos brasileiros, os quais em geral focalizam o transporte de bens e cargas.

Neste sentido, faz-se importante levantar como as indústrias brasileiras deste setor inserem aspectos relacionados à ergonomia nos seus processos de desenvolvimento de produtos.

## 2. Revisão da Literatura

### 2.1 Abordagens para o Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)

No campo da Engenharia existe uma ampla literatura sobre projeto de artefatos (Menegon, 2000). Um dos modelos, proposto por Pugh (1983) e Pugh (1996), enfatiza a natureza interativa do processo de projeto. Os autores apresentam uma abordagem para a teoria geral do *design (projeto)* que busca integrar a psicologia social dos grupos com trabalhos no campo do design de engenharia. Tal abordagem, para a teoria geral do projeto, busca identificar as principais áreas da atividade de projeto, mostrando como elas relacionam-

se e, em cada área, especifica seus mais importantes elementos, integrando estas idéias principais em um modelo que pode ser usado em qualquer atividade de projeto.

Segundo Pugh (1996) o modelo proposto tem como premissa uma abordagem interdisciplinar englobando o estudo das pessoas (atividade); dos processos (gestão) e do contexto (estratégia).

O modelo proposto poderia, segundo o autor, ser aplicado a diferentes produtos e disciplinas, concluindo que as idéias principais foram validadas por seu modelo de atividade de projeto de produto. A parte central do modelo é formada por fases de: investigação de mercado; especificação do projeto do produto; projeto conceitual; projeto detalhado; manufatura e vendas. Todo o núcleo central é delimitado pela natureza das especificações do produto (Product Design Specification). O PDS representa a *fronteira do projeto do produto*, pois estabelece, em detalhes, a ampla variedade de restrições, técnicas e não-técnicas, a serem impostas ao projeto.

Pugh (1990) também apresenta os fatores a serem considerados nas especificações e as questões típicas associadas a cada um deles. Os aspectos ergonômicos são citados pelo autor. Segundo ele, “todo produto em alguma fase da sua vida interage com pessoas; e a extensão e a natureza desta inter-relação deve ser investigada”.

## 2.2 Ergonomia do Produto: Integração ao Processo de Desenvolvimento de Produto

Segundo a *International Ergonomics Association* (IEA) a ergonomia “é a disciplina científica que visa à compreensão fundamental das interações entre os seres humanos e os outros componentes de um sistema; e aplica princípios teóricos, dados e métodos com o objetivo de otimizar o bem estar das pessoas e o desempenho global do sistema” (IEA, 2000).

Para Wilson (2000) a ergonomia é o conhecimento teórico e básico do comportamento humano e do desempenho em interação com sistemas sociotécnicos; e a aplicação deste entendimento para o projeto em situações reais. Segundo o autor, tal definição permite que a ergonomia trabalhe com diferentes sistemas sociotécnicos, desde um operador monitorando um *display* de um trem em movimento, até uma rede ferroviária inteira.

A compreensão da relação usuário-sistema facilita o entendimento das necessidades que o novo sistema deve contemplar para atender de forma adequada e eficiente os objetivos da organização como um todo.

A principal contribuição da ergonomia está relacionada ao fato de que esta permite o conhecimento da realidade do trabalho fornecendo elementos de reflexão sobre a atividade dos operadores.

Este conhecimento é obtido através da análise ergonômica do trabalho (AET) que tem como fio condutor a atividade e busca o entendimento das ações humanas situadas em determinado contexto, procurando entender os seus determinantes: objetivos estabelecidos pela pessoa; características dos materiais e das ferramentas utilizadas; características próprias das pessoas e contexto de uso (GUÉRIN *et al.*, 2001; LIMA, 2000).

Segundo Garrigou et al (1995) a Análise da Atividade pode ser considerada uma metodologia que busca o entendimento do comportamento dos operadores ou usuários; suas estratégias operacionais; por meio de processos e interações em um determinado cenário.

A análise ergonômica do trabalho surge, portanto, para analisar as estratégias utilizadas pelos operadores no ambiente de trabalho e para administrar a distância entre o

prescrito e o que é necessário realizar para que o trabalho realmente aconteça (GUÉRIN et al., 2001).

A contribuição ergonômica pode ser classificada em ergonomia de concepção, ergonomia de correção ou ergonomia de conscientização (WISNER, 1987). Para Iida (2005), a ergonomia do produto ocorre quando a contribuição ergonômica se faz durante a fase de projeto do produto, da máquina ou do ambiente. Para Haslegrave; Holmes (1994) quando a ergonomia é considerada nos primeiros estágios do desenvolvimento de produto, toda a equipe de projeto tende a considerar a perspectiva do usuário, que se torna aparente por meio dos métodos ergonômicos.

