



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Tecnologia e Ciências
Instituto de Matemática e Estatística

Priscilla Fonseca de Abreu Braz

**Integrando multiagentes em ambientes 3D: um serious game para estimulação
cognitiva**

Rio de Janeiro

2011

Priscilla Fonseca de Abreu Braz

**Integrando multiagentes em ambientes 3D: um serious game para estimulação
cognitiva**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Ciências Computacionais, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rosa Maria Esteves Moreira da Costa

Coorientador: Prof. Dr. Luis Alfredo Vidal de Carvalho

Rio de Janeiro

2011

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/A

B826

Braz, Priscilla Fonseca de Abreu.

Integrando multiagentes em ambientes 3D: um serious game para estimulação cognitiva / Priscilla Fonseca de Abreu Braz. – 2011.

84 f. il.

Orientadora: Rosa Maria Esteves Moreira da Costa.

Coorientador: Luis Alfredo Vidal de Carvalho.

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Matemática e Estatística

Bibliografia: f.77-84.

1. Agentes inteligentes (Software) – Teses. 2. Jogos – Processamento de dados - Teses. 3. Inteligencia artificial – Teses. 4. Cognição - Teses. I. Costa, Rosa Maria Esteves Moreira da. II. Carvalho, Luis Alfredo Vidal de. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Matemática e Estatística. IV. Título.

CDU 004.89

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação.

Assinatura

Data

Priscilla Fonseca de Abreu Braz

**Integrando multiagentes em ambientes 3D: um serious game para estimulação
cognitiva**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Ciências Computacionais, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 28 de junho de 2011.

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Rosa Maria Esteves Moreira da Costa (Orientadora)
Instituto de Matemática e Estatística da UERJ

Prof. Dr. Luis Alfredo Vidal de Carvalho (Coorientador)
Programa de Engenharia de Sistemas e Computação da COPPE(UFRJ)

Prof^a. Dr^a. Vera Maria Benjamim Werneck
Instituto de Matemática e Estatística da UERJ

Prof. Dr. Alberto Barbosa Raposo
Departamento de Informática da PUC-Rio

Rio de Janeiro

2011

DEDICATÓRIA

A Deus, aos meus pais, ao meu esposo e aos meus familiares e amigos por todo apoio, paciência, carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

A todos aqueles sem os quais este trabalho não teria se realizado:

Primeiramente a Deus, por ter me dado a oportunidade de estar aqui e por ter colocado pessoas tão especiais em minha vida.

Ao meu esposo, Luciano, por ter me apoiado em todos os momentos e pela compreensão e companheirismo.

Aos meus pais e irmãos, que sempre estiveram ao meu lado me fortalecendo nos momentos difíceis e principalmente compreendendo a minha ausência em diversas situações.

Aos amigos e familiares que sempre me incentivaram nesta caminhada.

À amiga Raquel Cupolillo por todo apoio e amizade.

Às professoras Rosa Costa e Vera Werneck por todo o apoio durante o desenvolvimento desse trabalho.

Aos professores convidados para a banca examinadora, por terem aceitado contribuir para o enriquecimento deste trabalho.

Aos professores e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Computacionais do Instituto de Matemática e Estatística da Universidade do Estado do Rio de Janeiro pela confiança em minha capacidade.

Ao doutorando da PUC-Rio Herbet Cunha por todo auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos do mestrado pelo companheirismo.

“Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende”.
(Leonardo da Vinci)

RESUMO

ABREU, P. F. *Integrando multiagentes em ambientes 3D: um serious game para estimulação Cognitiva*. 2011. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciências Computacionais) – Instituto de Matemática e Estatística, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

Sistemas Multiagentes estão recebendo cada vez mais a atenção de pesquisadores e desenvolvedores de jogos virtuais. O uso de agentes permite controlar o desempenho do usuário, adaptando a interface e alterando automaticamente o nível de dificuldade das tarefas. Este trabalho descreve uma estratégia de integração de sistemas multiagentes e ambientes virtuais tridimensionais e exemplifica a viabilidade dessa integração através do desenvolvimento de um jogo com características de “Serious game”. Este jogo visa estimular as funções cognitivas, tais como atenção e memória e é voltado para pessoas portadoras de diferentes distúrbios neuropsiquiátricos. A construção do jogo foi apoiada em um processo de desenvolvimento composto por várias etapas: estudos teóricos sobre as áreas envolvidas, estudo de tecnologias capazes de apoiar essa integração, levantamento de requisitos com especialistas, implementação e avaliação com especialistas. O produto final foi avaliado por especialistas da área médica, que consideraram os resultados como positivos.

Palavras-chave: Estimulação cognitiva. Sistemas multiagentes. Realidade virtual.

ABSTRACT

Multi-agent systems are receiving increasing attention from researchers and developers of virtual games. The use of agents can control the performance of the user, adapting the interface and automatically changing the difficulty level of the task. This paper describes a strategy for integration of multi-agent systems and three-dimensional virtual environments and demonstrates the feasibility of this integration through the development of a game featuring the “Serious game”. This game aims to stimulate cognitive functions such as attention and memory and is designed for people with different neuropsychiatric disorders. The game construction was supported in a development process that consists of several stages: theoretical studies of the involved areas, the study of technologies that support this integration, requirements gathering with experts, implementation and evaluation specialists. The final product was evaluated by medical experts, who considered the results as positive.

Keywords: Cognitive stimulation. Multiagent systems. Virtual reality.

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	10
1	REALIDADE VIRTUAL	13
1.1	Definição	13
1.2	Características dos sistemas de Realidade Virtual	14
1.3	Dispositivos utilizados em Realidade Virtual	15
2	AGENTES	18
2.1	Características de um agente	19
2.2	Classificação de ambientes contendo agentes	21
2.3	A arquitetura BDI	22
2.3.1	<u>Cooperação e comunicação entre agentes</u>	23
2.3.2	<u>Plataforma JADE</u>	25
3	UMA PANORÂMICA NA ÁREA DE NEUROPSICOLOGIA	26
3.1	Sistema nervoso	27
3.2	Plasticidade cerebral	29
3.3	Reabilitação cognitiva	31
3.3.1	<u>Cognição</u>	31
3.3.2	<u>O processo de reabilitação cognitiva</u>	32
3.3.3	<u>Características da reabilitação cognitiva</u>	33
3.3.4	<u>Sistemas cognitivos primários</u>	34
3.3.5	<u>O uso da tecnologia no processo de reabilitação</u>	38
3.3.6	<u>Revisão das aplicações de RV na área de reabilitação cognitiva</u>	39
4	ESPECIFICAÇÃO, INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS, DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DO SMEC-3D – Sistema Multiagentes para Estimulação Cognitiva	47
4.1	Integração de tecnologias	48
4.2	Levantamento de requisitos	48
4.3	Modelagem do sistema	54
4.4	Implementação do SMEC-3D	60
4.4.1	<u>Processo de instalação e integração das ferramentas</u>	61
4.4.2	<u>Interação entre os agentes</u>	63
4.4.3	<u>Implementação das cenas</u>	66
4.5	Avaliação do AV desenvolvido	71
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
	REFERÊNCIAS	77

INTRODUÇÃO

Recentemente, Sistemas Multiagentes (SMA) vêm sendo integrados em diferentes sistemas aplicados a diversos domínios do conhecimento. Em geral, os agentes desenvolvem estratégias de automação, reduzindo a necessidade de intervenção humana para controlar a execução de processos e testes de software.

Em paralelo, a tecnologia de Realidade Virtual (RV) vem ampliando sua utilização em variadas áreas, impulsionada pela baixa dos preços dos equipamentos e aumento da capacidade de processamento gráfico.

A saúde é uma das áreas que vem sendo mais fortemente contemplada com aplicações da tecnologia de RV, que ajudam no estudo, no diagnóstico e no tratamento de muitas doenças (MACHADO et al., 2011). Nestes casos, ambientes virtuais tridimensionais (3D) oferecem oportunidades de desenvolvimento de atividades de maneira mais motivadora e facilitam a repetição de tarefas em cenários lúdicos, que não oferecem riscos para os usuários.

