



## ANÁLISE ERGONÔMICA DO *HONDA RIDING TRAINER* PARA O *DESIGN* DE SIMULADORES DE MOTOCICLETA

Alessandro Vieira dos Reis  
Email - [alessandrovr@gmail.com](mailto:alessandrovr@gmail.com)

Berenice Gonçalves  
Email - [berenice@cce.ufsc.br](mailto:berenice@cce.ufsc.br)

Eugênio Merino  
Email - [eugenio.merino@ufsc.br](mailto:eugenio.merino@ufsc.br)

**Resumo:** Simuladores educacionais vêm sendo utilizados para a formação de condutores há décadas, objetivando o ensino de habilidades para o trânsito. Dada a necessidade de um design centrado no usuário, o desenvolvimento de tais artefatos envolve uma série de desafios ergonômicos. A estipulação de critérios de qualidade em Ergonomia apresenta-se como item vital para o projeto de simuladores. No Brasil, o Governo Federal tornou obrigatório o uso de simuladores educacionais por Centro de Formação de Condutores, estipulando um padrão mínimo de qualidade ergonômica dos aparelhos. Nesse contexto, a presente pesquisa teve por objetivos: investigar questões ergonômicas físicas de um modelo de simulador, o Honda Riding Trainer, identificando pontos fortes, neutros e fracos; e averiguar necessidades em termos e ergonomia organizacional do artefato enquanto instrumento de trabalho. Para tais realizar tais objetivos foi levado a cabo uma avaliação do simulador constituída por 7 sessões de treinamento com 39 alunos do Centro de Formação de Condutores, e envolvendo questionários e entrevistas com os sujeitos a respeito de critérios ergonômicos. Os resultados da avaliação apontam um padrão mínimo de qualidade desejado para simuladores mais adaptados à realidade nacional tanto no aspecto de concentração nos usuários quanto no de custos de produção. Também é apontada a necessidade de estudos ergonômicos para o desenvolvimento de protocolos de ergonomia para simuladores de veículos.

**Palavras Chaves:** Simuladores, Trânsito, Ergonomia, Design de Produtos.

**Abstract:** Educational simulators have been used for the training of drivers for decades, aiming the teaching of skills for traffic. Given the need for user-centered design, the development of such artifacts involves a number of ergonomic challenges. The stipulation of quality criteria in Ergonomics presents itself as a vital item for the design of simulators. In Brazil, the Federal Government made compulsory the use of educational simulators by the Training Center of Drivers, stipulating a minimum standard of ergonomic quality of the devices. In this context, the present research had as objectives: to investigate the physical ergonomic aspects of a simulator model, the Honda Riding Trainer, identifying strong, neutral and weak points; And to ascertain the needs in terms and organizational ergonomics of the artifact as a working tool. In order to accomplish these objectives, an evaluation of the simulator was made up of 7 training sessions with 39 students of the Driver Training Center, and involving questionnaires and interviews with the subjects regarding ergonomic criteria. The results of the evaluation point to a minimum quality standard desired for simulators more adapted to the national reality in both the aspect of users' concentration as well as the cost of production. It is also pointed out the need for ergonomic studies for the development of ergonomics protocols for vehicle simulators.

**Keywords:** Simulators, Traffic, Ergonomics, Product Design

## 1. INTRODUÇÃO

Artefatos de simulação para fins educativos vêm sendo usados, já há décadas, para diferentes finalidades. Tais artefatos objetivam o ensino de habilidades em um ambiente simulado, ou virtual, que podem ser transferíveis ambientes reais. Dentre as diversas aplicações para tal tipo de artefato está a formação de condutores para o trânsito. Os simuladores veiculares envolvem desde o ensino de comandos elementares do veículo até habilidades mais complexas de condução, e hoje se constituem uma importante ferramenta para educação para o trânsito em todo o mundo.

O design de simuladores é determinado por uma multiplicidade de fatores para garantir uma simulação eficiente. O desafio de projetar tais simuladores passa pela obtenção de critérios ergonômicos de desenvolvimento de seus componentes físicos de tal forma a garantir não apenas o bom ajuste do artefato ao usuário, mas também realismo em relação às sensações proporcionadas pelo veículo simulado, gerando assim a aprendizagem de habilidades motoras.

O presente artigo insere-se na problemática da segurança no trânsito brasileiro ao tratar da análise ergonômica de um artefato desenvolvido para ensino de condução de motocicletas através de simulação: o Honda Riding Trainer (HRT). A pesquisa descrita neste artigo ocorreu em uma participação do autor em um projeto de pesquisa desenvolvido para o Ministério das Cidades, entre 2013 e 2014, e consistiu na avaliação experimental, com 39 testadores, de uma unidade do HRT tendo por objetivo especificar um modelo mais bem adaptado às necessidades brasileiras. O relato presente neste artigo enfatiza o recorte relativo Microergonomia Física do HRT, em primeiro plano e a Macroergonomia organizacional dele no Centro de Formação de Condutores (CFC), em segundo.

### Os objetivos da pesquisa descrita neste artigo foram:

1. Analisar a microergonomia física do HRT partindo dos testes realizados, identificando

características, pontos fortes e pontos fracos do modelo;

2. Analisar a macroergonomia organizacional do HRT enquanto instrumento em um dado posto de trabalho no interior de um CFC.

A presente pesquisa tem por justificativa a necessidade social de um trânsito mais pacífico no Brasil. O uso de simuladores educacionais foi visto como uma estratégia pelo governo brasileiro para reduzir o alarmante índice brasileiro de acidentes, um dos maiores do mundo: 43.000 mortes ao ano em 2011, com tendência de crescimento anual de 3,7% (Mapa da Violência, 2012). Como parte dessa decisão foi estabelecida a portaria federal 808 (DENATRAN, 2011), regulamenta o uso de simuladores de carros em CFCs em todo o território brasileiro. Novos estudos do DENATRAN envolvem agora simuladores de motos. Com uma eventual obrigatoriedade do uso dos artefatos, ainda em estudo, esses dois tipos de simuladores veiculares se tornarão artefatos presentes nos CFCs, parte de um frente de ação pelo melhor preparo para o trânsito. Em tal contexto analisar a ergonomia de simuladores veiculares, visando o desenvolvimento de melhores produtos, apresenta-se como uma necessidade social na atualidade brasileira.