A incorporação da visão do usuário e a compreensão da relação usuário-sistema facilitam o entendimento das necessidades que o novo sistema deve contemplar para atender de forma adequada e eficiente os objetivos da organização como um todo (GUÉRIN et al., 2001).

Uma das principais contribuições do ergonomista no processo de projeto de produto é como ator, que deve ser integrado ao grupo de projeto como um participante ativo (SAGOT et al, 2003). O ergonomista deve garantir que as representações dos usuários sejam incorporadas a abordagem de projeto. Por meio de suas análises, o ergonomista deve identificar o usuário, a fim de projetar produtos adaptados ao seu trabalho, as suas expectativas e necessidades, além de fornecer informações para os projetistas sobre as consequências das escolhas de projeto para a segurança, saúde, conforto e eficiência.

Neste contexto, segundo Falzon (2007), um dos desafios enfrentados pelos ergonomistas no PDP é a cooperação com a equipe de projeto, incluindo designers, técnicos e profissionais de marketing. Para Garrigou et al (1995) o papel do ergonomista no processo de design deve ser o de auxiliar na negociação entre os diferentes interesses das equipes envolvidas no processo; e auxiliar na construção técnica, de forma a definir os métodos que serão utilizados para confrontar os diferentes conhecimentos.

Para tanto, segundo Bucciarelli (1990), é importante que o design seja visto como um processo social dinâmico, em que os diferentes mundos objetos dos atores sejam reconhecidos e negociados ao longo de todo o projeto. Para o autor, isto implica reconhecer que os atores não compartilham da mesma linguagem, nem dos mesmos métodos de trabalho. Este cenário exige que o ergonomista saiba escolher e adaptar seus métodos de trabalho, além de saber comunicar esses métodos e os resultados que eles produzem.

Broberg (1997) discute que o ergonomista deve superar a dificuldade de integração de aspectos ergonômicos ao processo de desenvolvimento de produto; e facilitar a apropriação do conhecimento ergonômico pelos projetistas de forma que esta informação seja de fácil acesso e uso.

Na visão de Chapanis (1995) a flexibilidade exigida ao longo do processo de desenvolvimento de produtos faz com que o ergonomista tenha que avaliar constantemente os métodos de trabalho a serem adotados.

A abordagem ergonômica deve considerar os usuários reais, bem como os contextos reais de utilização. No PDP esta visão implica em analisar situações de utilização de produtos destinados ao uso do grande público. O desafio, neste caso, é lidar com a imprevisibilidade dos contextos reais (Falzon, 2007). Para o autor os métodos escolhidos têm um papel fundamental para reduzir tal imprevisibilidade.

### 3. Objetivo

O objetivo geral deste estudo foi analisar o processo de desenvolvimento de produtos de empresas de transporte brasileiras, de forma a verificar como se dá a integração de aspectos relacionados à ergonomia ao longo deste processo. Os objetivos específicos foram: identificar os principais conceitos, metodologias e ferramentas, relacionados à ergonomia, que são que são utilizados nos projetos.

### 4. Método

Na primeira fase do estudo foram identificadas empresas brasileiras líderes do mercado do setor de transportes. Após esta identificação foi definido o método da coleta de dados. O presente trabalho trata-se de uma pesquisa exploratória, com abordagem qualitativa, caracterizada como estudo de caso.

A abordagem da pesquisa é qualitativa, porque segundo Godoy (1995), considera o ambiente como fonte direta dos dados e o pesquisador como instrumento chave; não requer o uso de técnicas e métodos estatísticos e tem como preocupação maior a interpretação de fenômenos e a atribuição de resultados. Além disso, o processo deve ser o foco principal de abordagem e não o resultado ou o produto; a análise dos dados deve ser realizada de forma intuitiva e indutivamente pelo pesquisador.

Yin (2001) afirma que para definir o método a ser utilizado é preciso analisar as questões que se pretende responder com o estudo. Segundo o autor, este método é adequado para responder às questões “como” e “porque”, que são questões explicativas e tratam de relações operacionais que se estabelecem ao longo do tempo; e de eventos contemporâneos, em situações onde os comportamentos relevantes podem ser manipulados, mas onde é possível fazer observações diretas e entrevistas sistemáticas (BRESSAN, 2000).

A pesquisa em questão utilizará estudos de casos múltiplos. Segundo Godoy (1995), a pesquisa de estudo de caso múltiplo segue as mesmas orientações da pesquisa de caso único. A principal diferença entre elas é a quantidade de unidades de análise pesquisadas.

Segundo Bressan (2000) o estudo de caso obtém dados a partir de seis fontes: documentos, registros de arquivos, entrevistas, observação direta, observação participante e artefatos físicos, sendo que cada uma delas requer habilidades e procedimentos metodológicos específicos. De forma geral, as entrevistas são uma fonte essencial de evidências para o estudo de caso (YIN, 2001), uma vez que os estudos de caso em pesquisa social lidam geralmente com atividades de pessoas e grupos.