Nesses contextos, tem havido um interesse crescente pela utilização de jogos, facilitando, principalmente, os processos educacionais em ambientes realistas e interativos. Atualmente, o termo *Serious Games* (jogos com propósitos específicos) é utilizado para se referir aos jogos computacionais que visam à formação e treinamento de pessoas e/ou profissionais buscando simular situações do cotidiano (MACHADO et. al., 2011). Segundo esses autores, a medicina é uma das áreas que mais tem explorado o potencial dos *Serious Games*.

Entretanto, observa-se que, em geral, estes jogos ainda não aproveitaram as oportunidades disponibilizadas pela Inteligência Artificial, que possui uma ampla gama de técnicas que facilitam a interação humano-computador.

Diante disso, o objetivo dessa dissertação é integrar as tecnologias de Realidade Virtual e Sistemas Multiagentes, exemplificando a solução proposta através do desenvolvimento de um ambiente virtual, o SMEC-3D (Sistema Multiagente para Estimulação Cognitiva). Esse produto integra vários agentes em um ambiente 3D, possui características de *Serious games* e visa estimular as funções cognitivas de memória e atenção de pessoas com diferentes tipos de distúrbios neuropsiquiátricos. Nesse ambiente, o grupo de agentes será responsável

por gerenciar e monitorar o desempenho de indivíduos em atividades lúdicas e motivadoras.

Nos últimos anos, a RV tem sido amplamente utilizada para a estimulação cognitiva, obtendo resultados bastante positivos (MEIJER et. al., 2009) (ATTREE et. al., 2009) (JOSMAN et. al., 2008). Entretanto, esses sistemas demandam constantes intervenções dos terapeutas para mudar as atividades de acordo com o desempenho do usuário. Em geral, os sistemas existentes não realizam esse controle de forma automatizada.

A integração de estratégias dos SMA em ambientes 3D poderia ampliar as possibilidades de oferta de tarefas e de controle do desempenho dos usuários nesses sistemas. Neste caso, o usuário poderia se sentir mais independente e o terapeuta teria possibilidades de acompanhar o seu desempenho através de relatórios e de mensagens enviadas pelo sistema. Além disso, os indivíduos tendem a usar os jogos para se divertir e são, portanto, mais motivados para continuar o tratamento (BERGER-VACHON, 2006).

Especificamente, na área de RV aplicada na área de saúde, não foram encontrados trabalhos que integrassem essas duas tecnologias. Portanto, este trabalho tem como maior contribuição a integração de tais tecnologias em ambientes virtuais 3D desenvolvidos para a Reabilitação Cognitiva.

O presente trabalho está organizado em seis capítulos, iniciando-se por esta introdução. Os três capítulos que se seguem constituem a base teórica da dissertação: o capítulo 1 apresenta uma descrição de aspectos associados à Realidade Virtual; o capítulo 2 descreve conceitos, características e aplicações de Sistemas Multiagentes; e no capítulo 3 é apresentada uma revisão dos principais conceitos relacionados à Neuropsicologia, com destaque para os aspectos ligados à Reabilitação Cognitiva e para os sistemas aplicados a esta área. O capítulo 4 apresenta o processo de desenvolvimento que foi utilizado nesta pesquisa, ressaltando questões associadas ao levantamento de requisitos do software, à integração de tecnologias bem como uma avaliação do produto. O capítulo 5 apresenta as considerações finais sobre o trabalho desenvolvido e as perspectivas futuras; e por último encontram-se as referências utilizadas.

Os estudos realizados para o desenvolvimento desta dissertação geraram trabalhos em eventos reconhecidos, que nos forneceram comentários fundamentais

para a sua construção. Como produto desta dissertação temos as seguintes publicações:

- Os estudos iniciais para a definição do tema de tese gerou o seguinte artigo: ABREU, P. F.; COSTA, R. M. E. M., 2010. Uma Proposta de Ambiente Virtual para a educação médica baseada em casos. In: Fórum de Ciência e tecnologia da UERJ, Rio de Janeiro. Ed UERJ, pp. 315-321.

- Em seguida, as primeiras definições da dissertação, principalmente associadas às definições das tecnologias a serem utilizadas para a integração dos agentes no ambiente 3D, gerou um trabalho que será apresentado em um congresso internacional, HCII, que tem a publicação em Lectures Notes em Computer Science, a ser realizado em julho de 2011, em Orlando: ABREU, P. F.; CARVALHO, L. A.; WERNECK, V. M.; COSTA, R. M. E. M., 2011. Integrating Multi-agents in a 3D Serious Game Aimed at Cognitive Stimulation. In: Humam-Computer Interaction International 2011, Lecture Notes in Computer Science.

- Finalmente, resultados do trabalho já com as etapas de modelagem e a primeira avaliação realizadas foram publicadas em um evento nacional: ABREU, P. F.; CARVALHO, L. A.; WERNECK, V. M.; COSTA, R. M. E. M., 2011. Employing Multi-Agents in 3-D Game for Cognitive Stimulation, In: XIII Symposiym on Virtual and Augmented Reality, Uberlândia, Ed SBC. (Este artigo estará indexado na Biblioteca Digital da IEEE e ficou entre os melhores artigos do Symposium on Virtual and Augmented Reality 2011, tendo sido submetido a convite uma versão estendida para a revista Computers & Graphics).

1 REALIDADE VIRTUAL

Os computadores e as tecnologias associadas vêm sendo utilizados nas mais diversas áreas do conhecimento. Dentre elas a Realidade Virtual se destaca por ampliar as possibilidades sensoriais envolvidas na interação homem-máquina. Este capítulo apresenta uma breve descrição da RV, suas características e dispositivos de utilização.

1.1 Definição

O termo Realidade Virtual foi proposto em meados dos anos 80 e foi formulado por Jaron Lanier, que sentiu a necessidade de um termo para diferenciar as simulações tradicionais por computação, dos mundos digitais que ele tentava criar (BURDEA; COIFFET, 2003).

Diversas são as definições existentes para a RV, as quais variam de acordo com a experiência e ponto de vista de cada pesquisador. Segundo Craig et al. (2009), a realidade virtual é uma simulação computacional que cria uma imagem do mundo, que é percebida pelos nossos sentidos da mesma forma que percebemos o mundo real. Burdea e Coiffet (2003) definem a Realidade Virtual como uma interface usuário-máquina de alta qualidade que envolve simulação em tempo real e interação através de múltiplos canais sensoriais. Kirner e Kirner (2011) consideram que a definição da RV é atualizada em função da evolução tecnológica e que atualmente, a RV sofre influências diretas da multiplicidade de plataformas e da viabilização de software capazes de tratar os elementos multisensoriais, apoiados em alto padrão gráfico, sonoro, de tato e força.

Com aplicação na maioria das áreas do conhecimento e com um enorme investimento das indústrias na produção de hardware, software e dispositivos de E/S especiais, a realidade virtual vem experimentando um crescente desenvolvimento nos últimos anos.

1.2 Características dos sistemas de Realidade Virtual

Um ambiente virtual (AV) pode ser definido como um ambiente interativo, multisensorial, imersivo que é gerado por um computador e disponibilizado através de um sistema de realidade virtual.

Segundo Martins (2000) e Vince (2004), um ambiente virtual deve possuir características que o torne:

- Sintético: o ambiente deve ser gerado em tempo real por um sistema computacional;
- Tri-dimensional: o ambiente que envolve o usuário deve ser representado em três dimensões e também deve passar a impressão, através de recursos, que possui profundidade e que o usuário pode mover-se através dele;
- Multisensorial: o ambiente deve ser representado por mais de uma modalidade sensorial, como por exemplo: visual, sonora, espacial, entre outros;
- Imersivo: relaciona-se com o sentimento de estar dentro do ambiente, o que pode ser obtido através do uso de dispositivos específicos como capacetes, luvas, entre outros;
- Interativo: característica que permite ao computador detectar as ações do usuário e modificar instantaneamente o mundo virtual e as reações sobre ele;
- Realístico: refere-se à precisão do ambiente virtual para reproduzir os objetos reais, as interações com usuários e o modelo do ambiente;
- Com presença: é uma característica em que o ambiente deve proporcionar ao usuário a sensação de que este está fisicamente dentro do ambiente virtual.

