

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



**SISTEMA DE CRIAÇÃO DE ROTAS AUTOMOTIVAS VIRTUAIS
PARA O TRATAMENTO DE FOBIAS DE DIREÇÃO**

ORIENTADOR: ALEXANDRE CARDOSO, Dr.

CO-ORIENTADOR: EDGARD AFONSO LAMOUNIER JÚNIOR, PhD.

ORIENTANDO: JOSÉ GUSTAVO DE SOUZA PAIVA

MARÇO

2006



**SISTEMA DE CRIAÇÃO DE ROTAS AUTOMOTIVAS VIRTUAIS
PARA O TRATAMENTO DE FOBIAS DE DIREÇÃO**

Dissertação apresentada por José Gustavo de Souza Paiva à Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Banca Examinadora:

- ▶ Professor Alexandre Cardoso, Dr. – UFU (Orientador)
- ▶ Professor Edgard Afonso Lamounier Júnior, PhD. – UFU (Co-Orientador)
- ▶ Professor Keiji Yamanaka, Dr. – FEELT – UFU
- ▶ Professor Ederaldo Lopes, Dr. – FAPSI – UFU
- ▶ Professora Rosa Maria Esteves Moreira da Costa, Dra. – UERJ

UBERLÂNDIA, 23 DE MARÇO DE 2006.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Gaspar e Avaí.

À minha namorada, Elaine.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela sua força e presença constante, pelo privilégio de poder desenvolver um trabalho de pesquisa, pela saúde física e mental concedida, pelos inúmeros momentos de alegria proporcionados por este trabalho, mas principalmente pelo grande apoio nos momentos nos quais foi preciso uma mão amiga para me levantar das quedas e frustrações.

Agradeço a meus pais pelo amor, carinho, e acima de tudo, pela compreensão dada no período em que desenvolvi este projeto, especialmente nos momentos em que foi preciso aceitar decisões e atitudes dolorosas. Agradeço-lhes por acreditar que, mesmo tendo que passar por caminhos difíceis e tortuosos, eu seria capaz de vencer todas as barreiras e alcançar o meu objetivo.

Agradeço aos professores Alexandre Cardoso e Edgard Lamounier pela confiança investida no meu projeto, durante estes dois anos, e pela amizade e incentivo em todas as suas fases, elementos que foram fundamentais para que esta idéia se concretizasse.

Agradeço aos psicólogos pela ajuda na construção do sistema, e pelas horas investidas na avaliação do mesmo, suas opiniões e sugestões foram de extrema importância, e fazem parte deste projeto.

Por fim, agradeço à Elaine, meu amor, pelo incentivo inicial e fundamental para que eu iniciasse este projeto, pelas várias horas do seu tempo que dedicou inteiramente a mim, na construção do software, nos testes, e na dissertação. Pelas opiniões e discussões tão fundamentais para o desenvolvimento do projeto. Mas principalmente pelo imenso amor e carinho de uma pessoa tão companheira e amiga, que se mostrou presente, mesmo que, em alguns momentos, distante fisicamente, durante todo o meu trabalho.

A estas pessoas deixo meus sinceros sentimentos de gratidão.

RESUMO

PAIVA, J. G., “**Sistema de Criação de Rotas Automotivas Virtuais para o Tratamento de Fobias de Direção**”, Uberlândia, Dep. Engenharia Elétrica – UFU, 74p, 2006.

A Realidade Virtual é uma técnica computacional que permite ao usuário imersão, interação e navegação em ambientes virtuais que simulam situações da vida real. Por este motivo, sua utilização em diversas áreas do conhecimento é muito promissora, em especial na Psicologia, para o tratamento de fobias. Para o tratamento da fobia de direção, estas características podem também trazer benefícios. Existem diversos sistemas que utilizam a Realidade Virtual para o tratamento de fobias de direção. Nestes sistemas, o paciente percorre rotas em ambientes virtuais com elementos que lhe causam esta fobia. Estes sistemas, entretanto, pecam por não oferecerem flexibilidade ao psicólogo na criação das rotas, tornando o tratamento limitado a rotas previamente construídas, que nem sempre se mostram condizentes com os medos apresentados pelos pacientes. Esta pesquisa mostra o desenvolvimento de um sistema de criação de rotas virtuais a serem utilizadas no tratamento de fobia de direção, construído de modo a seguir dois princípios básicos: proporcionar alta flexibilidade ao psicólogo, para que ele tenha liberdade na criação de rotas de acordo com o perfil de cada paciente, e possuir uma interface simplificada e intuitiva, minimizando as dificuldades de construção destas rotas. Além disso, o sistema mapeia uma rota construída em 2D para um ambiente virtual, de forma automática e transparente, dispensando conhecimento prévio de técnicas computacionais relacionadas a estas operações. Esta interface possibilita ao psicólogo escolher dentre objetos comuns encontrados no trânsito das cidades, e posicioná-los segundo suas necessidades. Além disso, permite que sejam configuradas condições externas à rota, tais como condições climáticas e de tráfego. O sistema foi avaliado por um grupo de psicólogos, cuja maioria não teve dificuldades em utilizar o sistema, e considerou que o processo de construção de rotas simples e intuitivo. Ao final, é apresentada uma série de trabalhos futuros, relativos a funcionalidades a serem adicionadas ou modificadas no sistema, conferindo-lhe maior eficiência.

Palavras-chave: Realidade Virtual, Fobia de Direção, Psicólogo, Interface, Rotas automotivas virtuais.

ABSTRACT

PAIVA, J. G., “**A System of Virtual Automotive Route Creation in Driving Phobia Treatment**”, Uberlândia, Dep. Electric Engineering – UFU, 74p, 2006

Virtual Reality is a computational technique that allows user interaction, immersion and navigation in virtual environments that simulates real life. Because of this reason, its use in several areas of the knowledge is very promising, especially in Psychology, in phobia treatment. For driving phobia treatment, these features can also bring benefits. There are several systems that use Virtual Reality for driving phobia treatment. In these systems, the patient covers virtual routes with elements that cause him this phobia. These systems, however, suffer for not offering flexibility to the psychologist in the creation of routes, becoming the treatment limited to previously constructed routes, that not always reveal adequate for the fears presented for the patients. This research shows the development of a route creation system to be used in driving phobia treatment, built to follow two basic principles: provide high flexibility to the psychologist, so he has freedom to create customized routes, according to each patient's profiles, and have a simple and intuitive interface, minimizing difficulties on the construction of these routes. Besides, this system maps a constructed 2D route to a virtual environment, automatically and transparent, excusing knowledge of computational techniques related to these operations. This interface makes possible to the psychologist choose amongst common objects, found on the traffic of cities, and locate them according to his necessities. Moreover, it allows that external conditions to the route to be configured, such as climatic and traffic conditions. The system was evaluated by a group of psychologists, whose majority did not have difficulties in using the system, and considered the process of construction of routes simple and intuitive. At the end, a series of future works is presented, that configures as functionalities to be added or modified on the system, conferring to it bigger efficiency in its function.

Keywords: Virtual Reality, Driving phobia, Psychologist, Interface, Virtual Automotive Routes.

PUBLICAÇÕES

A seguir são apresentadas as publicações resultantes deste trabalho:

- [1] PAIVA, J. G., CARDOSO, A., LAMOUNIER, E., LOPES, R. F. F., LOPES, E. J., "Interface para Criação de Rotas Automotivas Virtuais no Tratamento de Fobias de Direção", Painel apresentado no XIV Encontro de Psicoterapia e Medicina Comportamental, Campinas, 2005.

- [2] PAIVA, J. G., CARDOSO, A., LAMOUNIER, E., LOPES, R. F. F., LOPES, E. J., "Interface para Criação de Rotas Automotivas Virtuais no Tratamento de Fobias de Direção", I Workshop de Aplicações de Realidade Virtual, Uberlândia, 2005.