Os dados neste estudo foram coletados por meio de visitas às empresas selecionadas e entrevistas semi-estruturadas com os responsáveis pelas áreas de Desenvolvimento de Produto das empresas.

Na coleta de dados foi utilizado um instrumento de pesquisa semi-estruturado. Foram visitadas cinco empresas brasileiras, sendo uma do setor ferroviário, uma do setor de transporte aéreo; uma fabricante de veículos automotivos; uma fabricante de carrocerias de ônibus; e uma fabricante de aeronaves.

Previamente à visita à empresa, o instrumento de pesquisa foi enviado ao responsável pelo setor, para que este tomasse conhecimento do assunto que seria tratado na entrevista.

Após a realização desta, os dados foram transcritos e enviados aos entrevistados para validação.

O tratamento e análise dos dados foram realizados de maneira descritiva, de forma a contemplar os seguintes tópicos: definição de ergonomia e aplicação em projetos; estrutura na empresa para tratar de questões de ergonomia; metodologias, e ferramentas adotadas.

## 5. Resultados- apresentação e discussão

### 5.1 Empresas pesquisadas

Foram pesquisadas 5 empresas que são evidenciadas na Tabela 1.

Empresas	Setor de atuação
E1	Setor ferroviário de transporte de cargas e passageiros. Oferecem equipamentos para as locomotivas (carros-motor) e desenvolvem os leiautes e equipamentos de controle de trens.
E2	Serviços de transporte aéreo (passageiros e cargas).
E3	Fabricante de veículos automotivos.
E4	Fabricação de carroceria de ônibus, inclusive do assento, atua em todos os segmentos de ônibus (urbanos, rodoviários, intermunicipais, micros).
E5	Fabricante de aeronaves.

Tabela 1. Empresas brasileiras do setor de transporte pesquisadas

### 5.2 Integração da ergonomia ao processo de desenvolvimento de produto: definições e aplicações em projetos

Verificou-se uma preocupação de todas as empresas entrevistadas em integrar requisitos ergonômicos ao projeto de seus produtos (Tabela 2).

Empresas	Definições utilizadas
E1	<ul style="list-style-type: none"><li>No processo de desenvolvimento de produto consideram-se aspectos ergonômicos, principalmente relacionados à antropometria.</li><li>Dificuldade em utilizar informações ergonômicas no projeto.</li></ul>
E2	<ul style="list-style-type: none"><li>Preocupação com aspectos antropométricos.</li><li>A empresa não tem metodologia definida para considerar estes aspectos.</li></ul>
E3	<ul style="list-style-type: none"><li>São utilizados dados oriundos de projetos anteriores, através do banco de dados mantido pelos diferentes departamentos da empresa e catalogados pela matriz (medidas, normas, posições). Este banco de dados fornece os parâmetros para o package, desenho que contém as medidas essenciais para o projeto de um carro.</li></ul>
E4	<ul style="list-style-type: none"><li>A ergonomia é considerada pelo entrevistado como parte do processo de design.</li><li>Considera que o Design deve fornecer informações ergonômicas para outras áreas da empresa</li></ul>
E5	<ul style="list-style-type: none"><li>Aspectos ergonômicos são considerados no projeto, porém não existe metodologia definida para considerar estes aspectos, uma vez que estes são expressos de forma indireta, associados a características gerais da aeronave, tais como seção transversal da cabine, configuração interna da aeronave, autonomia de vôo, portas e saídas de emergência, existência ou não de serviço de bordo, toaletes, número de disposição de monumentos (no caso de aeronaves executivas).</li></ul>

**Tabela 2. Definições do conceito de ergonomia utilizadas pelas empresas pesquisadas**

Em uma empresa multinacional européia (E3) verificou-se que há alguns anos os requisitos ergonômicos tornaram-se aspectos estratégicos do projeto, na medida em que concretizam-se como diferenciais do produto, o que os tornam mais competitivos no mercado.

As empresas pesquisadas (E1, E3 e E5) têm Centros de Desenvolvimento e Pesquisa, onde são realizadas pesquisas que englobam o estudo de aspectos ergonômicos. Destas pesquisas resultam diretrizes de projeto que devem ser consultadas em todo início de projeto, além de serem consultadas no desenvolvimento de novos produtos ou em alterações incrementais. Os das empresas 1 e 3 estão localizados fora do Brasil.