Um aspecto fundamental para a geração de sensações próximas às do mundo real, envolve a projeção de imagens estereoscópicas. A estereoscopia é um fenômeno natural que ocorre no processo de visão do ser humano, onde cada olho tem uma pequena variação no ângulo de observação. O cérebro funde essas duas imagens, e nesse processo, obtém informações relacionadas à profundidade, distância, posição e tamanho dos objetos, gerando a visão 3D (BURDEA, 2003).

Para alcançar essas características é necessário o apoio de equipamentos específicos, que são descritos a seguir.

1.3 Dispositivos utilizados em Realidade Virtual

Com o objetivo de oferecer oportunidades de imersão em ambientes virtuais, diversos são os equipamentos utilizados. Grande parte das aplicações de RV estimula vários sentidos, principalmente a visão. Cada tipo de hardware de RV é responsável por gerar esses estímulos. Os dispositivos de RV podem ser classificados como: convencionais, que são os periféricos usuais, tais como monitor de vídeo e caixa de som, entre outros; e não-convencionais, que são responsáveis por gerar as experiências mais ricas da RV, já que possuem uma combinação de tecnologias que oferecem efeitos imersivos mais intensos (COSTA; RIBEIRO, 2009).

Os dispositivos de entrada possibilitam ao usuário interagir com os objetos e personagens que compõem as cenas virtuais. Eles são divididos em: dispositivos de interação, que proporcionam ao usuário a movimentação e manipulação de objetos presentes no ambiente virtual como mouse, teclado e joysticks, e dispositivos de rastreamento, que monitoram partes do corpo do usuário capturando seus movimentos e possibilitando que os sistemas gerem respostas a essas ações. (COSTA; RIBEIRO, 2009).

Em geral, os equipamentos não-convencionais são os responsáveis por possibilitar as experiências imersivas mais intensas. Dentre os mais utilizados e mais acessíveis, destacam-se:

- Head Mounted Displays (HMD)

O capacete de imersão é considerado um dos dispositivos de interface desenvolvidos para RV mais populares, por ser o dispositivo com maior capacidade de isolar o usuário do mundo real. Constitui-se basicamente de uma ou duas pequenas telas e um conjunto de lentes especiais (Figura 1.1). O HMD funciona como dispositivo de saída, proporcionando a visualização do ambiente, e também como dispositivo de entrada, por possuir sensores de rastreamento que capturam a posição e orientação da cabeça e as transmite ao computador (COSTA; RIBEIRO, 2009).



Figura 1.1 - Representação de HMD
Fonte: VIRTUAL REALITIES, 2010

- CAVES

Uma CAVE corresponde a uma sala em que as paredes, chão e teto são superfícies de projeção de imagens (Figura 1.2). Para obter um bom resultado com o uso de CAVES torna-se essencial que as projeções e as bordas das imagens estejam sincronizadas e alinhadas para que as junções das projeções de cada lado não sejam perceptíveis (COSTA; RIBEIRO, 2009).

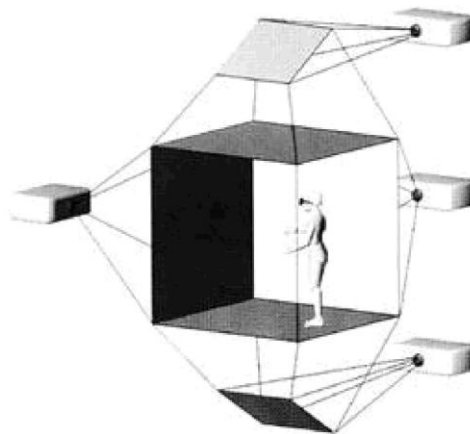


Figura 1.2 - Representação do funcionamento de uma CAVE
Fonte: CRUZ-NEIRA et.al, 1992.

- Luvas de Dados

Dispositivos que permitem o reconhecimento dos movimentos dos dedos das mãos do usuário, através do uso de vários tipos de sensores: magnéticos, mecânicos, óticos e acústicos. Adicionalmente, as luvas podem localizar a mão do

usuário no espaço através de sensores de movimento (MACHADO, 2010). A Figura 1.3 apresenta um modelo de luva de dados.



Figura 1.3 - Luva de Dados de Fibra Ótica
Fonte: VIRTUAL REALITIES, 2010.

- Dispositivos Hápticos

Dispositivos que possuem sensores e atuadores embutidos, permitindo monitorar as ações do usuário e fornecer-lhe sensação tátil e/ou de força (BURDEA; COIFFET, 2003). Na figura 1.4 pode ser visualizado um exemplo de dispositivo háptico.



Figura 1.4 - Exemplo de dispositivo háptico
Fonte: TORI et. al., 2006.

Atualmente, o barateamento dos equipamentos de projeção e das televisões 3D têm ampliado as oportunidades de projeções estereoscópicas de ambientes virtuais.

2 AGENTES

Nos últimos anos, a abordagem de agentes inteligentes vem sendo amplamente analisada e utilizada em diversas sub-áreas da Ciência da Computação, tais como Inteligência Artificial (IA), Redes de Computadores (RC), Sistemas de Informação (SI) e Computação Gráfica (CG) (OSÓRIO et. al., 2004).

Apesar do crescimento do número de estudos e experimentos realizados com agentes, ainda não se tem um consenso sobre a definição dos mesmos. Uma definição inicial proposta por Ferber e Gasser (1991), reconhece um agente como uma entidade real ou abstrata que possui a capacidade de agir sobre ela mesma e sobre seu ambiente. Wooldridge (2009), afirma que um agente computacional é considerado um sistema autônomo que busca formas de atingir metas pré-estabelecidas em um ambiente real ou virtual. Já Russell e Norvig (2009) definem um agente como um sistema capaz de perceber as informações de seu ambiente através de sensores e de agir sobre o mesmo por meio de atuadores. Esta ideia pode ser visualizada através da figura 2.1.

Quando a complexidade das tarefas a serem consideradas em um sistema é grande, muitas vezes, se faz necessário definir uma coleção de agentes que irão trabalhar em conjunto, para alcançar os objetivos almejados. Neste caso, o sistema pode ser denominado de Sistema Multiagente. Logo, Sistemas Multiagentes (SMA) são constituídos de dois ou mais agentes onde cada um deles possui um conjunto de capacidades e ações de forma a atingirem seus objetivos (REIS, 2003).

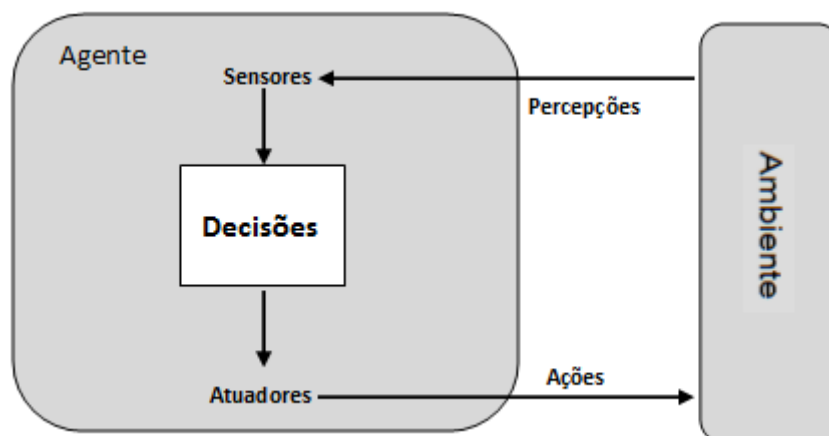


Figura 2.1 - Interação entre Agentes e Ambiente
Fonte: Adaptado de RUSSEL; NORVIG, 2009.