- [3] PAIVA, J. G., CARDOSO, A., LAMOUNIER, E., LOPES, E. J., "Interface for Virtual Automotive Route Creation in Driving Phobia Treatment", VIII Symposium of Virtual Reality, Belém, 2006. A PUBLICAR.

SISTEMA DE CRIAÇÃO DE ROTAS AUTOMOTIVAS VIRTUAIS PARA O TRATAMENTO DE FOBIAS DE DIREÇÃO

SUMÁRIO

Capítulo 1 -	Introdução	1
1.1.	Motivação	1
1.2.	Objetivos	3
1.3.	Contribuições	4
1.4.	Organização do texto	4
Capítulo 2 -	Fundamentos Teóricos	5
2.1.	Realidade Virtual	5
2.1.1.	Classificação dos sistemas de Realidade Virtual	6
2.1.2.	Áreas de aplicação da Realidade Virtual	7
2.2.	Fobias	8
2.2.1.	Fobia de dirigir	11
2.2.2.	Tratamentos convencionais para fobias	11
2.3.	Realidade Virtual e tratamento de fobias	15
Capítulo 3 -	Sistemas Relacionados	17
3.1.	Sistemas para tratamento de fobias de direção	17
3.1.1.	DriVR	17
3.1.2.	<i>Cave Lab Driving Rehabilitation Project</i>	20
3.2.	Sistemas para simulação de trânsito	22
3.2.1.	<i>STISIM Drive</i>	22
3.2.2.	<i>AutoPW Automobile/Truck Driving Simulator</i>	25
3.2.3.	SIMUSYS	26
3.3.	Considerações Finais	28
Capítulo 4 -	Concepção do sistema	29
4.1.	Requisitos	29
4.2.	Arquitetura do sistema	31

4.2.1.	Interface para construção de rotas 2D	32
4.2.2.	Biblioteca de elementos de trânsito	32
4.2.3.	Interpretador de estruturas 2D	33
4.2.4.	Ambiente Virtual 3D	33
4.2.5.	Biblioteca de elementos 3D da rota automotiva	33
Capítulo 5 -	Elaboração e Construção do sistema	34
5.1.	Ferramentas utilizadas	34
5.1.1.	<i>Borland Delphi</i>	34
5.1.2.	Componente <i>ICOM XML Parser</i>	34
5.1.3.	<i>VizX3D</i>	35
5.2.	Modelagem/Estruturação da interface	36
5.2.1.	Controles de criação de rotas	37
5.2.2.	Biblioteca de elementos de trânsito em 2D	38
5.2.3.	Área de desenho da rota	43
5.2.4.	Configuração de elementos externos à rota	45
5.3.	Interpretação e montagem da rota virtual 3D	47
5.3.1.	Condições climáticas	48
5.3.2.	Biblioteca de elementos de trânsito em 3D	49
5.3.3.	Objetos de trânsito da rota virtual 3D	51
5.3.4.	Navegação na rota virtual 3D	53
5.3.5.	Movimentação do carro na rota virtual 3D	54
5.4.	Considerações Finais	58
Capítulo 6 -	Discussão de Resultados	59
6.1.	Avaliação do Sistema	59
6.2.	Discussão dos resultados obtidos	61
6.2.1.	Correções/Ajustes	61
6.2.2.	Novas funcionalidades	62
6.3.	Limitações	63
6.4.	Considerações Finais	64
Capítulo 7 -	Conclusão	65
7.1.	Conclusões	65
7.2.	Trabalhos Futuros	66
Capítulo 8 -	Referências Bibliográficas	69

SISTEMA DE CRIAÇÃO DE ROTAS AUTOMOTIVAS VIRTUAIS PARA O TRATAMENTO DE FOBIAS DE DIREÇÃO

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de um <i>Head Mounted Display</i> e de uma <i>Data Glove</i> [34]	6
Figura 2 - Exemplos de ambientes virtuais não imersivos [59]	7
Figura 3 - Dessensibilização Sistemática aplicada à Aracnofobia [53]	14
Figura 4 - Tela de avaliação de desempenho do <i>DriVR</i>	18
Figura 5 - Tela de visualização de rota percorrida pelo paciente	18
Figura 6 - Tela de Construtor de rotas do <i>DriVR</i>	19
Figura 7 - Tela de configuração do ambiente no <i>DriVR</i>	19
Figura 8 - Funcionamento do <i>Cave Lab Driving Rehabilitation Project</i> [11]	21
Figura 9 - Utilização do sistema <i>STISIM Drive</i> [61]	22
Figura 10 - Modelo de código SDL representando uma rota virtual no STISIM	24
Figura 11 - Hardware/Software do SIMUSYS [64]	27
Figura 12 - Diagrama de Casos de Uso do sistema	30
Figura 13 - Arquitetura do Sistema	31
Figura 14 - Interface Gráfica do VizX3D	36
Figura 15 - Exemplo de Rota Automotiva 2D	38
Figura 16 - Código XML correspondente à Rota Automotiva 2D	38
Figura 17 - Diagrama de Classes da Interface de Criação de Rotas	39
Figura 18 – Seção que contém os botões correspondentes aos elementos da biblioteca	43
Figura 19 - Área de Desenho da Interface	43
Figura 20 - Informações de Posição de um elemento na área de desenho	45
Figura 21 - Tela de Configurações Climáticas	46
Figura 22 - Tela de Configuração de Tráfego	47
Figura 23 - Background relativo à manhã	48
Figura 24 - Exemplo de referência utilizada na Rota Virtual 3D	52
Figura 25 - Trecho de código com elementos de navegação	53
Figura 26 - <i>ViewPoints</i> possíveis para navegação na Rota Virtual 3D	54
Figura 27 - Tela de Configuração das Teclas de Comando do Carro	54

Figura 28 - Código X3D com chamada para o <i>Script</i> de Movimentação do Carro	55
Figura 29 - Rota comunicando o nó <i>KeySensor</i> com o nó <i>Script</i>	56
Figura 30 - Rotas entre o nó <i>Script</i> , os nós do Carro e da posição do Paciente	56
Figura 31 - Desenho de uma rota automotiva	57
Figura 32 - Rota automotiva virtual pronta	57

Capítulo 1 - Introdução

1.1. Motivação

Fobias são medos persistentes de situações que, normalmente, não incomodam a maioria das pessoas. O indivíduo fóxico tem noção clara de que seus receios são absurdos, mas não consegue controlá-los[6].

Este tipo de distúrbio afeta pessoas de todas as idades e modos de vida. O *National Institute of Mental Health* reportou que 5,1% a 12,5% dos norte americanos sofrem de algum tipo de fobia. Elas representam o transtorno psiquiátrico mais comum entre mulheres de todas as idades, e o segundo transtorno psiquiátrico mais comum entre homens com idade a partir de 25 anos [57].

A fobia de direção é, em muitos casos, consequência de um Estresse Pós-traumático. Nos últimos quinze anos, pesquisadores começaram a descobrir que certa porcentagem de sobreviventes de acidentes de carro desenvolveu um estresse pós-traumático. Verifica-se que 39% de 158 sobreviventes de acidentes automotivos graves apresentavam sintomas de estresse pós-traumático e, dentre 92 sobreviventes de acidentes de carro hospitalizados na Austrália, 25% deles apresentavam sintomas de estresse pós-traumático [31].

Este tipo de fobia apresenta-se como um grande transtorno pessoal. Considerando um indivíduo que tem medo de cobras, por exemplo, tal fobia não lhe causa maiores problemas, a não ser que ele vá a um zoológico (que possua cobras), uma vez que é difícil encontrá-las comumente, e evitá-las é relativamente simples [46]. Por outro lado, a habilidade de dirigir um veículo representa um componente fundamental para uma vida independente. Desta forma, o medo de dirigir pode causar grande impacto na vida pessoal do paciente, afetando seu trabalho, lazer, e inclusive atividades domésticas [63].