Em apenas uma das empresas pesquisadas (E4) as questões ergonômicas são integradas ao projeto desde a fase de especificação de elementos do produto, por meio da participação direta da equipe de Desenvolvimento de Produto. Geralmente em parceria com a área Comercial e a de Marketing, analisam o posicionamento do produto no mercado e a necessidade de criação do mesmo. Tais questões também são integradas por meio da utilização de banco de dados com requisitos ergonômicos, alimentados por informações de pesquisas e de projetos anteriores, que visam diminuir a probabilidade de erros e ajustes no projeto. Estes bancos de dados são, na maioria das vezes, geridos pela matriz, porém alimentados por todas as unidades e disponibilizados para consulta através de rede interna (intranet). Nas empresas E3, E4 e E5 materiais e pastas de projetos são produzidos fisicamente, constituindo material de trabalho e consulta.

Por outro lado, em algumas empresas, apesar da ergonomia ser considerada na definição de especificações de elementos do produto, restringe-se a questões relacionadas à antropometria.

Em duas das empresas entrevistadas (E1 e E2), apesar dos entrevistados relatarem a importância da ergonomia, não foram relatadas formas de integrar tal conhecimento ao processo de projeto, desde a fase de definição dos elementos de especificação do produto.

Como podemos observar nas entrevistas, a integração de aspectos ergonômicos depende da importância que a empresa atribui a estes aspectos no desenvolvimento de novos produtos ou em alterações incrementais.

### **5.3 Estrutura na empresa para tratar de questões relacionadas à ergonomia**

A estrutura da empresa para tratar questões relacionadas à ergonomia, bem como as atividades realizadas pela equipe são mostradas na Tabela 3.

<b>Empresas</b>	<b>Equipes</b>	<b>Atividades</b>
E1	<ul style="list-style-type: none"><li>Engenharia do Produto entrevistada não lida com o interior dos trens, apenas com o desenvolvimento de produtos, por isso avalia apenas fatores relacionados ao operador e não aos usuários. Existe uma equipe de Engenharia de Interiores que trabalha exclusivamente no transporte de passageiros, bem como no desenvolvimento de novos leiautes.</li><li>A equipe de desenvolvimento de produto entrevistada é composta por 19 membros, sendo eles projetistas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Responsável pela aplicação dos produtos nas locomotivas.</li><li>O entrevistado relata fazer uma avaliação das condições ergonômicas, pois conhece o local onde será aplicado o equipamento; fornece essas informações para a engenharia de produto, as quais realimentam o projeto.</li></ul>

	<p>mecânicos, elétricos, eletrônicos ou responsáveis pela segurança (confiabilidade, manutenibilidade, disponibilidade). Existe outra equipe responsável especificamente por fornecer informações relacionadas ao transporte de passageiros, bem como o leiaute.</p>	
E2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existe um grupo de engenheiros e técnicos dentro da área de Desenvolvimento do Produto, composta por 10 pessoas e Engenharia de Entretenimento, composta por 6 pessoas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Responsáveis por melhorar os produtos em serviço e fazer com que os novos projetos se tornem realidade.</li> <li>Realiza a coleta de informações para o projeto da cabine, gera leiautes e configurações.</li> </ul>
E3	<ul style="list-style-type: none"> <li>A equipe de Design é composta por 57 pessoas, dividida em Design, Interiores, <i>Package</i> e Segurança Veicular.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Participação em projetos de inovação e projetos com alterações incrementais</li> </ul>
E4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Composta de engenheiros e designers. Não foi informado o número de profissionais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de Novos Produtos e Customização, mediante solicitação.</li> </ul>
E5	<ul style="list-style-type: none"> <li>A equipe de ergonomia (composta de engenheiros e designers) participa com mais frequência, na fase de detalhamento dos subsistemas, em geral a pedido da engenharia de desenvolvimento de interiores ou da gerência do programa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atua na ergonomia de correção e no detalhamento dos subsistemas.</li> </ul>

**Tabela 3. Equipes responsáveis pela integração dos aspectos ergonômicos e atividades desenvolvidas**

Em apenas uma das empresas entrevistadas (E5) existe uma equipe de ergonomia que atua diretamente no processo de concepção, apesar de sua atuação ocorrer mais efetivamente na fase de detalhamento do projeto. Em todas as outras empresas entrevistadas os profissionais que compõem as equipes de desenvolvimento de produto, na maioria deles engenheiros, designers e técnicos, são os responsáveis por integrar aspectos ergonômicos ao desenvolvimento do produto.

Nas empresas E3 e E4 verificou-se que os aspectos ergonômicos são considerados nas fases de prospecção de novos produtos junto ao mercado e na definição conceitual do produto, consideradas fases iniciais do projeto. Segundo os entrevistados, a atuação da equipe nestas fases, além de evitar problemas futuros e redefinições na fase de detalhamento, possibilita a inserção da perspectiva do usuário no projeto. Verificou-se que nestes casos, deve ocorrer uma definição da empresa da forma como tal perspectiva será gerenciada no projeto e qual área será a responsável (marketing, equipe de designers, engenheiros ou ergonomista).