2.1 Características de um agente

Um agente pode possuir uma série de características. Segundo Wooldridge (2009), o único consenso existente na comunidade de Sistemas Multiagentes refere-se ao fato de que todo agente deve possuir autonomia, ou seja, a capacidade de gerenciar seu estado interno e suas ações, de forma a atingir seus objetivos, sem a intervenção humana. Um agente pode possuir outras características, as quais possuem um grau de importância que varia de acordo com o domínio em questão. Algumas delas são:

- Reatividade: refere-se à propriedade que permite aos agentes perceberem seus ambientes e responderem adequadamente às alterações neles ocorrida;
- Pró-atividade: com posse dessa característica, um agente é capaz de tomar iniciativa para atingir seus objetivos, e não apenas agir em resposta ao seu ambiente;
- Adaptabilidade: os agentes são capazes de adaptar-se à mudanças ocorridas no ambiente em que estão inseridos;
- Comunicabilidade: capacidade de um agente interagir com outro(s) utilizando a troca de informações;
- Racionalidade: capacidade de decidir que decisões tomar e justificá-las;
- Mobilidade: os agentes são capazes de migrar de uma plataforma a outra ou se mover entre redes de comunicação.

Considerando os variados aspectos que caracterizam um SMA, diversas são as formas possíveis de classificar um agente. Com relação à inteligência, os agentes podem ser classificados em (WOOLDRIDGE, 2009):

- Agentes Reativos: são agentes simples que se baseiam no modelo estímulo-resposta, reagindo às alterações do ambiente. Estes agentes não possuem memória e dessa forma são incapazes de planejarem ações futuras (BIGUS; BIGUS, 2001). A ideia desta arquitetura é que um comportamento global inteligente é alcançado a partir da interação de diversos comportamentos simples.

- Agentes Deliberativos ou Cognitivos: baseiam-se nos modelos de organização humana tais como comunidades e hierarquias. Estes agentes podem interagir com outros agentes através de linguagens e protocolos de mensagens complexos. Possuem representação explícita do ambiente, dos membros da comunidade e podem raciocinar sobre ações tomadas no passado e planejar ações futuras. Em geral, possuem alta complexidade computacional (RUSSELL NORVIG, 2009).

- Agentes Híbridos: são agentes que possuem componentes das arquiteturas reativas e cognitivas, ou seja, não puramente reativos nem cognitivos. (RUSSELL NORVIG, 2009)

Os SMA podem ser reativos, quando todos os agentes que o compõem são reativos; SMA deliberativo ou cognitivo, quando é constituído somente por agentes cognitivos; e SMA híbrido, quando é composto tanto por agentes reativos quanto por agentes cognitivos.

2.2 Classificação de ambientes contendo agentes

Um agente é um sistema que está situado em um determinado ambiente, sobre o qual o agente possui percepção e a partir da mesma executa uma série de ações. Dessa forma, as características desse ambiente são essenciais na definição da arquitetura do agente. Segundo Russel e Norvig (2009) um ambiente pode ser classificado como:

- Acessível ou inacessível: um ambiente é considerado acessível quando o agente pode obter, através de seus sensores, informações do mesmo. Caso contrário, este ambiente é considerado inacessível.

- Determinístico ou não-determinístico: Um ambiente determinístico é aquele em que cada ação sempre produzirá um efeito único, não havendo qualquer dúvida sobre o resultado da sua execução.

- Estático ou Dinâmico: Em um ambiente estático, o mesmo permanece inalterado enquanto o agente está decidindo qual o próximo passo a ser executado. Já em um ambiente dinâmico, outros agentes estão atuando simultaneamente e assim alterações no ambiente estão sujeitas a ocorrer de acordo com a atuação de cada agente.

- Discreto ou contínuo: Um ambiente é dito discreto quando possui um número finito de ações e percepções sobre o mesmo. Caso contrário, ele é dito contínuo.

Com o objetivo de obter a padronização dos SMAs criou-se a Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA) em 1996, que é uma associação internacional sem fins lucrativos que possui como objetivo produzir padrões de especificação de software para sistemas heterogêneos, interação de agentes e sistemas com base em agentes (FIPA, 2004).

De acordo com a FIPA (2004), uma plataforma de agentes (AP) fornece uma infra-estrutura física onde os agentes são implementados. Uma AP é composta de um ou mais computadores, sistema operacional, um software de apoio aos agentes, de componentes FIPA de gestão de agentes – directory facilitator (DF), agent management system (AMS) e message transport system (MTS) – e dos agentes em questão.

Segundo a FIPA (2004), um agente é o componente principal de AP que disponibiliza um ou mais serviços. Cada agente deve ser identificado de forma única no seu ambiente utilizando para isso um agent identifier (AID).

A comunicação entre os agentes é realizada através de mensagens baseadas em Agent Communication Language (ACL), padrão que define uma linguagem comum de mensagem entre os agentes.

O message transport system (MTS) é o método padrão de comunicação entre os agentes em plataformas locais ou remotas.

Para definir o modelo de ações dos agentes é necessário definir uma coleção de parâmetros que possam definir suas ações a partir da combinação de estímulos recebidos. O modelo mais difundido é conhecido como Arquitetura BDI (Beliefs, Desires and Intentions), que é descrita brevemente a seguir.

2.3 A arquitetura BDI

A arquitetura BDI está fundamentada na Teoria Intencional de Daniel Dennett (1987), a qual busca explicar o comportamento humano com base em três estados mentais: crenças, desejos e intenções. Tal arquitetura descreve o processamento interno dos estados de um agente com base nesses estados mentais e em novas visões através de planos e objetivos.

As crenças representam o possível conhecimento do agente acerca de si próprio, de seu ambiente e de outros agentes.

Os desejos relacionam as metas a serem atingidas em um dado período de tempo, motivando o agente a agir a fim de realizar suas metas.

Os objetivos representam um subconjunto dos desejos. Quando um agente decide atingir um objetivo, este passa a ser uma intenção, que representa um subconjunto dos objetivos.

Os planos representam uma forma de atingir estados do ambiente, ou seja, especificam um meio para atingir certos desejos e as alternativas disponíveis para os agentes.

Em um SMA, cada agente possui conhecimentos especializados e para que estratégias de solução possam ser desenvolvidas a partir desses conhecimentos, torna-se necessário que mecanismos de comunicação e cooperação entre os agentes sejam estabelecidos, além de uma forma de coordenação de seus comportamentos.

2.3.1 Cooperação e comunicação entre agentes

Todo o processo de resolução de problemas em um SMA depende de mecanismos de cooperação. Porém, para que exista cooperação torna-se essencial a adoção de mecanismos de comunicação e coordenação dos agentes. A figura 2.2, uma adaptação de Brenner (1998), apresenta um esquema resumido da cooperação em SMA.

Cooperação	Estratégias	
	Protocolos	
Comunicação	Quadro de Avisos	Troca de Mensagens
	Protocolos	

Figura 2.2 - Cooperação em um SMA
 Fonte: BRENNER, 1998

A comunicação entre os agentes é dividida em duas camadas: a camada de protocolo, onde é definido como o conhecimento é passado entre os agentes, e a camada de métodos de comunicação, responsável pela forma como as informações são trocadas.

Os protocolos e estratégias de cooperação são construídos com base nos mecanismos de comunicação e são essenciais para a definição de qual momento, de que forma e que agente deve agir na solução de um dado problema (GOMES, 2003). Através da comunicação, as informações são trocadas entre os agentes. Segundo Brenner (1998), os métodos de comunicação podem ser classificados em dois tipos: o quadro de avisos e as trocas de mensagens.

- Quadro de avisos

Um quadro de avisos pode ser também denominado de quadro negro, em que existe uma área de trabalho comum entre todos os agentes e eles podem trocar informações, dados e conhecimentos.

Quando um agente escreve alguma informação no quadro negro as ações de comunicação são iniciadas. Os agentes podem acessar o quadro negro em qualquer situação visando buscar novas informações ou alterações. Eles não lêem todas as informações contidas no quadro negro, buscam apenas aquelas que estão relacionadas à sua área de trabalho.

Uma representação de um quadro de avisos pode ser visualizada na figura 2.3.

Um sistema multiagentes pode possuir diversos quadros negros que podem ser administrados para que haja um controle de acesso por parte dos agentes, isto é, para que nem todos os agentes tenham permissão de acessar um quadro específico.