Nos últimos anos, os computadores vêm sendo amplamente utilizados nos procedimentos médicos e psiquiátricos [17]. Esta difusão tem contribuído para que novas tecnologias, que despontam no cenário tecno-científico, favoreçam estes profissionais, assim como o bem-estar das pessoas. Um exemplo é a Realidade Virtual, expressão que define uma aplicação utilizada para criar ambientes virtuais interativos, representando ambientes reais [32], uma tecnologia avançada de interface entre o usuário e o computador, que enfatiza características como utilização de dispositivos

multi-sensoriais, navegação em espaços tridimensionais, imersão no contexto da aplicação, simulação de ambientes, e interação em tempo real [8].

Além disso, esta técnica representa uma simulação animada que permite definir e exibir um objeto 3D, alterar seu ponto de referência e campo de visão, manipular e interagir com os objetos, e fazer com que esses objetos afetem uns aos outros, permitindo também permear objetos com comportamentos (propriedades físicas) e programá-los para ativar algum tipo de *feedback* visual, auditivo e tátil quando um evento específico acontece, além de gerenciar toda a seqüência de eventos bastante realísticos [70].

Neste sentido, a Realidade Virtual surge como uma nova alternativa de interface para estes sistemas médicos. O usuário não se sente apenas em frente ao monitor, mas imerso em um mundo tridimensional artificial completamente gerado pelo computador. Ele percebe, através de um ou mais sentidos, dados vindos da máquina, gerados em dispositivos especiais através de uma simulação interativa [17].

Nas últimas décadas, a utilização desta tecnologia como ferramenta médica tem recebido considerável atenção, e tem demonstrado eficácia no tratamento de distúrbios psicológicos, incluindo depressão, doenças relacionadas com a idade e no tratamento de distúrbios emocionais [18] [44].

Ainda no campo da terapia, a Realidade Virtual também vem sendo utilizada no tratamento de pessoas que possuem algum tipo de fobia [55]. Ela integra Computação Gráfica gerada em tempo real, dispositivos que rastreiam movimentos do corpo, displays visuais e outros equipamentos sensoriais para realizar a imersão do paciente fóbico em um ambiente virtual, que simule as situações que causam a fobia [27].

Dentre as vantagens apresentadas pela utilização de ambientes virtuais no tratamento de fobias, em comparação aos tratamentos convencionais, destacam a facilidade na apresentação da situação causadora da fobia ao paciente, a segurança proporcionada por um tratamento realizado totalmente dentro do consultório do psicólogo, a ausência de constrangimento por parte do paciente durante o tratamento e o seu baixo custo financeiro [70].

Diversos sistemas de simulação de trânsito podem ser encontrados. Grande parte destes sistemas relaciona-se com entretenimento ou treinamento de pessoas que desejam obter habilitação para dirigir. Alguns destes sistemas permitem que o usuário construa suas próprias rotas [67], através da utilização de interfaces gráficas sofisticadas. Estas interfaces, entretanto, são construídas para serem utilizadas por profissionais que

possuam conhecimento de técnicas computacionais, e sua utilização por um psicólogo exigiria que ele possuísse este mesmo conhecimento prévio, ou um treinamento adequado e dispendioso.

Uma pequena parte destes sistemas é voltada para o tratamento de fobia de direção. Estes sistemas [23] oferecem uma relativa simplificação nos comandos de interface, mas em compensação, apresentam limitações com relação à criação de rotas a serem utilizadas no tratamento. Alguns destes sistemas nem mesmo permitem que sejam criadas novas rotas, apenas permitem que sejam utilizadas rotas previamente construídas, ou que essas rotas sejam combinadas, aumentando o percurso. Desta forma, alguns pacientes não podem ser beneficiados com o tratamento que utiliza estas ferramentas, pois os objetos ou situações do trânsito que lhe causam fobias podem não estar presentes nelas. Além disso, o psicólogo não possui a liberdade, de, a partir de suas observações e conclusões a respeito da fobia de determinado paciente, criar uma rota específica para o seu distúrbio, debilitando a eficiência deste tratamento.

Desta forma, a introdução de um sistema que se caracterize por flexibilizar a criação de rotas automotivas, e que ao mesmo tempo seja dotada de comandos simples para os profissionais da Psicologia, sem que estes comandos exijam um entendimento em técnicas de Computação Gráfica e Realidade Virtual, pode garantir uma eficiência maior do que os sistemas atuais, para o tratamento de fobia de direção.

1.2. Objetivos

O objetivo deste trabalho é elaborar um conjunto de estratégias computacionais capaz de conceber ambientes virtuais relativos a rotas automotivas, que possam ser utilizados no tratamento de fobia de direção. Objetiva-se criar uma interface que possibilite ao psicólogo inserir diversos tipos de elementos peculiares do trânsito, de acordo com o distúrbio sofrido por seu paciente.

Pretende-se alcançar este objetivo através das seguintes metas:

1. Analisar os sistemas existentes, que utilizam a Realidade Virtual para o tratamento de fobia de direção, com o objetivo de detectar suas principais deficiências e limitações;
2. Fazer um estudo, juntamente a um grupo de psicólogos, de modo a obter uma relação com as funcionalidades necessárias em um sistema para o tratamento de fobia de direção;

3. Construir um sistema de tratamento de fobia de direção, utilizando técnicas de Realidade Virtual, com base nos resultados das análises descritas nos itens 1 e 2, contemplando assim as funcionalidades vislumbradas pelos psicólogos;
4. Acompanhar a utilização, pelo grupo de psicólogos anteriormente citado, do sistema construído, de modo que seja possível verificar se ele representa a concretização dos seus anseios, alcançando assim os objetivos propostos;

1.3. Contribuições

O sistema deve apresentar ao psicólogo uma interface do tipo *X-Windows*, baseada na utilização de janelas, botões e ícones, no qual ele seleciona e posiciona, em uma área de desenho, os elementos constituintes de sua rota. A partir destas informações, ele automaticamente constrói o ambiente virtual equivalente para ser usado pelo paciente. Este processo automático torna o trabalho de construção de rotas simples para o psicólogo, e permite que ele concentre-se apenas no tratamento, sem se preocupar com detalhes de construção de ambientes virtuais e programação computacional.

A fobia de direção abrange diversos distúrbios, e dependendo do paciente, é necessário que a rota a ser percorrida por ele durante o tratamento seja dotada de particularidades específicas, tais como túneis, pontes, entre outros. Desta forma, o sistema contribui para que haja uma flexibilidade na criação das rotas, sendo possível o tratamento de um número maior de pacientes.

1.4. Organização do texto

O texto relacionado a este trabalho está dividido em sete capítulos, sendo este o primeiro deles. O segundo capítulo descreve os conceitos teóricos relacionados com o trabalho. O terceiro capítulo faz uma apresentação de alguns sistemas relacionados, suas características e deficiências. O quarto capítulo apresenta uma análise do sistema proposto, descrevendo detalhes de sua arquitetura e suas interfaces. O quinto capítulo detalha aspectos de implementação do sistema. O sexto capítulo faz uma análise dos resultados obtidos da utilização do sistema e o sétimo capítulo contém as conclusões e trabalhos futuros.

Capítulo 2 - Fundamentos Teóricos

Neste capítulo, são apresentados fundamentos teóricos correspondentes às áreas que motivaram e fizeram parte do desenvolvimento deste projeto. Em primeiro lugar, são apresentados alguns conceitos relativos à Realidade Virtual. A seguir, é feito um comentário a respeito das fobias e suas implicações na vida das pessoas, e por fim, é feita uma explanação das características, bem como vantagens do tratamento de fobias utilizando-se a Realidade Virtual, com destaque à fobia de direção.