Em algumas empresas (E1 e E2) os designers e/ou engenheiros são responsáveis por repassar informações em relação aos fatores ergonômicos para a equipe de desenvolvimento de produto. Segundo esta equipe, estes profissionais devem repassá-las de forma concreta e rápida, por meio de recomendações que podem ser aplicadas diretamente no projeto. Para tanto, os entrevistados citaram a importância de se ter banco de dados com conhecimentos ergonômicos relevantes para o produto, que possa ser consultado a fim de atender às demandas de forma rápida. Neste processo as ferramentas como os *softwares* de simulação, assim como os bancos de dados, auxiliam a oferecer critérios objetivos para o design.

#### 5.4 Abordagem dos aspectos relacionados à ergonomia no projeto do produto: metodologias e ferramentas utilizadas

Verificou-se que as empresas E1, E3, E4 e E5 possuem metodologias para integrar a ergonomia ao desenvolvimento de seus produtos (Tabela 4).

Empresas	Metodologia
E1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uma vez projetado o produto de acordo com as especificações do cliente, a engenharia vai passá-lo para a revisão de fábrica, para verificar se o produto é fabricável (Design Review). A partir de então, faz-se um protótipo, que será utilizado para simulação com usuários. Nesta fase, fatores como confiabilidade, usabilidade, conforto (comparação com modelos antigos) são avaliados pelos operadores. Nesta fase os clientes devem repassar as informações coletadas, baseadas nos requisitos dos operadores.</li> </ul>
E2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existem dois tipos de Programas, dependendo do produto, com diferentes fases e períodos de duração. O programa com 5 anos de duração possibilita a contratação de consultorias, cuja especialidade é interiores de aeronaves, normalmente precisam possuir muito conhecimento em viabilidade e apresentar uma carteira de projetos consolidada. Neste programa existe tempo hábil para realizar testes e fazer alterações mais profundas, o que não ocorre em programas mais curtos. Em Programas com duração curta (11 a 18 meses) as alterações no design de interiores e principalmente nas poltronas, relacionadas ao conforto e ergonomia, são mínimas, pois o tempo para modificação é curto e os requisitos de certificação são severos. Além disso, o custo para grandes mudanças é alto, frente ao número de aeronaves solicitadas ao fabricante.</li> </ul>
E3	<ul style="list-style-type: none"> <li>A empresa realiza clínicas para levantar as necessidades dos clientes. Nestas clínicas o produto é apresentado ao usuário e estes fazem suas avaliações. Todas as necessidades dos clientes são coletadas através do Marketing. A equipe de desenvolvimento de produto participa das pesquisas. As especificações do Marketing são resultantes de pesquisas de mercado, pesquisa de satisfação dos clientes, cartas, reclamações de campo (por meio do 0800), recall.</li> <li>Tais especificações serão integradas ao <i>package</i>, que é o ponto de partida para qualquer design automobilístico. A partir do <i>package</i> (desenho que contém as medidas essenciais para o projeto de um carro), são dadas as diretrizes para as outras áreas da engenharia do produto. Todas as dimensões do carro (localização do volante, altura do teto, largura das portas, localização do pedal, assoalho, etc.) são calculadas a partir do ponto R (intersecção do dorso com a perna) pela equipe de Design. Este é equivalente ao ponto H, que é o teórico (ponto localizado no boneco tridimensional) e o ponto R é o local onde o ponto H estaria no carro.</li> </ul>
E4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizam pesquisas etnográficas com usuários. Para realizar inovações incrementais também são realizadas pesquisas de campo. Esta metodologia vem sendo adotada nos últimos dois anos. Além da aplicação de questionários sobre conforto e dados antropométricos, são feitos registros fotográficos e observações do usuário em situação de uso (situações reais).</li> </ul>
E5	<ul style="list-style-type: none"> <li>A companhia aérea pesquisada tem uma equipe de ergonomia.</li> <li>Normalmente, recorre a consultorias especializadas em interiores de aeronaves para o desenvolvimento de novas configurações de interiores.</li> </ul>

Tabela 4. Metodologias adotadas pelas empresas visitadas para integração aspectos ergonômicos

A empresa E1 realiza simulações com usuários na fase de prototipagem, onde são avaliados fatores, como confiabilidade, usabilidade e conforto (comparação com modelos antigos). Nestas simulações são relacionadas às características antropométricas dos operadores com as suas percepções.

Na empresa E3 a metodologia adotada, pela equipe de Marketing, consiste na realização de clínicas onde ocorre a apresentação dos produtos e a avaliação dos usuários. O Departamento de Marketing é responsável por identificar as necessidades dos clientes em relação a fatores ergonômicos, seja por meio das pesquisas de mercado, das pesquisas de satisfação dos clientes, *recalls*, ou por meio das clínicas, cujos resultados são repassados para área de Desenvolvimento de Produto.