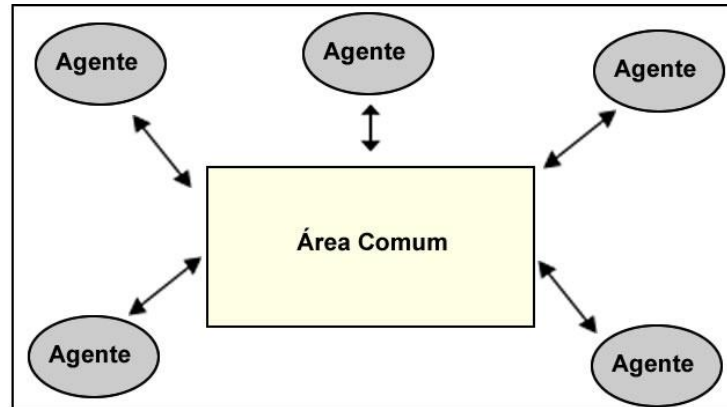


Figura 2.3 - Representação de um quadro de avisos

Em casos de SMA com uma grande quantidade de agentes, o número de dados escritos no quadro de avisos cresce exponencialmente e a busca por informações específicas torna-se muito lenta (BRENNER, 1998). Com base nisso, os sistemas baseados em trocas de mensagens vêm sendo cada vez mais utilizados.

- Troca de mensagens

Na comunicação entre agentes utilizando mensagens, diferentemente dos sistemas que adotam o quadro de avisos, as informações são trocadas diretamente entre os agentes. Um agente, o emissor, envia uma mensagem a um outro agente, o receptor. A figura 2.4 representa o conceito de troca de mensagens.

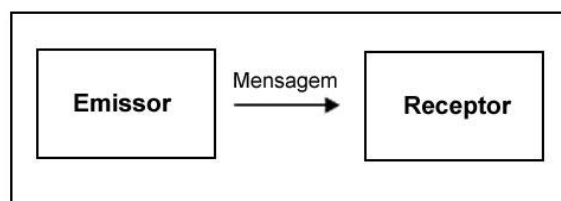


Figura 2.4 - Troca de mensagem entre agentes

Para que a implementação de estratégias de cooperação possa se beneficiar da troca de mensagens torna-se necessário que um protocolo de comunicação seja definido. A FIPA (FIPA, 2004) estabelece a linguagem ACL para a comunicação entre os agentes. Através dessa linguagem, a descrição da mensagem, seu modelo semântico e os protocolos de interação utilizados são especificados.

Com o objetivo de facilitar a implementação de Sistemas Multiagentes, diversas ferramentas foram desenvolvidas para oferecer suporte a esse tipo de Sistema. Dentre elas, destaca-se a plataforma JADE - Java Agent Development Framework (JADE, 2010), que segue os padrões estabelecidos pela FIPA.

2.3.2 Plataforma JADE

JADE é uma plataforma totalmente implementada em JAVA que fornece uma infra-estrutura para o desenvolvimento de SMA com base no padrão FIPA. Ela foi desenvolvida e suportada pelo CSELT (Centro Studi E Laboratori Telecomunicazioni) da Universidade de Parma na Itália. A principal finalidade da plataforma é simplificar e facilitar o desenvolvimento de SMA visando garantir um padrão de interoperabilidade entre sistemas multiagentes através de um abrangente conjunto de agentes de serviços de sistema, os quais tanto facilitam, como permitem a comunicação entre agentes, seguindo as especificações da FIPA (JADE,2010). Tal conjunto de agentes de serviços é composto por serviço de nomes e páginas amarelas, transporte de mensagens, serviços de codificação e decodificação de mensagens e uma biblioteca de protocolos de interação (padrão FIPA) disponível para ser utilizada. A comunicação entre agentes é feita via troca de mensagens e todos os aspectos que não compõem o agente e que independem das aplicações tais como transporte de mensagens, codificação e interpretação de mensagens e ciclo de vida dos agentes são disponibilizados pela plataforma (JADE, 2010).

3 UMA PANORÂMICA NA ÁREA DE NEUROPSICOLOGIA

A neuropsicologia é uma área em crescente expansão, originada da junção da Psicologia e Neurologia, que estuda as relações entre o cérebro e o comportamento humano. Bueno et. al. (2004) definem a neuropsicologia como uma interface ou aplicação da neurologia e psicologia nas relações entre o cérebro e o comportamento humano, constituindo uma área das neurociências. A neuropsicologia possui como objetivo relacionar o funcionamento cerebral com as funções cognitivas, tais como atenção, percepção, memória, linguagem, entre outras (CORRÊA, 2009). Com a finalidade de entendermos esta relação faz-se necessário conhecermos o funcionamento básico do cérebro e de todo Sistema Nervoso e como ocorre o processo de Cognição.

O corpo humano é formado por quatro tipos de tecidos fundamentais: tecido epitelial, tecido nervoso, tecido conjuntivo e tecido muscular (PAULINO, 2003). Dentre estes tecidos, o tecido nervoso possui grande destaque por se estender por praticamente todo o corpo, constituindo em uma grande unidade anatômica e funcional a qual se denomina Sistema Nervoso. Um dos principais e mais conhecidos componentes do Sistema nervoso é o cérebro, que desafia sucessivas gerações de pesquisadores na busca por aspectos associados ao seu desenvolvimento, suas funções e suas relações com os processos comportamentais e cognitivos (COSENZA; FUENTES; MALLOY-DINIZ, 2008).

O avanço tecnológico vem contribuindo significativamente para o desenvolvimento de pesquisas nesse campo. Estudos sobre a capacidade de regeneração do cérebro após algum acidente ou doença vêm ganhando grande destaque e se beneficiando com o uso das tecnologias. Dentre as tecnologias utilizadas destaca-se a tomografia computadorizada, tomografia por emissão de pósitrons e a ressonância magnética. Pesquisas desenvolvidas por Snowdon (2003) com freiras católicas que viviam em um convento no norte dos Estados Unidos, apresentaram fatos que sustentam a teoria da estimulação cerebral. As freiras que viveram mais e que apresentavam melhor saúde mental eram na maioria das vezes, aquelas que praticavam atividades tais como pintura, ensino e palavras cruzadas, as quais exigiam um constante "exercício mental". Uma possibilidade é que todos os estímulos que nos proporcionam experiências diferentes liberam hormônios que

libertam os neurônios em estado germinal. Esses estudos mostram que funções cerebrais perdidas após uma lesão cerebral podem ser mediadas por partes adjacentes do tecido nervoso, as quais não foram lesionadas. Esta característica é denominada de plasticidade cerebral (KANDEL,2003),(KOLB, 2002).

Com o objetivo de explorar a plasticidade cerebral, que integra fatores e funções associados ao Sistema Nervoso, a seguir é apresentada uma breve descrição da organização e dos elementos que o compõem.

3.1 Sistema nervoso

O sistema nervoso é responsável pela integração do organismo com o seu meio ambiente. Divide-se em Sistema Nervoso Central (SNC) e Sistema Nervoso Periférico. Sua divisão anatômica pode ser visualizada na figura 3.1.

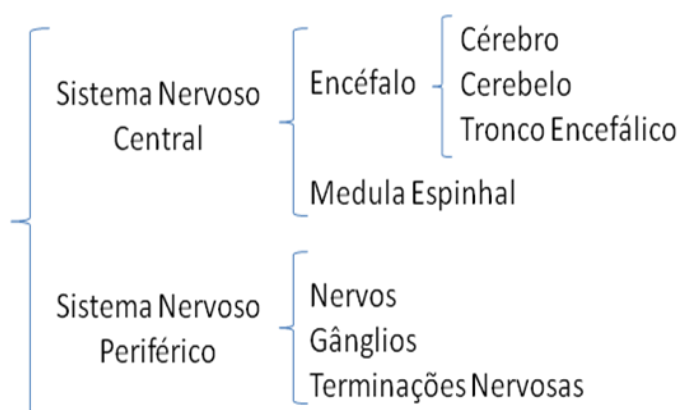


Figura 3.1 - Divisão do Sistema Nervoso
Fonte: MACHADO, 2000.