O escopo da pesquisa descrita neste artigo delimita-se a uma avaliação do modelo HRT de simulador, da Honda, a partir de critérios antropométricos e de uso enquanto posto de trabalho. A avaliação foi realizada através de experimentos dirigidos com uma amostra expressiva da população-alvo, em termos de idade, sexo, escolaridade, etc, formada por 39 alunos e 5 instrutores de CFC, da cidade Florianópolis-SC.

## 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 2.1 – Caracterizações da pesquisa

A pesquisa descrita neste artigo foi de natureza experimental, envolvendo sessões de testes de produtos com usuários. Todos os envolvidos assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, sendo portanto instruídos sobre o aspecto experimental do estudo, e da não substituição das aulas teóricas e práticas por este, bem como diversos outros itens de visando à ética do estudo, como o direito do testador parar se quiser e o atestado de voluntariedade no experimento.

A pesquisa realizada caracteriza-se como um processo de avaliação de produto por meio de testes com usuários. A mesma fez parte da participação do autor em um projeto de pesquisa desenvolvido para o Ministério das Cidades, objetivando a normatização de simuladores de motocicleta em todo o território nacional.

Os testadores eram todos alunos matriculados no CFC, em Florianópolis, Santa Catarina. O grupo foi formado por 19 homens e 20 mulheres. Desses, 29 eram moradores dos bairros vizinhos aos CFCs. Em termos de escolaridade, 17 testadores tinham ensino médio incompleto, 19 possuíam o ensino médio completo e 4 cursavam o ensino superior. Dos testadores, 22 afirmavam já possuir algum domínio em condução de motocicletas. Todos os testadores foram questionados também em termos de altura e peso para análise antropométrica, perfazendo a seguinte distribuição da amostra:

Testadores do sexo masculino	Altura (m)	Peso (kg)	Testadores do sexo feminino	Altura (m)	Peso (kg)
TM1	1,68	82	TF1	1,66	77
TM2	1,65	61	TF2	1,72	67
TM3	1,70	75	TF3	1,66	72
TM4	1,78	67	TF4	1,75	71
TM5	1,67	78	TF5	1,72	85
TM6	1,84	71	TF6	1,70	68

TM7	1,80	62	TF7	1,74	82
TM8	1,83	63	TF8	1,71	66
TM9	1,84	81	TF9	1,68	72
TM10	1,80	71	TF10	1,72	80
TM11	1,73	78	TF11	1,73	68
TM12	1,71	66	TF12	1,71	85
TM13	1,69	76	TF13	1,62	54
TM14	1,67	64	TF14	1,67	62
TM15	1,73	74	TF15	1,70	81
TM16	1,78	77	TF16	1,76	79
TM17	1,71	78	TF17	1,81	73
TM18	1,81	85	TF18	1,77	63
TM19	1,80	69	TF19	1,72	77
			TF20	1,63	65

Quadro 1 – Altura e peso dos alunos do CFC

### 2.2 – Etapas da pesquisa

Uma unidade do modelo HRT foi testada 39 usuários, mediante as seguintes etapas:

Etapa	Início	Fim
1. Planejamento dos testes	10 de novembro de 2013	10 de dezembro de 2013
2. Preparação do HRT, do ambiente físico no CFC e seleção da amostra de testadores	10 de dezembro de 2013	15 de dezembro de 2013
3. Testes do HRT com sujeitos experimentais	13 de janeiro de 2014	28 de março de 2014
4. Análise dos resultados	31 de março de 2014	11 de abril de 2014
5. Síntese das Conclusões	11 de abril de 2014	18 de abril de 2014

Quadro 2 – Procedimentos metodológicos em etapas

Os experimentos foram realizados em duas unidades de um CFC: no bairro de Ingleses e no de Canasvieiras. A mudança da unidade de Ingleses para a de Canasvieiras se tornou necessária para garantir voluntários em um número

suficiente para a realização dos testes, e se deu a 24 de fevereiro de 2014.



Figura 1 – Seis testadores do HRT

### 2.3 – Materiais e Métodos Utilizados

Antes das sessões de testes cada testador respondeu a um questionário baseado em escalas de diferencial semântico sobre atributos do HRT. Divido em 3 temas de avaliação (Praticidade, Estética e Apelo Geral), o questionário pede para que sejam atribuídos valores de 1 a 5 aos seguintes 9 eixos de avaliação:

Fatores de Praticidade	Fatores Estéticos	Apelo
1. fácil - difícil	4. chamativo - neutro	7. agradável - desagradável
2. útil - inútil	5. criativo - manjado	8. chato - divertido
3. organizado-confuso	6. bonito - feio	9. bom - ruim

Quadro 3 – Itens do questionário de primeiras impressões

Após o questionário os experimentos prosseguiram com testes assistidos pelo autor do uso dos simuladores, onde foi especialmente focada a dimensão da ergonomia dos mesmos. Os testes foram realizados mediante um programa de ensino produzido por duas pedagogas especializadas em educação para o trânsito contratadas pelo Ministério das Cidades. O programa consiste em 7 aulas de 30 minutos cada, com um nível de dificuldade progressiva envolvendo habilidades de condução de motocicleta, onde diferentes objetivos educativos eram expostos ao aluno.

O desempenho de cada aluno foi medido a partir de 19 indicadores de acerto e 14 indicadores de falhas que avaliam, por contagem de respostas observadas, a

aquisição de habilidades ao conduzir motocicletas. O quadro a seguir apresenta os indicadores utilizados para medir as competências de condução no simulador:

Classe de Competências	Indicadores de acertos
Controle dos comandos básicos	1. Dois pedais; 2. Guidão; 3. Acelerador; 4. Embreagem; 5. Setas 6. Buzina; 7. Luzes
Acionar a moto	8. Colocar no ponto neutro e ligar a moto, sair em primeira marcha sem problemas
Transitar com a moto	9. Move-se com precisão pela pista em reta e em curvas; 10. Usa o pisca corretamente (ligar, em seguida, desliga); 11. Tem bons reflexos e tempo de resposta; 12. Mantém a velocidade no limite certo; 13. Transita com a marcha apropriada; 14. Presta atenção nos retrovisores; 15. Ao falhar, sabe explicar o motivo e oferecer alternativas; 16. Trocar marchas da maneira correta (sem acelerar); 17. Para pondo o pé esquerdo no chão para apoio
Parar a moto	18. Freia da maneira correta (diminui a velocidade, freio traseiro, aperta a embreagem e pé esquerdo no chão); 19. Desliga a moto no momento correto (parado, põe no N, desliga a chave).