Na empresa E4 são realizadas pesquisas etnográficas para análise do usuário em situações de uso e nos locais de atuação. Os profissionais que compõem a equipe de Desenvolvimento de Produto, designers e engenheiros, acompanham os usuários, aplicam instrumentos para avaliação do produto e coletam seus dados antropométricos. Além disso, são feitas observações e registros das atividades realizadas pelos usuários em situações reais de uso. As informações coletadas são armazenadas em um banco de dados que é consultado na fase de análise de uso, postural e acional, que precede a fase de criação dos parâmetros projetuais.

Na empresa E5 a equipe de ergonomia é composta por engenheiros e designers. Esta equipe realiza estudos, com maior frequência, na fase de detalhamento dos subsistemas. A equipe costuma atuar em estudos de dimensionamento e ocupação dos espaços, tendo em vista características antropométricas dos usuários, que são armazenadas em um banco de dados, e as possibilidades de ação no interior da aeronave (entretenimento, trabalho, descanso, entre outros). São estudados ainda os materiais que serão utilizados em revestimentos de teto, laterais, cores, texturas e estilos, além da escolha de assentos. Também são especificados fatores relacionados à poltrona, entre eles sua localização, dimensões e revestimentos.

Em relação às ferramentas, pode-se verificar que os softwares de simulação são utilizados por todas as empresas visitadas. Segundo os entrevistados a simulação é importante para antecipar questões ergonômicas e/ou auxiliar na comunicação com as outras áreas participantes do projeto. Algumas empresas entrevistadas utilizam o *software* CATIA V4 e V5 para simular a ação humana dentro do veículo. As empresas E3 e E5, além do *software* CATIA, fazem uso do RAMSIS, para validar as modificações do projeto. As duas empresas citadas possuem Centro de Realidade Virtual, onde é possível simular o usuário no interior do veículo. Neste Centro, também são realizados testes referentes à visão do motorista ou piloto, atividades dentro do veículo, dentre outros. A Tabela 5 a seguir apresenta as ferramentas adotadas pelas empresas visitadas para integrar os aspectos ergonômicos ao PDP.

Empresas	Ferramentas
E1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Softwares de simulação;</li> <li>• Plataforma de testes, para verificar se está adequado o funcionamento do equipamento;</li> </ul>
E2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CAD e outros softwares de simulação</li> <li>• Mapeamento de Pressão</li> </ul>
E3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CATIA</li> <li>• RAMSIS</li> <li>• Clínicas do marketing</li> <li>• Catálogo de dados teóricos (matriz) e dados de projetos anteriores</li> <li>• Centro de Realidade Virtual, onde simulam o usuário no interior do veículo (testam aspectos como: visão do motorista, atividades dentro do veículo).</li> <li>• Análise do usuário em ação com manequim tridimensional.</li> </ul>
E4	<p>Ferramentas utilizadas dependem do tipo de projeto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesquisas de Mercado</li> <li>• Análise de Conforto: Pesquisa Etnográfica</li> <li>• Validação com usuários reais após o projeto</li> <li>• Mock-ups físicos e virtuais e protótipo em escala real, sempre que houver aspectos de conforto e ergonomia envolvidos.</li> <li>• Análise antropométrica dos usuários (medidas antropométricas baseadas em Dreyfuss (2005) e em dados das pesquisas de campo).</li> <li>• Manequins tridimensionais.</li> <li>• Simulação em 3D</li> <li>• Softwares de simulação, como SolidWorks®.</li> </ul>

E5	<ul style="list-style-type: none"><li>• Base de dados antropométricos que utiliza no desenvolvimento de programas de duração mais longa (em geral 5 anos). Softwares de simulação (CATIA®, Human Builder®, RAMSIS®)</li><li>• Mapeamento de pressão</li><li>• Manequim tridimensional para a simulação dos percentis antropométricos (5%F e 95%M)</li><li>• Mock-ups físicos e virtuais</li></ul>
----	---

**Tabela 5. Ferramentas adotadas pelas empresas visitadas para integrar aspectos ergonômicos**

Algumas empresas citaram ainda que, a partir da simulação do produto, utilizando os *softwares* anteriormente mencionados, a equipe de desenvolvimento de produto desenvolve protótipos, que são testados pelos clientes e, se aprovados, partem para a produção, não havendo fases intermediárias entre a avaliação do protótipo e a produção.

Outra ferramenta utilizada pelas empresas E2, E3 e E5 é o mapeamento de pressão (*pressure mapping*), realizado para desenvolvimento de um novo produto ou na modificação de um produto já existente. O teste utiliza tapetes com sensores, que são fixados no assento e no encosto, com o objetivo de captar a pressão.