O Sistema Nervoso Central é constituído do encéfalo – massa nervosa situada na caixa craniana – e pela medula espinhal – filamento nervoso que percorre o interior do canal da coluna vertebral, enquanto o Sistema Nervoso Periférico consiste de uma rede de nervos que estabelece as relações entre o SNC e os diversos órgãos do indivíduo. Esses sistemas se comunicam através de ondas de excitação, também denominadas de impulsos nervosos (PAULINO, 2003). Na figura 3.2 pode ser visualizada uma estrutura simplificada do Sistema Nervoso Central.

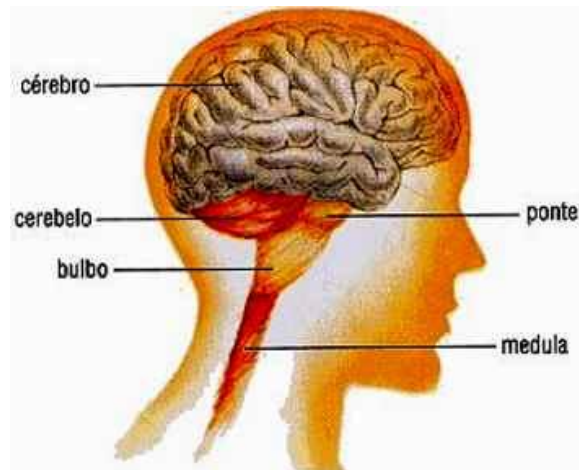


Figura 3.2 - Representação de Estruturas do Sistema Nervoso
 Fonte: <http://www.afh.bio.br/nervoso/nervoso3.asp>

O sistema nervoso é formado por células nervosas, conhecidas como neurônios, responsáveis pela condução dos impulsos nervosos por toda a extensão deste sistema. Os neurônios possuem sua saúde e sustentação controladas pelos gliócitos, que além de realizarem essa função, também auxiliam na construção do tecido nervoso durante o seu desenvolvimento (LENT, 2004).

Os neurônios consistem de um corpo celular com um longo prolongamento, o axônio, e outros prolongamentos menores, os dendritos. Os dendritos são responsáveis por captar impulsos, enquanto o axônio é responsável por transmitir mensagens a um grupo de neurônios. A estrutura anatômica dos neurônios pode ser visualizada na figura 3.3.

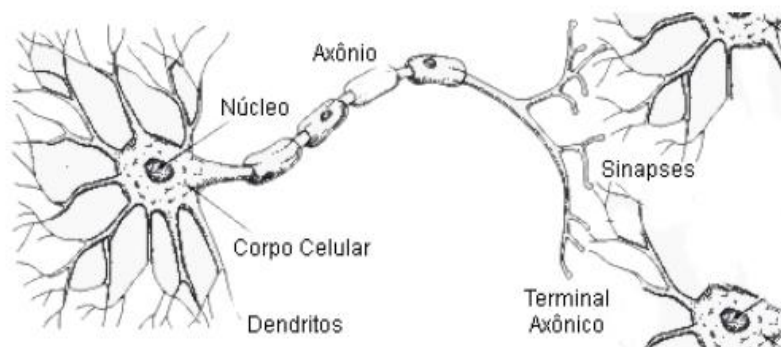


Figura 3.3 - Estrutura anatômica de um neurônio
 Fonte: LEVINE; SHEFNER, 2000.

A transmissão de impulsos entre neurônios é realizada através das sinapses, que são ligações dos ramos de um axônio de um determinado neurônio com dendritos ou com o corpo celular de outro neurônio. Essa transmissão entre neurônios ocorre através de processos eletroquímicos (KANDEL, 1991).

Como já citado anteriormente, o cérebro é um dos principais componentes do Sistema Nervoso. Este elemento é considerado uma estrutura complexa e não homogênea, podendo ser classificado a partir de diversos critérios. Tendo como base uma classificação anatômica, o cérebro é dividido em dois hemisférios: esquerdo e direito. A estruturação desses hemisférios ocorre de forma semelhante, porém cada lado está associado com o tratamento de diferentes tipos de informações. No sistema nervoso são diversas as funções e regiões existentes. No entanto, cada região busca realizar a sua parte de forma a contribuir para a integração funcional do sistema.

Dentre as funções relacionadas ao sistema nervoso, destacam-se memória, atenção e concentração. Quando uma área associada a alguma dessas funções é lesionada pode ocorrer a perda total ou parcial delas além do comprometimento de outras áreas.

Até meados do século passado, acreditava-se que os neurônios não possuíam a capacidade de se dividirem. Dessa forma, nada poderia ser feito quando as conexões e os neurônios eram perdidos devido à ocorrência de lesões. Entretanto, pesquisas recentes demonstram que apesar de o cérebro de um adulto ser capaz de multiplicar poucas de suas células, ele é capaz de responder a estímulos externos de forma a adaptar e modificar as interações entre os neurônios. Isso significa que o cérebro possui a capacidade de plasticidade cerebral (GAZZANIGA; HEATHERTON, 2005).

3.2 Plasticidade cerebral

A plasticidade cerebral é a denominação utilizada para referenciar a capacidade adaptativa do sistema nervoso central, ou seja, as habilidades para modificar sua organização estrutural e funcional. (KANDEL; SCHAWARTZ, 2003)

Segundo Kolb e Whishaw (1989), as pesquisas em plasticidade neural podem ser divididas em três categorias gerais: (a) metabólicas, que observam modificações da atividade metabólica em áreas corticais e subcorticais; (b) neuroquímicas, que possuem como foco as alterações nas sinapses; e (c) morfológicas, que caracterizam e evidenciam as modificações na estrutura das sinapses e dos neurônios.

Quando o cérebro sofre traumatismos ou doenças graves, podem ocorrer perdas neuronais no sistema nervoso. Como resultado dessas lesões, observa-se a ocorrência de danos motores e cognitivos. Por esses motivos, diversos estudos sobre a recuperação de funções após lesões cerebrais, que exploram as técnicas de análise de casos clínicos e utilizam modelos animais, foram alvo de muitos pesquisadores (CUELLO, 1997) (FINGER; ALMLI, 1982) (GESCHWIND, 1984) (STEIN; FINGER; HART, 1983) (LENT, 2004).

Atualmente, os trabalhos neste domínio estão sendo impulsionados pelas novas técnicas exploradas nas pesquisas moleculares e pelas imagens tridimensionais geradas em tomografias computadorizadas e ressonâncias magnéticas. Estas tecnologias têm possibilitado observar que o cérebro é capaz de responder a estímulos externos, adaptando-se e estabelecendo novas interações entre circuitos neuronais não atingidos pelas lesões. Esta capacidade do cérebro permite que o indivíduo aprenda novos comportamentos e adquira capacidade de memória, adaptando-se a mudanças ambientais (MARCUCCI; FILHO, 2006).

Neste caso, percebe-se que entre as funções cognitivas que são influenciadas pelas interações entre neurônios, as que têm uma maior possibilidade de serem alteradas a partir de estímulos externos são aquelas associadas ao aprendizado e à memória (COSTA, 2000). Estes estímulos podem ser realizados através de exercícios específicos, que podem ter uma abordagem mais tradicional, através do uso de testes e exercícios com o uso de lápis e papel, ou utilizar tecnologias mais atuais, com a ajuda do computador. A Reabilitação Cognitiva explora estas técnicas e busca recuperar funções cognitivas visando à reintegração social do indivíduo. A seguir, esta área é apresentada com mais detalhes.

3.3 Reabilitação cognitiva

Considerando como objetivo da área de Reabilitação Cognitiva a recuperação das funções cognitivas de um indivíduo, torna-se essencial compreender o conceito e aspectos relacionados à cognição.

3.3.1 Cognição

Parenté e Herrman (2003) definem cognição como um conjunto complexo de funções mentais, tais como: atenção, percepção, aprendizagem, compreensão, memória, raciocínio, entre outras. Estas funções permitem que o indivíduo compreenda e relacione-se com o mundo e seus componentes. Já Fonseca (2005) considera a cognição como um conjunto de estratégias de processamento da informação.