Quadro 4 – Os 19 indicadores de acerto categorizados por competência

A seguir, os indicadores utilizados para medir as falhas:

Gravidade da falha	Indicadores de falhas
Leve	1. Deixa a moto morrer; 2. Troca marchas de forma errada (tempo do motor, não aperta a embreagem, acelerar quando trocar a marcha, etc); 3. Esquece o pisca ligado; 4. Erra o trajeto; 5. Quase se envolve em um acidente, mas consegue evitar; 6. Ignora situações de risco.
Moderada	7. Avança sinal vermelho; 8. Anda a alta velocidade; 9. Não dá vez para pedestres; 10. Corta veículos; 11. Usa a seta da maneira errada; 12. Ultrapassa pelo lado errado.
Grave	13. Colisão; 14. Não consegue explicar a causa da colisão.

Quadro 5 – Os 14 indicadores de falhas classificados por gravidade

Antes e depois de cada aula cada aluno era entrevistado sobre a experiência no simulador, sendo incentivado a relatar inadequações, sugestões de melhorias, etc. Todo o processo foi gravado em vídeo para registro e futuras análises mais apuradas. Semanas após o fim do programa de aulas era novamente entrevistado sobre reflexões posteriores e conclusões quanto à experiência com o HRT, especialmente como ela afetou suas aulas práticas no circuito do CFC.

O simulador também foi experimentado por 5 instrutores do CFC. Estes observaram parte das aulas com alunos e teceram comentários quanto ao equipamento e seu uso em CFCs.

### 2.3.1 - O modelo “Honda Riding Trainer”

A pesquisa descrita neste artigo consistiu na avaliação ergonômica de uma unidade do modelo Honda Riding Trainer (HRT) de simulador de veículo de duas rodas. A unidade HRT em questão foi obtida como empréstimo da Honda do Brasil como forma de cooperação com a pesquisa promovida pelo Ministério das Cidades e DENATRAN. Tal cooperação da empresa com o poder público tornou possível o uso, por 3 meses, do HRT em Florianópolis, no CFC.



Figura 2 – O Honda Riding Trainer.  
Fonte: divulgação no portal da Honda.

Lançado em 2005, é resultado de 17 anos de estudos na Nihon University, Japão (VINCENTINI, 2010). O HRT foi projetado para treinamento de percepção de risco e habilidades motoras dos comandos básicos (Sergeys, 2013). Sobre os efeitos do HRT: “the HRT was developed to provide the rider with better awareness of traffic situations and to build up skills in defensive riding, a riding style based on the anticipation of other road users’ behavior” (VIDOTTO, 2011).

O modelo possui as seguintes características de hardware e software, bem como de dimensões físicas:

Hardware	CPU: PC Pentium 4 2.4 Ghz or higher PC AT compatível com CD ROM Drive Speaker a partir de 512 megas de RAM monitor LCD de 19 polegadas (a
----------	--

	80cm do aluno) resolução da tela: 1024 x 768
Software	Windows XP ou 2000 DirectX 9.0 instalado
Dimensões	Comprimento: 594mm Largura: 568mm altura: 923mm comprimento do assento: 444mm altura do assento: 578mm largura do volante: 434mm altura do volante: 893mm largura dos pedais: 479mm altura dos pedais: 100mm campo de visão: 27,2 graus (horizontal) e 21,7 graus (vertical) peso: 11kg

Quadro 6 – Propriedades, segundo seu manual técnico

A interface do HRT permite escolher tamanho da moto (pequena, média e grande), tipo de transmissão (manual ou automática), cenários (avenida, ruas secundárias, costa marítima, montanha, subúrbio e autoestrada), e condições de iluminação (dia, noite e neblina). Ao todo são possíveis 18 passeios diferentes: 2 para treino de comandos básicos sem trânsito; 6 em vias com trânsito em avenidas; 5 em ruas secundárias e 5 em cenários não urbanos.

## 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 3.1 – Ergonomia

A pesquisa descrita neste artigo encontra-se circunscrita no campo da Ergonomia. Montmollin (1991) descreve tal disciplina científica como “a tecnologia das comunicações entre o homem e a máquina, com bases na adaptação do trabalho e do ambiente às necessidades e características humanas, levando-se em conta as dificuldades de cada trabalhador nas mais diversas profissões”. Enquanto ciência, a Ergonomia procura configurar, planejar, adaptar o trabalho ao homem, criando soluções em situações insatisfatórias de trabalho (IIDA, 2005).

Uma abordagem ergonômica tem como princípio fundamental desenvolver condições que não gerem riscos, sofrimento, patologias, afastamento ou mesmo morte, ao colaborar na detecção de aspectos do trabalho que causem danos ao trabalhador e quedas no seu desempenho.

São do escopo do estudo da Ergonomia fenômenos tais como: aspectos sensoriais e motores do trabalho, levando em conta padrões antropométricos; analisar postos de trabalho visando melhorias; desenvolver e aprimorar sistemas de controles e manejo, tais como painéis de máquinas; otimizar ambientes físicos em (em variáveis como iluminação, som, temperatura, umidade, etc), visando realização de objetivos laborais, etc (IIDA, 2005).

A ergonomia não se restringe a ambiente de trabalho como fábricas e empresas. Segundo o dicionário Houaiss (2011), por “trabalho” deve-se entender qualquer “conjunto de atividades, produtivas ou criativas, que o homem exerce para atingir determinado fim”. Assim, interagir com um artefato de simulação, no contexto de um CFC, para cumprir objetivos de aprendizagem também pode ser encarado como um tipo de trabalho e, portanto, alvo de estudo ergonômico. Da mesma forma a Ergonomia pode se ocupar do mobiliário de uma sala de aula escolar, visando incrementar a experiência de alunos afim de facilitar a aprendizagem.

Segundo a IEA (2012), por ser uma disciplina tecnocientífica que aborda questões multidisciplinares, a Ergonomia pode ser descrita como formada de três diferentes domínios:

Domínio	Descrição
Físico	Estudo da relação do corpo com o ambiente físico.
Cognitivo	Envolve processos relacionados a memória, carga mental, percepção, etc.
Organizacional	Estuda a estrutura do sistema de trabalho de forma mais abrangente, como a divisão e programação de tarefas, motivação, supervisão, etc.