2.1. Realidade Virtual

A Realidade Virtual (RV) pode ser definida de uma maneira simplificada como sendo a forma mais avançada de interface do usuário de computador disponível no momento [43]. Com aplicação na maioria das áreas do conhecimento, e com um grande investimento das indústrias na produção de hardware, software e dispositivos de E/S especiais, a Realidade Virtual vem experimentando um desenvolvimento acelerado nos últimos anos [36].

A utilização do conceito de Realidade Virtual teve início na construção de simuladores de vôo construídos pela Força Aérea dos Estados Unidos, após a Segunda Guerra Mundial [48]. A indústria de entretenimento também teve um papel importante no surgimento da Realidade Virtual, graças ao simulador *Sensorama* [30], um equipamento composto por uma cabine que simulava um passeio de moto pela cidade de Nova York, combinando um filme em três dimensões, som estéreo, vibrações mecânicas, aromas, e ar movimentado por ventiladores.

A Realidade Virtual pode ser considerada como a junção de três idéias básicas: imersão, interação e envolvimento [8].

A idéia de imersão está ligada com o sentimento de se estar dentro do ambiente. Além do fator visual, os dispositivos ligados com os outros sentidos também são importantes para o sentimento de imersão, como som, posicionamento automático da pessoa e dos movimentos da cabeça, controles reativos, etc.

A idéia de interação está ligada com a capacidade de o computador detectar as entradas do usuário e modificar instantaneamente o ambiente virtual e as ações sobre ele (capacidade reativa).

A idéia de envolvimento, por sua vez, está ligada com o grau de motivação para o engajamento de uma pessoa com determinada atividade. O envolvimento pode ser passivo, no qual o usuário não participa do que ocorre à sua volta, ou ativo, no qual o usuário tem a possibilidade de alterar parâmetros do ambiente ao seu redor. A Realidade Virtual tem potencial para os dois tipos de envolvimento ao permitir a exploração de um ambiente virtual e ao propiciar a interação do usuário com um mundo virtual dinâmico.

2.1.1. Classificação dos sistemas de Realidade Virtual

Os sistemas de Realidade Virtual podem ser classificados em dois tipos, de acordo com o grau de imersão e a interface com o ambiente virtual. Estes dois tipos incluem os sistemas de Realidade Virtual Imersiva e os sistemas de Realidade Virtual Não-Imersiva [26].

Nos sistemas de Realidade Virtual Imersiva, é possível conseguir uma imersão mais significativa do usuário no ambiente virtual, através da utilização de equipamentos especiais, como os *Head Mounted Displays* (HMD) e *Data Gloves*, equipamentos mostrados na Figura 1.



Figura 1 - Exemplo de um *Head Mounted Display* e de uma *Data Glove* [34]

A principal limitação destes sistemas é a necessidade de uma tecnologia avançada para seu funcionamento, o que, em alguns casos, pode aumentar significativamente o custo de aquisição dos equipamentos [65].

Os sistemas de Realidade Virtual Não-Imersiva são compostos de monitores que projetam informações 3D em uma superfície 2D, em um dispositivo de saída [65]. A principal vantagem desses sistemas reside no seu baixo custo de aquisição, em comparação com outras formas de utilização da Realidade Virtual, o que torna este tipo de aplicação mais atrativa [9].

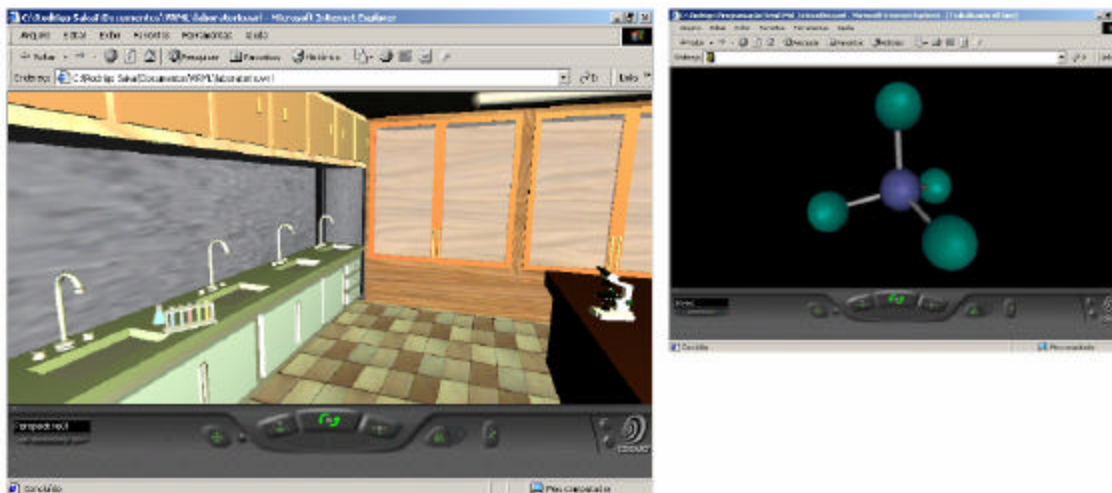


Figura 2 - Exemplos de ambientes virtuais não imersivos [59]

Um tipo de sistema de Realidade Virtual que vem emergindo atualmente é o sistema de Realidade Virtual para redes de computadores [26]. A tecnologia da Realidade Virtual e a Internet estão cada vez mais integradas. Tais sistemas são construídos com linguagens de programação que permitem a representação de objetos estáticos e animados, bem como integração com outras mídias, como sons, imagens e filmes, em arquivos distribuídos pela rede. Dentre as principais linguagens utilizadas, destacam-se o VRML [69], o X3D [72] e o Java3D [42].

2.1.2. Áreas de aplicação da Realidade Virtual

Existem, atualmente, esforços para aplicação de Realidade Virtual em diversas áreas de conhecimento [66]. Uma das áreas de utilização é, seguramente, a reconstrução de ambientes históricos, em particular os que já não existem mais e, por isso, não podem ser visitados e apreciados pessoalmente [32]. A Realidade Virtual permite que o usuário explore os espaços construídos através de um simples movimento do mouse.

Existem também muitas aplicações da Realidade Virtual na Medicina. Entre as diversas aplicações criadas, destaca-se a simulação cirúrgica, com fins didáticos. O aluno pode, desta maneira, realizar uma cirurgia completa utilizando os recursos desta tecnologia. Além disso, sua utilização nas cirurgias minimamente invasivas ou cirurgias laparoscópicas apresenta grande potencial. Nestas cirurgias, o médico faz um pequeno corte na pele do paciente e, através deste, insere uma câmera de vídeo juntamente com instrumentos necessários para a manipulação e corte [2] [47].

As possibilidades de aplicação da Realidade Virtual na construção civil também são amplas, especialmente na área de ensino de Engenharia e Arquitetura, análise de projeto, projetos colaborativos, análise estrutural e desenho urbano.

Arquitetos e engenheiros sempre possuem dificuldades para representar adequadamente seus projetos, pois necessitam decodificar todas as informações de uma edificação a partir de representações bidimensionais, o que exige habilidade e clareza por parte do autor do projeto. Características particulares da Realidade Virtual, tais como tridimensionalidade e imersão, permitem que a arquitetura possa ser habitada e visitada internamente, ao contrário de esculturas, que só podem ser percebidas externamente. Neste sentido, a RV constitui uma ferramenta ímpar para a percepção, avaliação e apreciação de projetos arquitetônicos, antes da sua construção [33].

A Realidade Virtual aplicada à Educação vem sendo encarada como um fator de mudança e que traz inúmeros desafios aos pesquisadores, apresentando uma aceitabilidade alta por parte de educadores e se difundindo de forma rápida nesta área de conhecimento [58].

Uma das áreas mais beneficiadas com as tecnologias de Realidade Virtual é a área da saúde, em especial a Medicina [37], sendo também utilizada em uma variedade de tratamentos psicológicos e no tratamento de fobias [55].