As empresas pesquisadas utilizam procedimentos similares em relação ao mapeamento de pressão. O teste pode ser realizado com uma amostra de usuários reais com diferentes percentis antropométricos. No entanto, verificou-se que as empresas pesquisadas utilizam amostra de profissionais da própria empresa. O teste é realizado tanto na posição de design quanto na posição de conforto, como também na posição estática ou simulando a atividade de dirigir. A captação dos dados do teste geralmente é de 5 a 10 min. Após o teste é feito um questionamento em relação à avaliação percebida do assento e do encosto. Quando a empresa deseja analisar a simulação da variação da pressão durante várias horas na posição sentada, o manequim tridimensional pode ser utilizado.

O Manequim Tridimensional é uma ferramenta utilizada por E3, E4 e E5. Esta ferramenta é utilizada principalmente para o dimensionamento de poltronas a partir da medida do ponto H. O ponto H ou chamado ponto R por algumas empresas, corresponde à posição vertical relativa do quadril do ocupante, especificamente o ponto de pivô entre o torso e as pernas. Além do dimensionamento de poltronas, os manequins também são utilizados em alguns testes, como por exemplo em testes de longa duração com mapeamento de pressão.

Na aplicação das metodologias citadas anteriormente são utilizadas base de dados antropométricos. As empresas pesquisadas costumam utilizar dados brasileiros, europeus e americanos, sendo que estes variam em função do mercado para qual o produto se destina. As empresas podem ter acesso a estes dados por meio de seu banco de dados; consulta a bibliografia da área, como o Dreyfuss (2005) e Panero; Zelnik (1991); pesquisa de campo; entre outros.

## 6. Conclusões

A análise dos dados mostrou que as empresas pesquisadas, do segmento de transporte de passageiros, consideram importante a integração de aspectos ergonômicos no processo de desenvolvimento de seus produtos. Segundo elas, tal integração é necessária para manter a competitividade dos produtos, além de agregar diferenciais aos mesmos. No entanto, nas empresas analisadas a atuação dos ergonomistas, geralmente, ocorre em fases tardias deste processo, o que restringe a atuação dos profissionais à ergonomia de correção. Segundo Vicente e Burns (1999), pesquisas têm apontado que a atuação dos ergonomistas no processo de desenvolvimento de produto tem ocorrido em fases tardias do processo, geralmente na fase de avaliação. É importante ressaltar que quanto mais tarde ocorrer esta inserção no processo,

menores as oportunidades de mudanças no que foi previamente definido, uma vez que estas acarretam em altos custos.

Além disso, na maioria das empresas a integração de aspectos ergonômicos restringe-se a questões relacionadas à antropometria. Tais dados parecem corroborar estudos (Broberg, 1997; Burns e Vicente, 2000) que indicam que a integração dos aspectos ergonômicos no processo de desenvolvimento de produto não é uma prática consolidada no mercado, além de existirem poucos estudos sobre o tema.

Em relação às metodologias adotadas para a integração de aspectos ergonômicos ao processo de desenvolvimento de produto, a análise da atividade dos usuários em situação real de uso não aparece como uma metodologia consolidada para integrar tais aspectos. Uma das conseqüências da não utilização da metodologia da análise da atividade de usuários em situação real de uso, é que as ferramentas adotadas não contemplam análises posturais dinâmicas dos usuários em situação de uso. As principais ferramentas utilizadas pelas empresas pesquisadas neste processo são o mapeamento de pressão e os softwares de simulação. Em relação ao mapeamento de pressão é importante ressaltar que os testes englobam apenas uma análise estática das posturas assumidas pelos usuários, o que não possibilita o levantamento dos principais constrangimentos sofridos pelo usuário desempenhando atividades em uma situação real de uso. Os softwares de simulações são considerados ferramentas facilitadoras, que permitem a exploração do campo de possibilidades, além de reduzir as incertezas, o que corrobora os estudos realizados sobre a ferramenta. No entanto, as simulações, bem como as análises do mapeamento de pressão, também não estão atreladas a uma metodologia que envolve a análise da ação do usuário em situação real de uso.

A partir das análises das metodologias adotadas pelas empresas visitadas e de suas respectivas ferramentas, é importante a realização de estudos que analisem as eventuais contribuições das análises posturais dinâmicas de usuários em situações reais de uso para o processo de desenvolvimento de produtos.

Apesar das empresas pesquisadas não utilizarem de forma consolidada a metodologia ergonômica, mais especificamente a da análise da atividade, esta tem trazido nos últimos anos resultados significativos para o processo de desenvolvimento de produto (FALZON, 2005). A ergonomia, por meio da análise do usuário em situações de uso, pode trazer contribuições importantes ao processo de desenvolvimento de produtos, na medida em que possibilita integrar a visão dos usuários ao projeto, traduzindo as suas necessidades em termos úteis para os atores que participam do processo.