Quadro 7 – As três áreas da Ergonomia

O domínio **físico** da ergonomia engloba entidades observáveis tais como espaço, medidas, objetos, corporalidade humana, etc. Nesse último item destaca-se o papel da antropometria, isto é, a mensuração dos dados corporais humanos. Por sua vez o domínio **cognitivo** diz respeito a fatores de formação de conhecimento no ser humano, tais como a percepção, a memorização, processos de tomada de decisão, leitura, etc. Já o domínio **organizacional** trata das regras do processo produtivo num

sentido amplo, envolvendo decisões institucionais sobre o trabalho de pessoas em um dado ambiente físico inserido em um ambiente cultural de uma organização.

Análises ergonômicas do trabalho podem ser mais abrangentes, envolvendo aspectos de cada um dos três domínios das disciplinas, ou mais específicos, selecionando apenas um ou dois aspectos. Analisar o mobiliário de uma sala de aula escolar é um exemplo de ergonomia física, mas se a relação do mobiliário com a organização da sala de aula for levantada questões de ergonomia organizacional que dizem respeito às regras da instituição escolar podem vir à tona. E ainda, se o quadro do professor for alvo da análise variável de ergonomia cognitiva, como a relação entre legibilidade e distância, podem se tornar parte do estudo.

As análises ergonômicas podem ainda ser feitas mediante duas abordagens fundamentais, no que diz respeito ao foco da pesquisa: a abordagem **microergonômica**, que enfatiza ações e condições pontuais, do indivíduo; e a abordagem **macroergonômica**, que enfatiza processos mais amplos de trabalho, levando em conta o todo da cadeia produtiva. Segundo os ergonomistas Hendrick e Kleiner (2006), “*a macroergonomia envolve o desenvolvimento e a aplicação da tecnologia de interface humana-organização e que essa tecnologia se preocupa com a melhoria da estrutura organizacional e dos processos relacionados aos sistemas de trabalho*”. Já Alves (2012), aponta que a microergonomia “*considera o homem individualmente ou em grupo e/ou o posto de atividade e/ou o ambiente*”. A microergonomia considera o posto de trabalho isolado, fora do contexto maior, enfatizando detalhes em geral físicos ou cognitivos. A macroergonomia considera o posto de trabalho ou ferramenta envolvido em um processo produtivo maior. No exemplo já citado do mobiliário em uma sala de aula escolar, uma abordagem microergonômica de análise se preocuparia com a postura do aluno na carteira, enquanto uma abordagem macroergonômica destacaria a disposição de todos os móveis na sala de aula, e se tal configuração facilitaria ou não as tarefas de natureza cognitiva da parte do professor.

Ainda tratando da complexidade da Ergonomia enquanto disciplina científica, Pinheiro (2010), propõe uma classificação dos efeitos da pesquisa ergonômica em quatro categorias:

- Ergonomia de **concepção**: a intervenção é feita na fase do projeto, interferindo amplamente no posto de trabalho, instrumentos, máquina ou no sistema de produção, na organização do trabalho ou mesmo na formação de pessoal;
- Ergonomia de **correção**: a intervenção é feita no posto de trabalho já instalado, na atividade realizada ou no trabalhador. Atua de maneira restrita, modificando elementos parciais do posto de trabalho e em seu usuário;
- Ergonomia de **conscientização**: a intervenção é feita por meio de treinamento e reciclagem periódicos dos trabalhadores, enfocando meios seguros de trabalho, reconhecimento de fatores de risco e possíveis soluções a serem tomadas pelos próprios trabalhadores.
- Ergonomia de **participação**: os próprios trabalhadores são chamados a participar da análise ergonômica, colaborando ao sugerir mudanças juntamente com o ergonomista, a partir de seus pontos de vista de usuários.

Tal quadro apresentado de diferentes domínios, abordagens e finalidades evidencia como a Ergonomia é uma disciplina científica complexa. Por esse motivo é necessário especificar o escopo de uma análise ergonômica antes de promovê-la ou apresentá-la, respondendo a perguntas como:

- A análise ergonômica em questão enfatiza algum dos domínios (físico, cognitivo e organizacional) ou perpassa todos?
- A pesquisa será feita em uma abordagem micro ou macro da ergonomia?
- Trata-se de ergonomia aplicada para que propósito? Concepção? Correção? Conscientização? Participação?

O presente artigo tem por foco responder a questões em Ergonomia Física no que tange a correção e concepção de características de simuladores, numa abordagem fundamentalmente microanalítica.

### 3.2 – Simuladores de condução de veículos

Artefatos de simulação são usados para os mais variados fins educativos. Desde treino de equipamentos em refinarias de petróleo, até veículos militares e espaciais. Este artigo trata de simuladores de condução de veículos civis no trânsito. Mais especificamente de um modelo de simulador de motocicleta, o Honda Riding Trainer, que será descrito mais a seguir.

Por “simulador de direção” entende-se qualquer dispositivo que realiza a função de reproduzir, em um ambiente virtual, condições de uso de um veículo automotivo (BALDWIN e FORD, 2006). Partindo-se desse ponto, um simulador é um artefato apto para oferecer um ambiente virtual que guarda fidedignidade ao reproduzir um ambiente real, ao ponto do aprendizado ocorrido no primeiro incrementar habilidades empregáveis no segundo. Um simulador de direção deve reproduzir a realidade do trânsito seja em ambientes urbanos ou rurais, e modelar um cenário e equipamento permitam ganhos de performance ao conduzir um veículo em tais ambientes. Simuladores podem ser usados para ensino de condução, mas também para pesquisar o comportamento humano no trânsito afim de planejamento de infraestruturas e outros fatores ambientais.