Podemos encontrar diversos projetos de pesquisa que utilizam RV para o tratamento de fobias tais como [7]:

- Fobia de aranhas [10];
- Fobia de voar [38];
- Agorafobia, ou medo de lugares abertos [61];
- Transtorno de Estresse Pós-traumático [39];
- Fobia de Direção [11];

2.2. Fobias

As fobias são um dos mais freqüentes problemas de saúde mental do brasileiro. Foi proposta na década de 70 a subdivisão das fobias em três grupos: agorafobia, fobia social e fobias específicas [54]. Pela sua praticidade e pelas evidências coletadas, diferenças epidemiológicas, clínicas e de tratamento, essa classificação foi adotada pelo DSM IV [25] e pelo CID 10 [12].

A principal diferença entre a fobia e o medo é que o segundo diz respeito a uma emoção de aversão a algo, que estando presente, ameaça o organismo. Na fobia existe

um medo de objetos (ou situações) que, no imaginário da pessoa, oferece perigo desmedido [51].

A fobia é um medo intenso de um estímulo ou situação que a maioria das pessoas não considera particularmente perigoso. O indivíduo, geralmente, percebe que seu medo é irracional, mas mesmo assim sente ansiedade, que só pode ser aliviada evitando-se o objeto ou situação temida [3]. A maioria das pessoas sofre de algum tipo de fobia, em um nível baixo, que desaparece ao longo da vida. Entretanto, cerca de 10% da população mundial sofre de fobias em um nível alto, tendo suas vidas comprometidas em determinado grau [7]. Caracteriza-se por um medo extremo, que não pode ser explicado, racionalizado, está fora do controle voluntário, e leva a evitar a confrontação [59].

O contato ou exposição à situação causadora da fobia provoca nos fóbicos sensações físicas, como tremores, sudorese, falta de ar e taquicardia, bem como sensações comportamentais e subjetivas, como medo, raiva, depressão, etc. Em algumas situações mais graves, pode haver uma sensação de pânico, e desmaios. Isto muitas vezes faz com que a pessoa que sofre da fobia altere sua rotina de vida, perca confiança, auto-estima e tenha que depender de outros [7].

A simples imaginação ou antecipação da situação fóbica pode provocar uma ansiedade antecipatória, principalmente, porque o fóbico tem o conhecimento de que outros indivíduos não consideram a situação, ameaça ou perigo.

Evitar o contato à situação ou objeto causador da fobia ajuda a mantê-la, pois cria um círculo vicioso que perpetua o medo, e impede que o indivíduo aprenda que o objeto temido de fato não é perigoso, ou pelo menos não é tão perigoso quanto o paciente imagina. Isso impede ainda o processo de habituação, ou seja, a redução progressiva dos sintomas de ansiedade que surgem de forma automática no contato. Na ausência de tratamento, as fobias são extremamente persistentes [15].

As fobias podem ser caracterizadas e se manifestar em termos de três tipos de respostas [59]:

- Cognitivas: pensamentos de amedrontamento, pensamentos auto-depreciativos;
- Fisiológicas: aumento na frequência de batimentos cardíacos, mudanças na respiração;
- Comportamento manifesto: postura rígida, chupar os dedos ou roer as unhas, evitação;

Abaixo, a lista de fobias mais freqüentes na sociedade [13]:

- Fobia de Dirigir;
- Fobia de Público;
- Fobia de Lugares Fechados (claustrofobia);
- Fobia de Lugares Altos (acrofobia);
- Fobia de lugares Abertos (agorafobia);
- Fobia de Injeção;
- Fobia de Doenças;
- Fobia do Escuro;
- Fobia de Tempestade;
- Fobia de Animais ou Insetos;
- Fobias alimentares;
- Fobia escolar;
- Fobia de andar de avião.

Um outro tipo de distúrbio existente é o **Transtorno de Estresse Pós-Traumático** (TEPT). Sua principal característica é o desenvolvimento de sintomas característicos após exposição a uma experiência traumática envolvendo situações de risco de vida ou da integridade física, ou ainda o testemunho de eventos envolvendo morte violenta ou ferimentos graves em outra pessoa [20]. O trauma, fundamental na concepção do TEPT, é definido como uma situação experimentada, testemunhada ou confrontada pelo indivíduo, na qual houve ameaça à vida ou à integridade física de si própria ou de pessoas a ele afetivamente ligadas. Seriam situações essencialmente violentas, como acidentes naturais (enchentes, incêndios, soterramentos), acidentes automobilísticos, assaltos, seqüestros, estupros, entre outros [28]. Dados obtidos a partir do *National Comorbidity Survey* (NCS), utilizando os critérios do DSM-III-R [24], estimaram a prevalência do TEPT em 7,8% da população geral, distribuídos em 5,0% dos homens e 10,4% das mulheres. Mesmo estando o perigo afastado e confinado ao passado, o indivíduo pós-traumatizado continuamente revive o ocorrido, vivenciando-o como experiência contemporânea ao invés de aceitá-lo como algo pertencente ao passado. A experiência também pode ocorrer sob a forma de sonhos aflitivos e pesadelos. Em alguns pacientes, aparece quase diariamente, o que leva inclusive ao temor de dormir [28].

2.2.1. Fobia de dirigir

A fobia de dirigir é caracterizada por reações de medo extremo na tentativa de dirigir em situações específicas, em certos contextos, ou mesmo em qualquer situação [35].

Desde a fundação do Centro de Psicologia Especializado em Medos (CPEM) [19], suas psicólogas vêm atendendo aos mais diversos tipos de queixas em que o medo aparece como relato principal. Entre eles, o de maior ocorrência é a fobia de dirigir. Este tipo de fobia é também conhecido como **Síndrome do Carro na Garagem** (SCG), pois os seus portadores já possuem carro e carteira de habilitação, mas fogem de dirigir deixando-o na garagem. Quando pensam em fazê-lo, passam a sentir tremores nas pernas e mãos, perdem o fôlego, ficam com placas vermelhas pelo corpo, suas mãos ficam geladas e pegajosas de suor, dormem mal na noite anterior a dirigir e, mesmo sendo pessoas honestas, se obrigam a “inventar” desculpas que justifiquem o não dirigir, sofrem por não fazê-lo e sofrem mais ainda se tentam fazê-lo [51].

2.2.2. Tratamentos convencionais para fobias

Existem diversos tipos de tratamentos para Fobias, que variam desde a utilização de medicamentos até a utilização de psicoterapias [71]. Dentre os mais comumente encontrados, é possível listar os seguintes tipos de tratamento:

- Hipnoterapia
- Técnicas de Relaxamento
- Farmacoterapia
- Terapia Comportamental
- Terapia Cognitiva

A seguir, é apresentada uma visão geral de cada um destes tratamentos.

Hipnoterapia

A hipnoterapia, também chamada de hipnoanálise, é um procedimento utilizado para induzir um transe controlado, e é um tratamento eficaz na psicologia das fobias [40], podendo ser encontrado nos manuais de terapia cognitivo-comportamental, publicado nos últimos anos [59].

Requer em geral um alto grau de transe hipnótico, apesar de existirem métodos onde se utiliza transes em graus menores, para pessoas pouco hipnotizáveis.

Durante a hipnose, o estado de concentração e a relação emocional com o terapeuta favorecem o aprendizado de idéias positivas e aumentam a eficácia da intervenção terapêutica.

Alguns fenômenos psicológicos de grande interesse estão intimamente relacionados com o transe:

- a) Um estado mental preparatório que acompanha a atenção e favorece a concentração espontânea e intensa;
- b) A memória ligada ao condicional, pela qual uma experiência que ocorre sobre certas condições, pode ser ocultada ou reprimida quando o estado de alerta do subconsciente muda, podendo reaparecer na consciência quando este estado de alerta é similar ou igual àquele registrado na experiência original.