É possível perceber que a cognição, ou os processos cognitivos estão constantemente presentes na vida de cada indivíduo, seja nas atividades diárias mais simples, como em processos mais complexos. Portanto, para que um indivíduo tenha o desenvolvimento de sua vida social e profissional satisfatório faz-se necessário que suas funções cognitivas estejam funcionando corretamente. Em geral, o comprometimento de uma função gera impactos em outras funções.

Após uma lesão, o cérebro é capaz de se reorganizar consideravelmente, proporcionando a sustentação da recuperação funcional (SOHLBERG; MATEER a, 2001) e conseqüentemente, do processo de reabilitação. Tendo como suporte a plasticidade cerebral, a reabilitação cognitiva se estabelece como uma das abordagens, complementar a um possível tratamento farmacológico, para a recuperação das funções cognitivas dos indivíduos que sofreram algum tipo de lesão cerebral.

3.3.2 O processo de reabilitação cognitiva

Em um primeiro momento, o processo de reabilitação pode auxiliar o paciente a conscientizar-se sobre sua atual situação, ajudando-o a modificar sua autopercepção e a enfrentar sua nova realidade da melhor forma possível.

Segundo Gouveia et. al. (2001), o processo de reabilitação deve conter quatro fases: (1) triagem e avaliação neurológica; (2) avaliação neuropsicológica e apresentação de um plano de reabilitação; (3) tratamento e (4) alta e acompanhamento.

Pode-se dizer que a reabilitação tem como objetivo principal melhorar a qualidade de vida dos pacientes e também de seus familiares, de modo que o mesmo possa aproveitar da melhor forma possível as funções total ou parcialmente preservadas, auxiliando-o na utilização de estratégias compensatórias, na aquisição de novas habilidades e na adaptação às perdas permanentes (GOUVEIA et. al., 2001). Sohlberg e Mateer (2001b) sugerem que a reabilitação cognitiva é um processo terapêutico que visa ampliar ou aperfeiçoar a capacidade dos indivíduos para realizar processamento e utilização de informações recebidas, de forma a obter um melhor desempenho na vida cotidiana.

De acordo com o tipo de seqüela, a adaptação do paciente pode ocorrer de formas diferentes. No caso de seqüelas motoras, geralmente o paciente se adapta com mais facilidade. Já com relação às seqüelas cognitivas, as quais são consideradas mais imprevisíveis e de evolução variável, existe uma dificuldade maior do paciente em lidar com as novas limitações, ocasionando muitas vezes, uma recusa em realizar o tratamento.

Portanto, a reabilitação deve tratar não só as incapacidades físicas e cognitivas do paciente, mas contemplar também outros aspectos, tal como o suporte emocional. Para isso, o desenvolvimento de um plano de reabilitação é de suma importância para o bom andamento da recuperação deste indivíduo. Estimular o paciente a trabalhar colaborativamente na sua terapia pode ser uma motivação a mais para a sua adesão ao tratamento.

De uma forma geral, o processo de reabilitação cognitiva se inicia após a realização de uma avaliação médica por um neurologista. Posteriormente, uma análise a nível cognitivo e afetivo das deficiências ocasionadas pela lesão é

realizada pelo neuropsicólogo. Em seguida, através de instruções dos especialistas, o terapeuta responsável aplica os procedimentos específicos de estimulação das funções que se encontram debilitadas.

3.3.3 Características da reabilitação cognitiva

A Reabilitação Cognitiva está relacionada com diversos tipos de desordens e deficiências, onde se destacam as desordens de atenção e concentração, negligência espacial e visual, perda de memória, descontroles emocionais e de comportamento, entre outros (STRINGER, 1996).

As diversas abordagens existentes para a RC variam de acordo com a diversidade de critérios conceituais. Segundo Rizzo et. al. (2002), essas dimensões conceituais podem ser divididas em duas áreas gerais: a abordagem restauradora, que possui como foco a repetição sistemática dos processos cognitivos (atenção, memória, concentração, entre outros) e a abordagem funcional que enfatiza o treinamento gradual de comportamentos observáveis. O principal objetivo do enfoque restaurador é ensinar os indivíduos a planejar e idealizar os comportamentos, enquanto que a abordagem funcional busca ensinar as pessoas a realizar tarefas do dia-a-dia (MORGANTI, 2004).

Segundo Seager (2002), as deficiências relacionadas a cada abordagem têm sido muito debatidas. Os defensores da reabilitação restaurativa argumentam que os métodos da abordagem funcional produzem resultados inflexíveis, isto é, que restauram apenas a capacidade de fazer uma tarefa dentro de um contexto específico. Esse aprendizado não é generalizado com sucesso, mesmo para tarefas ou contextos semelhantes. Os defensores da abordagem funcional afirmam que enquanto a abordagem de restauração pode ser interessante na teoria, raramente é bem-sucedida na prática.

Outro conceito importante no âmbito da Reabilitação Cognitiva refere-se à generalização e transferência do aprendizado. A transferência é o processo em que se aplica o que foi aprendido a outro contexto similar. Já o conceito de generalização é o processo em que é possível aplicar o novo conceito aprendido em uma diversidade de novos contextos, explorando estratégias de memória e habilidades

de pensamento. Com isso, percebe-se que o processo de generalização é mais completo que o de transferência e o mesmo deve ser o foco de qualquer plano de reabilitação.

De acordo com o modelo de organização cerebral de Luria (1980), a recuperação de pessoas com lesões cerebrais pode ocorrer através de novas conexões que são estabelecidas a partir de exercícios de treino cognitivo sobre as funções que se encontram prejudicadas. Com isso, o treinamento cognitivo produz uma reorganização nos diversos níveis de integração cerebral, agilizando, assim, o processo de recuperação. Dessa forma, a reabilitação cognitiva a partir do retreino de processos cognitivos reduz os distúrbios de atenção, linguagem, memória, raciocínio, processamento visual, além de funções executivas.

Considerando como parte do processo de reabilitação o treinamento de funções cognitivas como atenção, memória, concentração, entre outras, torna-se fundamental conhecer o funcionamento desses processos cognitivos.

3.3.4 Sistemas cognitivos primários

Os sistemas cognitivos primários envolvem os processos de percepção, atenção, concentração e memória. Algumas dessas funções possuem forte relação entre si (PARENTE; HERRMANN, 2003)(STRINGER, 1996). Considerando a importância dessas funções na vida de cada pessoa, torna-se fundamental conhecê-las. A seguir, as funções cognitivas básicas são sucintamente descritas.

- Alerta

O estado de alerta envolve a capacidade do indivíduo em manter-se vigilante, estando apto a responder a eventos que ocorram no ambiente ao seu redor. O indivíduo que tem seu estado de alerta deficiente, geralmente possui sonolência, fadiga e dificuldade em permanecer desperto. Em muitos casos, o indivíduo pode ter alterações do seu estado de alerta devido ao uso de certos medicamentos (STRINGER, 1996).

- Atenção / concentração

Sternberg (2008) define a atenção como o fenômeno em que as pessoas processam informações obtidas através dos sentidos, memórias armazenadas e outras funções cognitivas. Esse processamento ocorre com uma quantidade limitada de dados, devido à limitação dos recursos mentais de cada indivíduo.

De acordo com Parenté e Herrmann (2003), a atenção é um processo mental complexo que possui as seguintes características: é seletiva, ou seja, é um processo preferencial que funciona para excluir certos aspectos do campo sensorial do indivíduo; é moduladora, pois envolve uma alocação de processos cognitivos da pessoa de acordo com a exigência de cada situação; possui sinalização e componentes de vigilância, o que significa que a atenção pode alertar o indivíduo para aspectos importantes do seu ambiente, permitindo que ele controle qualquer sobrecarga atencional que possa ocorrer.

A partir da atenção o indivíduo pode captar aspectos que aguçam seu interesse em atividades específicas e no espaço que o rodeia, ampliando a sua capacidade em gerar respostas rápidas e corretas aos estímulos recebidos.