Todo simulador objetiva a aprendizagem de habilidades em um ambiente virtual por parte de seus usuários. Tais ganhos obtidos em aprendizagem devem ser transferidos, em outro momento, para ambientes reais. Segundo Vincenzi (2009), o esquema de um simulador pode ser resumido da seguinte forma:

1) Análise da realidade a ser simulada. No caso do presente estudo, a realidade do trânsito brasileiro, em diferentes cenários: urbano, rural, cidade pequena, etc;

2) Selecionar características do ambiente a ser simulado para delimitação de um escopo para simulação. Esse processo de recorte e modelagem cria o que Vincenzi chama de “conceito”;

3) Modelagem da simulação a partir do conceito sobre a realidade. Por 'modelagem' entende-se transpor o conceito sobre a realidade para uma linguagem lógica e/ou matemática de um computador;

4) Desenvolvimento do artefato de simulação a partir da modelagem do item anterior. Trata-se do momento de criar hardware, bem como o simulador enquanto posto operacional, de trabalho;

5) Por fim, a experiência propriamente dita do usuário no artefato de simulação. Tal processo desenvolve habilidades no aprendiz que podem ser transferidas, até certo ponto, para uso no ambiente real que foi o ponto de partida do sistema.

O processo descrito pelo autor pode ser sintetizado em 6 fases, conforme o fluxograma a seguir:

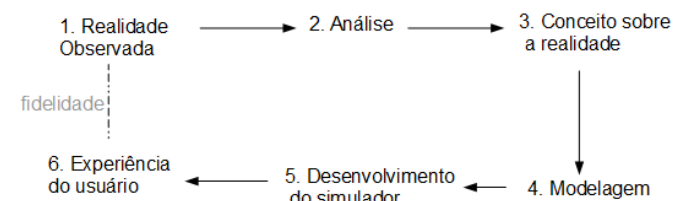


Figura 5 – Esquema de desenvolvimento de um simulador.  
Desenvolvido pelo autor a partir de VINCENZI (2009).

O autor prossegue detalhando como se dá a transferência de aprendizagem entre a experiência no simulador e a realidade. Para isso cunha o termo “Performance-O” (Operacional) para se referir ao nível de habilidade fora do simulador, no ambiente real; e também o de “Performance-S” para designar o nível de habilidade no ambiente virtual do simulador. O objetivo do artefato de simulação é promover ganhos Performance-O através de ganhos na Performance-S. Tal transferência de performance é apontada pelo autor como diretamente proporcional à

fidelidade do simulador em relação ao ambiente real, isto é, seu realismo e conseqüente nível de imersão permitido.

O quadro a seguir sintetiza a teoria das quatro transferências de aprendizagem em um simulador de direção, segundo Vincenzi (2009):

	Do virtual para o real	Do real para o virtual
Benéfica	Objetivo do simulador	Acidental, mas útil.
Prejudicial	Simulador com erros básicos.	O aluno traz vícios de direção para o simulador (que podem ser corrigidos).

Quadro 8 – Quatro modos de transferência de aprendizagem em um simulador

Por mais realista e imerso que seja o simulador sempre será baseado em um modelo reduzido de uma realidade não totalmente observada. Por tal simplificação nenhum artefato de simulação substitui a aprendizagem oriunda de exposição a condições reais, podendo inclusive implicar em transferências prejudiciais de aprendizagens do ambiente virtual para o real, caso mal concebido ou modelado. Apesar desses riscos, simuladores envolvem uma série de vantagens em termos educacionais, tais como:

*the introduction of simulators has provided transport researchers with a useful tool for investigating the behaviour of road users in a safe environment whilst still retaining an acceptable level of ecological validity.. Furthermore, simulations offer a means of manipulating the environment in a controlled way that is not possible in the real world. Thus it is possible to assess how different road users with varying levels of skill and training cope with the same situation (CRUNDALL, 2012).*

Sobre a eficiência dos simuladores veiculares em proporcionar ganhos de Performance-O através de ganhos de Performance-S, Goode (2013), aponta: “among driving simulators, studies have indicated that simulation-based hazard perception training increases visual scanning ability and focus on potential hazard areas during on-road evaluations”. Um simulador veicular, por conta das restrições envolvidas em sua modelagem e desenvolvimento, não pode reproduzir todas as condições



da realidade observada. Por conta disso eles costumam focar aspectos da mesma. Alguns simuladores são desenvolvidos com a finalidade de treinar os usuários nos comandos elementares do veículo. Outros para ganhos de percepção de risco no trânsito. E outros, mais sofisticados e custosos inclusive do ponto de vista financeiro, para o refinamento de habilidades em condutores experientes. Todos esses tópicos de aprendizagem são treináveis por simuladores, mas demandam, cada um, diferentes aspectos de realismo do artefato.

No que diz respeito, em específico, a simuladores de veículos de duas rodas há uma gama maior de desafios técnicos em garantir o realismo e imersão no ambiente virtual da experiência. Desafios esses relacionados à dificuldade de reproduzir em um artefato de simulação a sensação sinestésica de conduzir um veículo de duas rodas:

*Driving simulators were used extensively in aeronautical and automotive fields . It remains a secure, low cost and ecological tool for training future drivers and developping new technological features. This situation is much more complicated for two-wheeled vehicles, minimization of risk and the lack of visibility leads to fatal consequences, knowing that the power to mass ratio is higher than that in the case of automobile...* (NEAHOUA, 2009).

Por causa de tais restrições ou limitações tecnológicas técnicas para uma simulação realista, apesar das vantagens e dos estudos indicando eficiência em ensinar habilidades de condução, os simuladores de veículos de duas rodas por vezes apresentam resultados duvidosos, ou difíceis de medir. Segundo AWANE (1999), *“Japan has required 3 hours of simulator training for all motorcycle learners since 1996, but the effects of the regulation’s implementation on accidents is unclear”*. Contudo estatísticas de 7 anos após a implantação dos simuladores de motocicleta (WHITE PAPER ON TRAFFIC SAFETY IN JAPAN, 2006), apontam redução significativa de acidentes entre motociclistas com até 2 anos completos com a carteira de condutor.

O desafio em projetar simuladores para veículos de duas rodas passa pelo equilíbrio entre, de um lado, garantir uma experiência sinestésica imersiva e realista, e de outro lado, desenvolver um artefato de custo acessível e tecnologicamente capaz de reproduzir as condições de uso do veículo. Por conta de tal desafio de engenharia e de design os simuladores de moto são menos usados que os de carro em todo o mundo (NEAHOUA, 2009).