A hipnose pode ter grandes resultados nos casos de fobias. O estado hipnótico permite a introspecção que leva ao conhecimento dos verdadeiros motivos de conflitos ou medos que se ocultam por trás de certos distúrbios, permitindo o uso de outras técnicas para auxiliar o paciente [16].

Técnicas de relaxamento

As técnicas de relaxamento ajudam os indivíduos a desenvolver a habilidade de lidar com o estresse que contribui com a ansiedade e a fobia, bem como lidar com os sintomas físicos desta ansiedade. Os pacientes aprendem técnicas de respiração e exercícios específicos[1].

As técnicas de relaxamento constituem o tratamento mais utilizado para combater o medo de voar, mas aparece sempre combinada com outras técnicas, como a Dessensibilização Sistemática [59], explicada posteriormente.

Farmacoterapia

A farmacoterapia é utilizada comumente no início do tratamento das fobias, por apresentar efeitos mais rápidos e também como forma de suspender possíveis ataques de pânico [71].

Duas razões são importantes para o uso disseminado de terapias com medicamentos: o desenvolvimento de vários medicamentos psicoativos eficazes e o fato de as terapias medicamentosas terem um custo menor que psicoterapia. Outra razão, argumentada por críticos, é a “mentalidade” da sociedade, de tomar remédio para qualquer problema [52].

A utilização de medicamentos para o controle de transtornos de ansiedade possui, entretanto, algumas limitações[1]:

- Os medicamentos podem não ser eficazes para todos os sintomas dos transtornos de ansiedade, o que leva à necessidade de associação com outro tipo de tratamento;
- Os medicamentos podem apresentar efeitos colaterais durante o tratamento, e os pacientes podem apresentar dores de cabeça, náuseas, dores estomacais, desmaios e disfunções sexuais.

Diferentes classes de antidepressivos também são utilizadas. Entretanto, embora vários estudos tenham demonstrado a eficácia deste tratamento farmacológico, uma proporção significativa dos pacientes permanece sintomática após o tratamento agudo. Além disso, esta também é uma técnica que não deve ser considerada em situações especiais como gestação, amamentação, impossibilidade de usar medicações ou na retirada dos fármacos [49].

Mesmo com ensaios clínicos demonstrando a eficácia de alguns medicamentos no tratamento da fobia social generalizada, a taxa de resposta fica aquém do ideal. Entre 35-65% dos pacientes respondem ao tratamento em dois a três meses, embora, como regra, sintomas residuais ainda persistam [45]. Para o tratamento de distúrbios como o Transtorno Obsessivo-Compulsivo utilizando medicamentos, o usual é uma redução entre 20 e 60% dos sintomas, 40% em média. Entretanto, a remissão completa é rara – ao redor de 20%. São comuns as recaídas após a interrupção, e a intolerância aos efeitos adversos é uma causa freqüente de abandono [14].

Terapia comportamental

As terapias comportamentais concentram-se em mudar o comportamento das pessoas, através da crença de que todo comportamento, normal ou anormal, é aprendido, e que a ansiedade e o medo patológicos são resultantes de aprendizagens errôneas, podendo ser desaprendidos [52].

Seu objetivo é eliminar o sofrimento através da alteração do(s) comportamento(s) problema(s) propiciando novas condições de aprendizagem e, conseqüentemente, favorecendo um estilo de vida mais gratificante para a pessoa que solicita este tipo de ajuda. A terapia visa o autoconhecimento do cliente, ensinando-o a observar-se, bem como a fazer relações entre os comportamentos e seus eventos antecedentes e conseqüentes de maneira a tornar evidentes aqueles que precisam ser alterados ou

substituídos, assim como a identificar aqueles comportamentos que devem ser mantidos [62].

Um grupo de terapias comportamentais baseia-se no princípio do **contra condicionamento**. O contra condicionamento supõe a união do estímulo com uma nova resposta que é incompatível com o medo [53]. Dentre as técnicas de contra condicionamento, destaca-se a **Dessensibilização Sistemática**.

A Dessensibilização Sistemática constitui-se em uma das técnicas comportamentais mais antigas. Funciona por meio da associação gradual de uma nova resposta (de relaxamento) a estímulos que provocam a ansiedade. De acordo com informações que o próprio paciente relata a respeito de sua fobia, o terapeuta desenvolve uma **Hierarquia de Medos** – lista de situações que começa com aquelas que provocam menos ansiedade, progredindo para aquelas que provocam mais ansiedade. O terapeuta ensina o paciente a relaxar, e uma vez dominado o relaxamento profundo, começa-se a trabalhar nesta hierarquia de medos. A pessoa deve então relaxar e imaginar a situação menos ameaçadora da lista, e então a seguinte, e assim por diante, até que a situação que desperta mais medo seja atingida e o paciente consiga permanecer calmo [52]. A dessensibilização sistemática pode ser realizada pedindo-se que o paciente imagine cada situação da hierarquia de medos, mas pode ser realizada através da exposição *in vivo*, em que o paciente deve realmente experimentar as situações geradoras da ansiedade [3], como mostra a Figura 3.

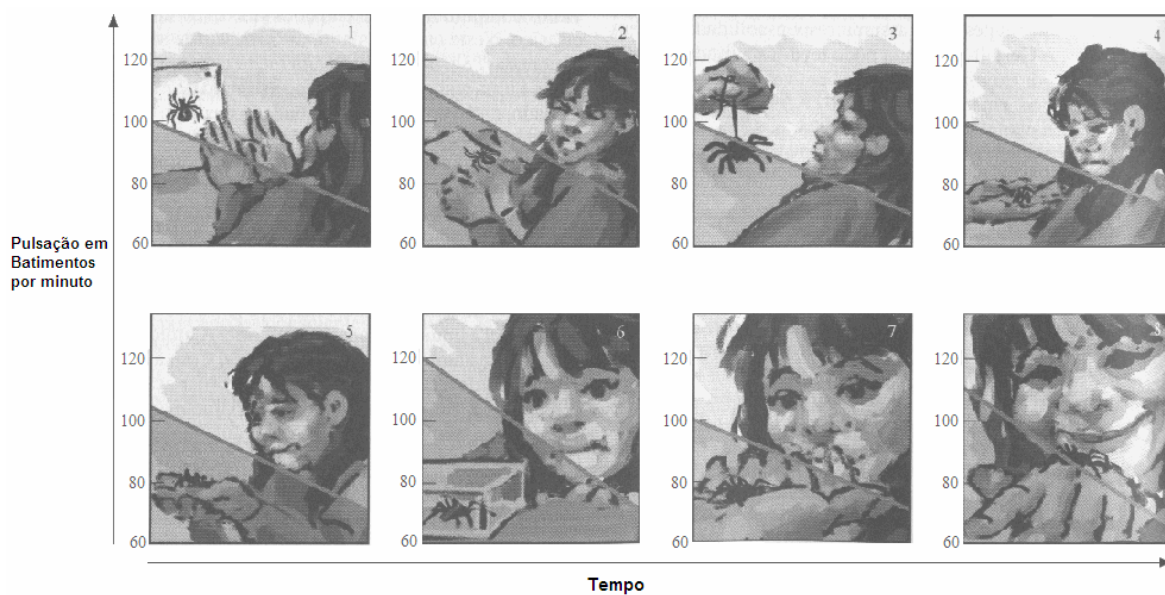


Figura 3 - Dessensibilização Sistemática aplicada à Aracnofobia [53]

A idéia é ir acostumando o paciente com a condição causadora do medo. A exposição gradual à condição causadora da ansiedade é realizada com o objetivo de fazer com que ele a deixe de temer [50]. Quem não consegue dirigir, por exemplo, começa o tratamento com sessões nas quais apenas dá partidas no carro. O passo seguinte é estimular a pessoa a dar algumas voltas pelas redondezas de sua casa. As distâncias dos passeios vão aumentando progressivamente, até que ela se sinta segura para guiar numa estrada [5].