## 7. Referências

**ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (ANFAVEA). 50 anos e outros números, Indústria Automobilística Brasileira 50 anos, p. 22-26, 2006, Disponível em <http://www.anfavea.com.br/50anos.html> Acesso em 18 de Março de 2010.**

**BRESSAN, F.** *O Método do Estudo de Caso*. Administração On-Line. Fecap. Disponível em: <[http://fecap.br/adm\\_online/art11/flavio.htm](http://fecap.br/adm_online/art11/flavio.htm)>. Acesso em 10 abril. 2010.

**BROBERG, O.** *Integrating ergonomics into the product development process*. International Journal of Industrial Ergonomics, vol.19, p. 317-327, 1997.

**BUCCIARELLI, L.L.** *Ethnographic study and simulation of engineering design process*. In: M. Helander and M. Nagamachi (Eds), Design for Manufacturability and Process, Taylor & Francis, 1990.

**BURNS, C. M; VICENTE, K.J.** *A participant-observer study of ergonomics in engineering design: how constraints drive design process*. Applied Ergonomics, Vol. 31, p. 73-82, 1999.

**CHAPANIS, A.** *Ergonomics in product development: a personal view.* **Ergonomics**, Vol. 38, n. 8, p. 1625-1638, 1995.

**CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT) e FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS (FIPE).** *Índice de Desempenho Econômico do Transporte (IDET)*, Novembro, 2009. Disponível em <http://www.cnt.org.br/> Acesso em 18 de Março de 2010.

**DREYFUSS, H.** *As medidas do homem e da mulher: fatores humanos em design.* PortoAlegre: Bookman, 2005.

**FALZON, P.** *Ergonomie, conception et développement.* Conférence introductive, 40ème Congrès de la SELF, Saint-Denis, La Réunion, 21-23 septembre 2005.

**FALZON, P.** (ed.) *Ergonomia.* São Paulo: Editora Blücher, 2007.

**GARRIGOU, A; DANIELLOU, F; CARBALLEDA, G; RUAUD, S.** *Activity analysis in participatory design and analysis of participatory design activity.* International Journal of Industrial Ergonomics, Vol.15, p. 311-317, 1995.

**GODOY, A. S.** *A pesquisa qualitativa e sua utilização em administração de empresas.* ERA, Vol.35, n. 4, p. 65-71, 1995c.

**GUÉRIN, F; LAVILLE, A; DANIELLOU, F; DURAFFOURG, J; KERGUELEN, A.** *Compreender o trabalho para transformá-lo. A prática da Ergonomia.* 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher – Fundação Vanzolini, 2001. 200 p.

**HASLEGRAVE, M. C.; HOLMES, K.** *Integrating ergonomics and engineering in the technical design process.* Applied Ergonomics, Vol. 25, n. 4, p. 211-220, 1994.

**YIN, R. K.** *Estudo de caso: planejamento e métodos.* 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001-2004.

**IIIDA, I.** *Ergonomia: Projeto e Produção.* 2 ed. São Paulo: Editora Blücher , 2005, 614p.

**INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION (IEA).** *What is Ergonomics.* (2000). Disponível em: [www.iea.cc](http://www.iea.cc). Acesso em: 10-04-2010.

**LIMA, F.P.A.** *A ergonomia como instrumento de segurança e melhoria das condições de trabalho.* In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ERGONOMIA E SEGURANÇA DO TRABALHO FLORESTAL E AGRÍCOLA (ERGOFLOR), I, 2000, Viçosa-MG, **Anais...**Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000, p. 1-11.

**MENEGON, N. L.** *Banca de Qualificação: Projeto da Técnica e do Trabalho.* Capítulo 2: Referencial para o Projeto da Técnica. COPPE/RJ, Setembro de 2000.

**PANERO, J.; ZELNIK, M.** *Las dimensiones humanas en los espacios interiores.* Estándares antropométricos. 5 ed. México : G. Gili, 1991.

**PUGH, S.** *The Organisation of Design: An Interdisciplinary Approach to the Study of People, Process, and Contexts.* In: *Creating Innovative Product Using Total Design*, Editora Addison-Wesley, 1996.

**PUGH, S.** *Design Activity Models: Worldwide Emergence and Convergence.* In: *Creating Innovative Product Using Total Design*, Editora Addison-Wesley, 1983.

**SAGOT, J. C.; GOUIN, V; GOMES, S.** *Ergonomics in product design: safety factor.* Safety Science, Vol. 41, p. 137-154, 2003.

**WILSON, J.R.** *Fundamentals of ergonomics in theory and practice.* Applied Ergonomics, Vol. 31, p. 557-567, 2000.

**WISNER, A.** *Por Dentro do Trabalho.* São Paulo: Editora Oboré, 1987.