### 3.3 – Sínteses da revisão teórica

A fundamentação teórica desta pesquisa gira em torno de dois eixos temáticos: ergonomia e simuladores. O quadro a seguir sintetiza os principais conceitos de tais eixos:

Eixo	Conceitos teóricos	Definição
Ergonomia	Ergonomia como disciplina científica	Disciplina que <i>“procura configurar, planejar, adaptar o trabalho ao homem, criando soluções em situações insatisfatórias de trabalho”</i> (IIDA, 2005)
	Ergonomia: domínio	Físico, Cognitivo e Organizacional (IEA, 2012).
	Ergonomia: abordagens	Microergonomia (Alves, 2012), e Macroergonomia (Kleiner, 2006).
	Ergonomia: campos	Correção, Concepção, Conscientização e Participação (Pinheiro, 2010).
Simuladores	Simuladores de direção	Artefato que ensina habilidades em condução de veículos através de simulação (Baldwin e Ford, 2006).
	Desenvolvimento de simuladores	Processo em 6 fases: escolha da realidade a simular; análise; formação de conceito; modelagem da simulação; desenvolvimento do simulador; experiência do usuário (Vincenzi, 2009).
	Aprendizagem em simuladores	Ocorre por quatro tipos de transferências: da performance real pra performance no simulador (benéfica e prejudicial); da performance no simulador para o real (benéfica e prejudicial) (Vincenzi, 2009).

Quadro 9 – Síntese da fundamentação teórica

#### 4. RESULTADOS

A primeira avaliação empreendida foi o questionário atitudinal de primeiras impressões sobre o simulador, antes mesmo do uso. Os resultados dos 39 testadores foram os seguintes:

		Média (de 1 a 5)	Desvio-Padrão
Praticidade	Dificuldade	2,625	0,97
	Utilidade	4,025	0,61
	Organização	3,9	0,45
Estética	Impacto visual	2,9	1,3
	Criatividade	3,675	0,8
	Beleza	3,15	1,2
Apelo	Agradabilidade	3,75	0,7
	Diversão	3,875	0,62
	Avaliação geral	3,75	0,45

Quadro 10 – Resultados do questionário atitudinal de primeiras impressões

Os resultados do questionário de primeira impressão revelam que os testadores perceberam o HRT fundamentalmente como: muito útil (Média 4,025 e Desvio-Padrão 0,61); de baixo impacto visual (Média 2,9 e Desvio-Padrão 1,3); fácil de usar (Média 2,625 e Desvio-Padrão 0,97); tendo pontuado em torno de 3,5 (bom) em todos os outros quesitos, como agradabilidade, diversão, criatividade, organização e nota geral.

Em termos estéticos, o simulador pouco lembrou uma moto, quebrando a expectativa dos testadores que esperavam que ele fosse realista também em sua aparência. Um simulador que parecesse fisicamente com uma moto causaria uma primeira impressão mais positiva, segundo relato dos 5 instrutores e dos 39 alunos testados.

Após o término do programa de treinamento os testadores foram questionados novamente sobre os 9 critérios citados no quadro 10. Desta vez em forma de entrevistas abertas. Como resultado, os critérios ligados a Praticidade (dificuldade, utilidade e organização), se mantiveram sem mudanças, confirmando-se através de depoimentos que o HRT era fácil de ser usado, útil e bem estruturado. Já em

termo Estéticos notou-se apenas um ganho em termos de “beleza”, explicado pelos testadores como a satisfação com os cenários virtuais; e em termos de Apelo, notou-se uma melhoria na Avaliação Geral, pelo qual a experiência de aprendizagem no HRT foi qualificada como “excelente” por 32 dos 39 testadores entrevistados.

No que diz respeito aos comentários dos alunos sobre a ergonomia física do HRT, destacaram-se os seguintes, em termos de incidência:

Comentários	Quantidade de alunos
O assento fixo diminui o realismo cinestésico do simulador, gerando prejuízos para a aprendizagem de competências de condução.	28
O fato do HRT ter apenas uma tela gera uma falta de visibilidade periférica, que prejudica bastante a direção.	21
Falta de realismo cinestésico nos comandos elementares. Em especial o freio do pé direito e o acelerador, que se mostraram mais fáceis de controlar que o de uma moto real. Tais comandos em uma moto são mais sensíveis, reagindo mais a mínimos comandos do usuário.	20
Som do simulador foi considerado baixo, diferente de um moto real. Além da pouca potência das caixas de som, o capacete abafa a estimulação acústica.	15
Há pouco espaço entre pedais e o chão, o que atrapalha os comandos emitidos com os pés.	11

Quadro 11 – Comentários sobre ergonomia física do HRT

O fato do assento do HRT ser fixo, contudo, não constitui uma falha do modelo, uma vez que ele foi projetado objetivando não o ensino de habilidades cinestésicas, mas a percepção de risco, o que torna desnecessário um assento móvel. A principal falha levantada, portanto, está na tela utilizada no artefato. Desse item destaca-se: a) trata-se de uma tela única, que restringe o campo de visão do usuário no que diz respeito ao cenário virtual, diminuindo sua visão periférica; b) A tela é pequena e posicionada de tal forma que leva o usuário a olhar em um ângulo ligeiramente para baixo e próximo do assento, e não para frente e distante, como seria na via real e na aula prática.

Os indicadores de desempenho, distribuídos em 19 de acertos e 14 de falhas, endossam esses depoimentos dos alunos quanto ao campo de visão restringido pela tela única. Boa parte das colisões ocorreu pela pouca visibilidade lateral do aluno (conforme pedido por 53,8% dos testadores como mostra o Quadro 8), especialmente em travessias de cruzamentos, o que aponta para a necessidade de duas telas laterais para melhoria da visibilidade periférica.