Terapia cognitiva

As terapias cognitivas visam mudar o pensamento derrotista, treinando as pessoas para se verem de maneiras novas e positivas [53].

O paciente é levado a analisar racionalmente seus medos, comparando os dados da realidade com suas idéias pessimistas. Uma pessoa que teme falar com seus superiores no trabalho é questionada sobre se realmente há motivos para tanto. O terapeuta pode perguntar a ela se já foi ridicularizada, humilhada, criticada em público etc. A partir das respostas, que geralmente são negativas, ela vai descobrindo como sua patologia não tem razão de ser. Depois de algum tempo, o paciente é estimulado a enfrentar as situações que lhe dão angústia, de forma semelhante ao que acontece na terapia comportamental [5].

2.3. Realidade Virtual e tratamento de fobias

A utilização da Realidade Virtual na Psicologia está associada ao tratamento de fobias através da exposição gradual do paciente à fonte de seu medo. Este tipo de tratamento é caracterizado como sendo uma Dessensibilização Sistemática.

Sistemas de Realidade Virtual oferecem a oportunidade de não apenas representar a capacidade de imaginação do paciente, mas de aumentá-las visualmente, auditivamente e até tatilmente, durante a experiência [22].

A seguir, são apresentadas as principais vantagens da utilização da Realidade Virtual para o tratamento de fobias, em relação aos tratamentos tradicionais [70]:

- O paciente não precisa imaginar o ambiente que lhe causa fobia, pois este já é retratado;
- Como a terapia é realizada totalmente dentro do consultório do psicólogo, esta se torna mais segura, e menos constrangedora para o paciente;

- Permite que o psicólogo controle gradualmente o nível de exposição do paciente à situação que lhe causa fobia;
- Por utilizar apenas equipamentos de Realidade Virtual, o tratamento tem um custo reduzido, se comparado a terapias de exposição real.

Ao mesmo tempo, Gaggioli [30] sumariza os benefícios da Realidade Virtual no tratamento de transtornos psicológicos, listados a seguir:

- Capacidade de coletar e medir os comportamentos dentro de um ambiente simulado, permitindo que se tenham dados confiáveis para medida do progresso do tratamento, dados estes que poderiam ser perdidos com a utilização de métodos convencionais;
- Flexibilidade e facilidade de programação, possibilitando aos pesquisadores representar uma variedade de estímulos e monitorar respostas do paciente a estes estímulos;
- Produção, através dos canais de saída de uma aplicação de Realidade Virtual, de informações simbólicas, geométricas e dinâmicas, permitindo que se construa a sensação de uma realidade física por parte do paciente, assim como no mundo real;
- Possibilidade de gravação do desempenho do paciente, evitando assim perda de dados no experimento, o que é relativamente comum em experimentos observacionais.

Sistemas de Realidade Virtual podem também ser utilizados para o tratamento de pacientes com transtornos de estresse pós-traumático. Ambientes virtuais podem ser criados para representar situações ou acontecimentos relatados por pacientes. Além disso, permitem que o psicólogo acompanhe o paciente durante o processo de navegação e atuação dentro do ambiente virtual [56].

No próximo capítulo, são apresentados alguns sistemas existentes, utilizados para o auxílio no tratamento de fobias de direção, ou utilizados como simuladores de trânsito. Uma análise crítica das suas funcionalidades e características é realizada.

Capítulo 3 - Sistemas Relacionados

Neste capítulo, são apresentados alguns sistemas que utilizam a Realidade Virtual na geração de ambientes com rotas automotivas. Os sistemas foram divididos em duas categorias. A primeira delas descreve os sistemas construídos especialmente para serem utilizados no tratamento de fobias de direção. A segunda categoria apresenta sistemas que foram construídos para serem simuladores de trânsito, mas que podem ser utilizados para o tratamento de fobias. Para cada um dos sistemas apresentados, são listadas suas funcionalidades, e também uma tabela que exibe as principais vantagens e desvantagens apresentadas por eles.

3.1. Sistemas para tratamento de fobias de direção

3.1.1. DriVR

O *DriVR* [23] é um sistema computacional para tratamento de fobias que utiliza um software gerador de cenários 3D, conectado a controles de direção e um óculos de projeção estéreo.

Este sistema oferece seis cenários que podem ser modificados, oferecendo a possibilidade de inserção de diferentes condições climáticas e de trânsito. Cada cenário possui uma duração de 1 a 5 minutos, de acordo com a velocidade do veículo dentro dos cenários. Os cenários podem ser combinados, para que a rota a ser percorrida seja maior.

O paciente é guiado, através de instruções do psicólogo ou pistas visuais dentro do ambiente virtual, a seguir uma determinada rota, mas ele não precisa segui-la, podendo explorar outras maneiras de navegar pelo cenário.

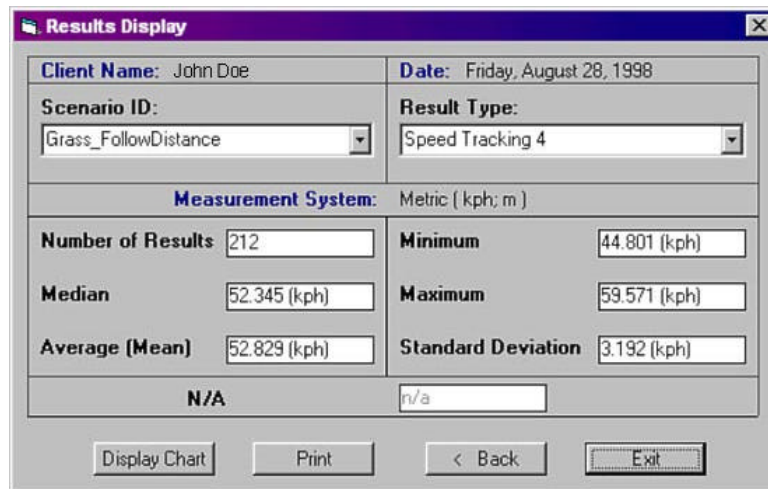
As seguintes medidas de desempenho são realizadas durante o tratamento, na medida em que o usuário navega pelo cenário:

- Descrição e construção de rotas;
- Análise de distâncias;
- Controle de Velocidade;
- Utilização de comandos de direção pelo usuário – marchas, aceleração e freio;
- Colisões;
- Tempo de reação.

A seguir, uma lista de funcionalidades oferecidas pelo *DriVR*:

- **Visualizador de dados**

Permite ao psicólogo visualizar dados de desempenho do paciente. Estes dados são analisados durante o percurso no cenário. A Figura 4 mostra a tela de Avaliação de Desempenho.



Client Name: John Doe		Date: Friday, August 28, 1998	
Scenario ID: Grass_FollowDistance		Result Type: Speed Tracking 4	
Measurement System: Metric (kph; m)			
Number of Results	212	Minimum	44.801 (kph)
Median	52.345 (kph)	Maximum	59.571 (kph)
Average (Mean)	52.829 (kph)	Standard Deviation	3.192 (kph)
N/A		n/a	
Display Chart Print < Back Exit			

Figura 4 - Tela de avaliação de desempenho do *DriVR*

- **Visualizador de rota percorrida**

Permite ao psicólogo e ao paciente rever a rota percorrida durante o tratamento, através de uma vista aérea, como mostra a Figura 5. O paciente pode assim ver como foi seu desempenho naquele cenário.



Figura 5 - Tela de visualização de rota percorrida pelo paciente

- **Construtor de rotas**

Permite ao psicólogo determinar a complexidade das rotas, escolhendo os cenários que irão fazer parte dela. Os cenários existentes permitem que o paciente percorra trechos em ruas dentro de cidades, auto-estradas e rodovias, bem como a

realização de manobras especiais, como controle de derrapagem, avaliação de situações perigosas e tempo de reação, entre outras. A tela de construção de rotas é mostrada na Figura 6.