No que diz respeito à queixa dos pedais serem baixos, oferecendo pouco espaço entre os pés e o chão, constatou-se que o mesmo espaço, numa Honda Bis (moto que a carenagem do HRT simula) é de 19cm, ao passo que no HRT é de 10cm. Ao se correlacionar os autores dessa queixa com a altura, verificou-se se tratar dos usuários mais altos:

Testadores do sexo masculino	Altura (m)	Peso (kg)	Reclamou do pedal?	Testadores do sexo feminino	Altura (m)	Peso (kg)	Reclamou do Pedal?
TM1	1,68	82		TF1	1,66	77	
TM2	1,65	61		TF2	1,72	67	sim
TM3	1,70	75		TF3	1,66	72	
TM4	1,78	67		TF4	1,75	71	
TM5	1,67	78		TF5	1,72	85	
TM6	1,84	71	sim	TF6	1,70	68	
TM7	1,80	62		TF7	1,74	82	
TM8	1,83	63	sim	TF8	1,71	66	
TM9	1,84	81	sim	TF9	1,68	72	
TM10	1,80	71		TF10	1,72	80	
TM11	1,73	78		TF11	1,73	68	
TM12	1,71	66		TF12	1,71	85	
TM13	1,69	76		TF13	1,62	54	
TM14	1,67	64		TF14	1,67	62	
TM15	1,73	74		TF15	1,70	81	

TM16	1,78	77	sim	TF16	1,76	79	
TM17	1,71	78		TF17	1,81	73	sim
TM18	1,81	85	sim	TF18	1,77	63	
TM19	1,80	69	sim	TF19	1,72	77	
TM20				TF20	1,63	65	

Quadro 12 – Incidência de queixas quanto aos pedais

A queixa quanto ao pouco espaço para movimentação dos pés se agravou nos homens por terem pés maiores, mas também por usarem calçados mais volumosos. Esse foi o caso de 2 testadores do sexo masculino que eram pedreiros e frequentavam as sessões usando uniformes profissionais, que incluíam botas de solado alto.

O HRT foi considerado eficaz, pelos testadores que já possuíam domínio de motocicletas, em simuladores diversos aspectos de um veículo de duas rodas no trânsito. De forma preponderante, aspectos que dizem respeito à movimentação nas vias, mas não ao realismo cinestésico da condução. O HRT imita, em sua carenagem física, uma Honda Bis, isto é, um veículo do tipo Scooter, onde se conduz numa postura sentada e não montado. Os 5 instrutores comentaram que os comandos básicos tinham sensibilidade diferente dos de uma moto real, especialmente o pedal do freio traseiro, proporcionando uma leve quebra de realismo de comandos. Constatou-se que o HRT ensina o básico de como comandar uma moto, sem grande realismo sensorial, o que está de acordo com a literatura sobre ele, que afirma que o mesmo foi desenvolvido com ênfase em situações de trânsito, e não no realismo cinestésico do veículo.

Sobre o ambiente físico onde o HRT foi utilizado, isto é, sua sala no Centro de Formação em Ingleses e a segunda sala, no CFC em Canasvieiras:

Critério	Recomendações
Temperatura	Demanda de ambiente climatizado. Especialmente quando o simulador é usado com capacete.

Iluminação	Meia luz, para destacar a estimulação visual da tela do simulador.
Espaço	Demanda de um ambiente de ao menos 3 por 4 metros para comportar 1 instrutor e 1 aluno por vez, e eventualmente 1 ou 2 observadores.
Som e ruído	Requer um ambiente com poucos ruídos e isolado o suficiente para o simulador não ser ele mesmo gerador de ruídos no CFC.

Quadro 12 – Recomendações em termos de Ergonomia Física

Em termos macroergonômicos o ambiente físico do simulador apresenta-se como um posto de trabalho de um instrutor, que atuará como operador do aparelho, ministrando aula a um aluno. Tal posto de trabalho será inserido dentro de um CFC. Para tal o uso de divisórias e biombos ajudou no isolamento visual do testador no simulador, o que aumenta seu foco cognitivo nas atividades, mas também ajudou a evitar a aglomeração de curiosos, melhorando o fluxo de pessoal pelo ambiente. Alguns alunos ficam tímidos se houver mais de uma pessoa na sala do simulador, e com isso erravam mais. Observou-se ainda a demanda por uma cadeira e uma mesa para uso do operador do simulador, que fique atrás do aluno para não ser visto por ele. O operador do simulador precisa configurar o artefato antes do uso e durante o uso dar instruções em tempo real para o aluno, o que gera a necessidade de pensar o ambiente de entorno do simulador, em termos de espaço e mobiliário, como um posto de trabalho para um instrutor do CFC.

O quadro a seguir é uma síntese dos resultados dos testes:

Critério de avaliação	Resultados
Primeiras impressões	Muito útil; de baixo impacto visual; fácil de usar; bom-razoável em outros quesitos: agradabilidade, diversão, criatividade, organização e nota geral.
Impressões finais	Os critérios ligados a Praticidade (dificuldade, utilidade e organização), se mantiveram sem mudanças. Já em termo Estéticos notou-se apenas um ganho em termos de “beleza” e em termos de

	Apelo. Notou-se uma melhoria na Avaliação Geral, pelo qual a experiência de aprendizagem no HRT foi qualificada como “excelente” por 32 dos 39 testadores entrevistados.
Desempenho no simulador	Revela problemas com o uso de apenas uma tela, dificultando a percepção periférica.
Principais queixas	Assento fixo; falta de visibilidade periférica; falta de realismo nos pedais e no guidão; artefato de altura reduzida; pouco espaço entre os pés e os pedais.
Ambiente para uso do simulador	Demanda de isolamento visual e sonoro, conforto térmico e espaço para 1 instrutor, 1 aluno em teste e outros observando.

Quadro 13 – Síntese dos resultados da pesquisa

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de simuladores para educação para o trânsito tem um grande potencial em termos de ensino de habilidades de condução para as aulas práticas e para a via pública. Contudo, demanda um design baseado em critérios ergonômicos diversificados para a realização dos objetivos de ensino. Aplicação de saberes em Ergonomia, em seus domínios cognitivos, físicos e organizacionais, se torna necessária para o desenvolvimento de simuladores que atendam as grandes demandas brasileiras por educação para o trânsito. Tais conhecimentos conduzem a decisões projetuais centradas no usuário, isto é, que atendam às necessidades da realidade brasileira.

A pesquisa realizada permitiu verificar a importância do teste de produtos com usuários reais, em seus ambientes naturais, para a validação de um design mais centrado no usuário. No que diz respeito ao objetivo de avaliar a ergonomia física do simulador HRT, a análise com os 39 testadores e 5 instrutores revelou uma série de possíveis falhas em termos de ergonomia física do modelo, juntamente com as respectivas alternativas para correção. Em termos do objetivo de pesquisa relacionada à ergonomia organizacional, a pesquisa permitiu identificar diversas possibilidades e restrições para o uso de simuladores em CFCs por parte de instrutores qualificados. Em termos organizacionais, as observações realizadas e os

comentários dos testadores evidenciaram ainda a necessidade de não considerar apenas itens microergonômicos, mas de pensar o simulador como parte de um processo em um posto de trabalho. Em outras palavras, de pensar o simulador veicular em termos macroergonômicos e organizacionais, levando-se em conta sua localização em um CFC.