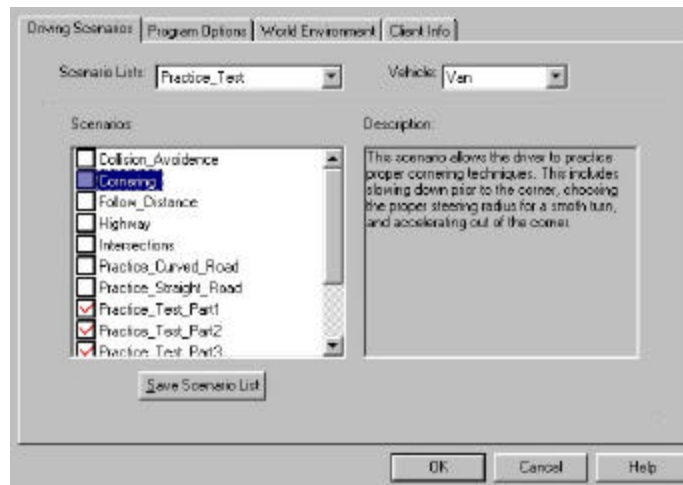


Figura 6 - Tela de Construtor de rotas do *DriVR*

- **Seletor de condições do ambiente**

Permite ao psicólogo configurar as condições do ambiente, tais como condições do tempo, condições da estrada e condições de iluminação, como mostra a Figura 7.

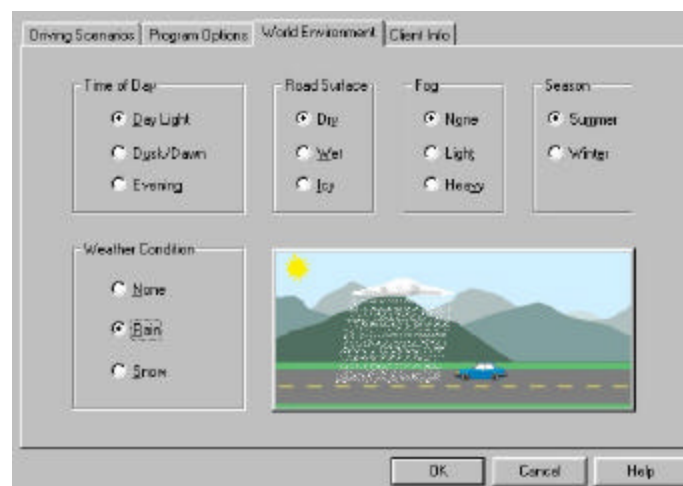


Figura 7 - Tela de configuração do ambiente no *DriVR*

Tabela 1 - Vantagens e Desvantagens do *DriVR*

<i>DriVR</i>	
Vantagens	Desvantagens
Permite a avaliação do desempenho do paciente durante o tratamento.	Possui um construtor de rotas limitado, permitindo que o psicólogo apenas “conecte” duas ou mais rotas previamente construídas, aumentando o percurso. Assim, é impossível para o psicólogo construir rotas que apresentem exatamente os objetos causadores de fobias em seus pacientes, ele pode no máximo tentar adaptar as fobias de seus pacientes às rotas existentes.
Não exige um computador com grande capacidade de processamento, o que diminui o custo de aquisição do sistema.	O sistema não é gratuito, exigindo do psicólogo um investimento inicial com sua aquisição.
Permite que o psicólogo e o próprio paciente visualizem a rota percorrida, de diversos ângulos, facilitando a avaliação do tratamento.	

3.1.2. *Cave Lab Driving Rehabilitation Project*

Esta pesquisa [11] utiliza um sistema no qual um carro real é conectado a um programa computacional que gera uma ambiente virtual com uma rota percorrida pelo paciente. A Figura 8 ilustra a arquitetura do sistema. Um projetor exibe o ambiente a ser percorrido pelo paciente. Caixas de som são utilizadas junto ao projetor, e um amplificador sonoro é colocado debaixo do banco do motorista, para conferir vibração durante a terapia.

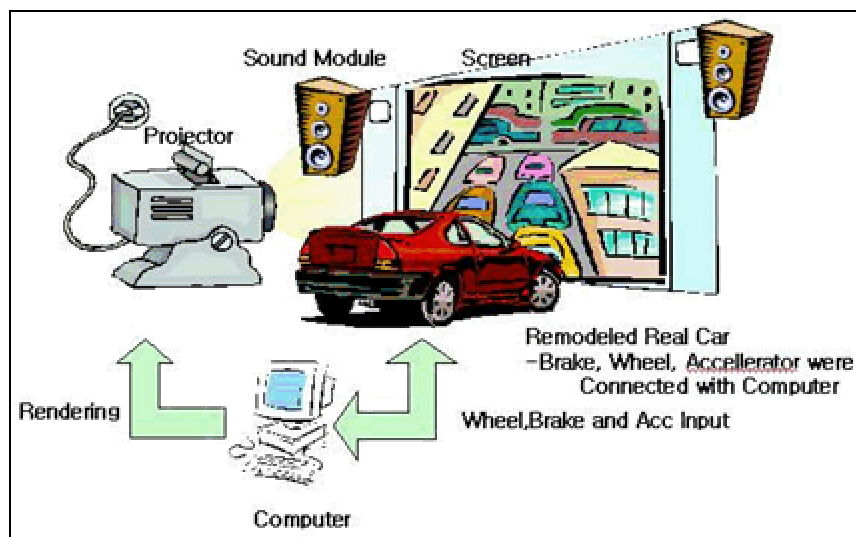


Figura 8 - Funcionamento do Cave Lab Driving Rehabilitation Project [11]

O ambiente virtual gerado pelo sistema apresenta as seguintes características:

- Acesso a ruas e avenidas com grande tráfego de veículos, e ruas com pouco ou nenhum tráfego;
- Circulação inesperada de pedestres na rua;
- Outros veículos controlados (carros, ônibus, etc.);

Tabela 2 - Vantagens e Desvantagens do Cave Lab Driving Rehabilitation

Cave Lab Driving Rehabilitation Project	
Vantagens	Desvantagens
Por utilizar um carro real, o sistema confere maior realismo no tratamento.	Por utilizar um carro de verdade no experimento, o custo de aquisição do sistema torna-se elevado.
O sistema possui um áudio integrado poderoso, capaz de gerar vibrações de resposta devido a um aparato sonoro situado debaixo do banco do motorista.	Não possui um construtor de rotas. O sistema permite que o psicólogo utilize rotas previamente construídas, aumentando o percurso. Assim, é impossível para o psicólogo construir rotas que apresentem exatamente os objetos causadores de fobias em seus pacientes, ele pode no máximo tentar adaptar as fobias de seus pacientes às rotas existentes.

	O sistema não permite a utilização de simuladores de direção, ao invés do carro real, tornando sua portabilidade limitada.
--	--

3.2. Sistemas para simulação de trânsito

3.2.1. STISIM Drive

O *STISIM Drive* [67], mostrado na Figura 9, é um sistema de simulação de trânsito construído para representar atividades cognitivas e tarefas comuns do trânsito. Inclui um modelo de dinâmica de veículos, sinais de resposta visuais e auditivos, e medidas de desempenho do usuário. Possui também uma linguagem para construção de rotas, chamada *Scenario Definition Language* (SDL), na qual o usuário cria os cenários informando um conjunto de tarefas a serem realizadas dentro do ambiente virtual, bem como eventos e intervalos de medida de desempenho.



Figura 9 - Utilização do sistema *STISIM Drive* [61]

A seguir, uma breve explicação sobre cada uma das características do sistema:

- **Modelo de dinâmica do veículo**

O modelo matemático do veículo permite ao usuário configurar características para o controle de direção e velocidade, o que inclui determinar reações do carro a freadas rápidas, ou curvas feitas em alta velocidade, bem como definir o sistema de