Em termos da metodologia utilizada na pesquisa levantou-se a importância do registro cuidadoso de dados, seja no que diz respeito à gravação em vídeo das sessões para posterior revisão, seja no uso de questionários e entrevistas. Também se destacou a necessidade do rigor ético para a pesquisa com seres humanos, no sentido de minimizar riscos dos experimentos e alertar os sujeitos quanto a essas possibilidades.

Os resultados da pesquisa descrita neste artigo apontam para a necessidade de inserir a Ergonomia ainda na fase de concepção de simuladores educacionais, levando em conta não apenas seus atributos físicos, mas organizacionais e cognitivos, para um melhor aproveitamento desses artefatos tecnológicos para fins educativos. A pesquisa também apontou para a necessidade de se levar em conta peculiaridades brasileiras para garantir um design centrado no usuário, desde o que diz respeito a dados antropométricos quanto a expectativas culturais.

A pesquisa, contudo, não proporcionou uma ampla validação do uso de simuladores em geral em CFCs brasileiros. Apenas apontou possibilidades e restrições para o uso do HRT e análogos. Futuros estudos são sugeridos no que diz respeito a possibilidades e restrições de outros modelos de simuladores; ao design de produtos mais ajustados à realidade brasileira; bem como a metodologias diferenciadas de ensino e avaliação de habilidades de condução por parte de instrutores de CFCs.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, W. **The Effect of Driving Simulator Fidelity on Training Effectiveness**. DSC 2007 North America – Iowa City – September 2007

ALVES, Eduardo José Wilke. **Análise Macroergonômica e de Design das Interfaces de Embarque em Aeroporto: Caso do Aeroporto de Confins**, Belo Horizonte, Dissertação de mestrado, Escola de Design da UEMG , 2012

AWANE, T. **Integrating Simulators in Motorcycle Safety Education**, International Association of Traffic Science, 23(1), 26-31 1999.

BALDWIN, T. & FORD, J. **Transfer of Training: a review and direction for the future research**. Personnel Psychology. Vol. 41. 2006.

CONTRAN. **Resolução 420/2012**. [on line] Disponível em:

<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=246704>

Acesso em 17 jan. 2014.

WAISELFISZ, Julio Jacobo. **Mapa da Violência – Acidentes de Trânsito e Motocicleta**. Disponível em [http://www.mapadaviolencia.org.br/pdf2013/mapa2013\\_transito.pdf](http://www.mapadaviolencia.org.br/pdf2013/mapa2013_transito.pdf) Acesso a : 20/04/2014

CRUNDALL, E, CRUNDALL, D and STEDMON, Alex. **Negotiating left-hand and right-hand bends: a motorcycle simulator study to investigate experiential and behaviour differences across rider groups**. PLoS ONE, 7 (1), 1-17, 2012.

GOODE, N., Salmon, P., Lenné, M.. **Simulation-Based Driver and Vehicle Crew Training: Applications, Efficacy and Future Directions**, Applied Ergonomics, 44(3), 435-444, 2013.

HENDRICK, Hal. W.; KLEINER, Brian M. **Macroergonomia: uma introdução aos projetos de sistemas de trabalho**. Tradução de Mário Cesar Vidal e José Roberto Mafrá. 176 p. Título original: -. ISBN: 85-

8964-05-8. Rio de Janeiro: Editora Virtual Científica, 2006.

HOUAISS, Antônio. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro, Ed. Objetiva, 2001.

IEA - Associação Internacional de Ergonomia. **Ergonomia**. Disponível em <  
[http://www.iea.cc/01\\_what/What%20is%20an%20Ergonomist.html](http://www.iea.cc/01_what/What%20is%20an%20Ergonomist.html)> Acesso em 22 Abril de 2012.

IIDA, I. **Ergonomia, projeto e produção**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 2005.

MONTMOLLIN, M. A. **Ergonomia**. Lisboa: Instituto Piaget, 1991.

NEHAOUA, L S. Hima, H. Arioui, N. Seguy. **A New Motorcycle Simulator Platform: Mechatronics Design, Dynamics Modeling and Control**. 2009

PINHEIRO, Jaqueline Silva de Souza. **Análise Ergonômica Aplicada aos Processos Industriais Relacionados a Trabalho em Ambientes às Altas Temperaturas**, DISSERTAÇÃO DE MESTRADO, Belém - PA , 2010.

REIS, Alessandro e SILVA, Rodrigo. **Prototipação em Design Centrado no Usuário no Desenvolvimento de Simuladores de Direção : Um Estudo de Caso**. Interaction South America, São Paulo, 2012.

SERGEYS, Filip. **Honda Riding Trainer for enhanced Motorcycle Safety**. 2013. Disponível em <http://www.fiaregion1.com/download/DSECM/02honda.pdf> (Acessado a 5/4/2014)

STEDMON, A. W. **MotorcycleSim: a user-centred approach in developing a simulator for motorcycle**

**ergonomics and rider human factors research**. Advances in Transportation Studies (27), 31-48. 2012.

VIANA, Maurício et all. **Design Thinking**. MJV Press, Rio de Janeiro, 2012.

Vicentini, M.; Spoto, A.; Bastianelli, A. & Vidotto, G. **Honda Riding Trainer Psychological Evaluation Project: Psychometric Aspects of Safe Riding**. Quantitative Psychology Laboratory. Università degli Studi di Padova. 2011.

VIDOTTO, Giulio. **A Longitudinal Study to Evaluate Riding Trainer Effectiveness in Teenagers**. 3rd International Conference on Road Safety and Simulation, September 14-16, 2011, Indianapolis, USA

VINCENZI, J. A. Wise, A. Mouloua & P. A. Hancock (Eds.), **Human Factors in Simulation and Training**. CRP Presso, 2009.

White paper on traffic safety in Japa, 2007. Acessado em [http://iatss.or.jp/english/w\\_paper/w\\_paper.html](http://iatss.or.jp/english/w_paper/w_paper.html) a 6 de maio de 2014.