Sternberg (2008) considera a atenção como uma função cognitiva formada por processos automáticos, os quais não envolvem o controle consciente dos mesmos e por processos controlados, em que o indivíduo possui controle consciente, que exige um esforço maior para sua execução.

A atenção pode ser classificada como:

- Atenção seletiva: refere-se à capacidade de responder a um estímulo específico mantendo sobre ele o foco da atenção, desconsiderando os elementos não relevantes (GAZZANIGA; HEATHERTON, 2005).

- Atenção sustentada: trata da capacidade de focar a atenção em um estímulo por um dado período e de perceber o surgimento de outro estímulo de interesse que exija reação imediata (DALGALARRONDO, 2008) (STERNBERG,2008).

- Atenção alternada: refere-se à capacidade de substituição de um estímulo-alvo por outro (STERNBERG,2008).

- Atenção dividida: é definida como a capacidade de dividir o foco de atenção em vários estímulos simultaneamente (STERNBERG,2008).

Os termos atenção e concentração são muitas vezes utilizados de forma indiscriminada por leigos e profissionais. Porém, neste trabalho, estes termos são

considerados distintos, onde a concentração inclui apenas um subconjunto dos processos envolvidos na atenção.

A concentração consiste em dirigir voluntariamente e intencionalmente os pensamentos e ações em direção a um estímulo ou vários estímulos. A concentração possui um sentido mais restrito do que o conceito de atenção, que inclui não só o direcionamento dos pensamentos de uma pessoa, mas também a capacidade de detectar e orientar os estímulos (STRINGER, 1996).

Os processos de atenção e concentração estão amplamente relacionados a outras funções cognitivas, como a percepção e memória.

- Percepção

Ao redor de cada indivíduo e no seu próprio organismo há uma enorme quantidade de estímulos e informações disponíveis. Neste contexto, a percepção se insere como um conjunto de processos através dos quais o indivíduo reconhece, organiza e compreende as sensações recebidas dos estímulos ambientais (STERNBERG, 2008).

A percepção está relacionada aos sentidos de cada pessoa e pode ser dividida em diversas modalidades, entre elas a percepção visual que ocorre através das informações que entram pelos olhos e a percepção auditiva, que está relacionada a todos os sons que recebemos através dos ouvidos (STERNBERG, 2008).

Dessa forma, percebe-se a importância do sistema sensorial de cada indivíduo e que em caso de falhas neste sistema haverá como consequência o comprometimento de outros processos cognitivos relacionados à percepção.

- Memória

De forma simplificada, a memória pode ser definida como o meio pelo qual é possível recorrer a fatos ocorridos em experiências passadas visando utilizá-las no momento em que se vive (STERNBERG, 2008). A qualidade das funções da memória pode ser avaliada pela forma como a informação foi processada, ativada, regulada e gerenciada, o que significa que a perda das informações influenciará a aprendizagem do indivíduo.

Deficiências no processo de memória podem ter diversas causas, como traumatismo crânio-encefálico, acidente vascular cerebral (AVC), uso de drogas, doenças degenerativas, entre outras (PARENTE; HERRMANN,2003).

Kolb e Whishaw (2008) afirmam que a memória não está localizada em nenhuma parte específica do cérebro, embora algumas áreas sejam as principais responsáveis pelo processamento da memória.

Diversos são os modelos de sistemas de memória propostos na literatura (KUPFERMANN,1991), (PARENTE; HERRMANN, 2003), (GRIEVE, 1993) (RAO, 1996), nos quais são considerados três níveis clássicos de memória: sensorial ou de curto-prazo, memória de trabalho e memória de longo-prazo.

A memória de curto-prazo retém por um curto tempo as informações recebidas.

A memória de trabalho é responsável por processar as informações para que as mesmas possam ser armazenadas e recuperadas de forma facilitada.

A memória de longo-prazo armazena, por um tempo maior, as informações processadas pela memória de trabalho. A memória de longo-prazo realiza as operações de armazenamento, esquecimento e recuperação.

As funções de percepção, atenção e memória são fundamentais para o bom desenvolvimento do indivíduo e também para realização de funções cognitivas mais complexas: as funções executivas.

- Funções executivas

Segundo Wagner (2006), “funções executivas” são processos cognitivos especializados que dependem de um processamento bastante complexo. Parenté e Herrmann (2003) definem o termo como um conjunto de habilidades relacionadas à definição de objetivos, planejamento de execução, resolução de problemas, transferência de competências recém-adquiridas para novas situações, entre outras. Na concepção de Royall et al. (2002), “funções executivas” são atividades cognitivas superiores, que auxiliam no alcance de objetivos futuros.

Pacientes com déficits deste tipo de função apresentam dificuldades de definição de prioridades e planos, perda de iniciativa, problemas em lidar com seu comportamento diante de outras pessoas, entre outros obstáculos. A identificação precisa desses déficits pode ser realizada através de testes neuropsicológicos. A

partir dos resultados desses testes é possível planejar um protocolo de tratamento, visando reabilitar as funções cognitivas que se apresentam deficitárias.

Em geral, os testes neuropsicológicos são utilizados para determinar o estado cognitivo e afetivo dos indivíduos e formular conclusões sobre o funcionamento cerebral, considerando os mais diversos tipos de lesões (MIOTTO et al., 2010).

A avaliação pode ser classificada em dois tipos clássicos: estática, que objetiva avaliar a pessoa em um dado momento para estimar seu nível de desempenho, e a avaliação dinâmica, a qual avalia paciente em dois ou mais momentos para que seja possível estabelecer o nível de ganhos ou perdas cognitivas (PARENTÉ; HERRMANN, 2003).

Atualmente, o processo de avaliação e de tratamento vem empregando de forma crescente, os meios tecnológicos, com ênfase na tecnologia de Realidade Virtual.

3.3.5 O uso da tecnologia no processo de reabilitação

A ampliação do uso e do desenvolvimento de computadores e das tecnologias nos diversos campos do conhecimento e em especial na área da saúde, vem abrindo novas possibilidades de tratamento para diferentes tipos de deficiências motoras e cognitivas, causadas por doenças e acidentes, que lesionam partes do cérebro.

Através de softwares projetados especificamente para a estimulação de funções cerebrais associadas à motricidade e à cognição é possível desenvolver as mais diversas situações do cotidiano, exercícios de raciocínio podem ser repetidos exaustivamente e ter seu nível de dificuldade modificado de acordo com a evolução do paciente, reações emocionais podem ser estimuladas e problemas podem ser propostos de formas variadas de modo a desenvolver a capacidade de concentração e memória (COSTA; CARVALHO; ARAGON, 2000).

Por outro lado, uma modalidade de software que vem sendo muito disseminada refere-se aos “Serious Games”, que possuem como objetivo principal o ensino e/ou treinamento de forma a possibilitar a simulação de situações do cotidiano, visando proporcionar novas oportunidades para a formação de

profissionais; auxílio na tomada de decisões; conscientização para crianças, jovens e adultos; além de oferecer atividades que auxiliam na absorção de conceitos e habilidades psicomotoras. (MACHADO et. al., 2011) (LARSSON et. al., 2008).

Diversas tecnologias e estratégias têm sido exploradas no desenvolvimento de jogos ou softwares específicos para a reabilitação cognitiva. Entre essas tecnologias, destaca-se a Realidade Virtual, que proporciona um maior envolvimento dos usuários com as atividades propostas pela aplicação.

Visando ampliar o espectro de utilização, apoiar a navegação de usuários e controlar os resultados obtidos da realização de tarefas, as aplicações de RV vêm sendo integradas com tecnologias da área da Inteligência Artificial (IA). A seguir são apresentados alguns exemplos de utilização de sistemas de RV na estimulação de funções cognitivas, em especial a atenção e a memória, visando recuperar capacidades associadas às funções executivas, que é o objetivo central dos processos de reabilitação.

3.3.6 Revisão das aplicações de RV na área de reabilitação cognitiva

Nos últimos anos, a área de Reabilitação Cognitiva tem explorado diferentes aplicações que envolvem as tecnologias de RV. Os exemplos aqui citados exploram diferentes recursos e são voltados para variados tipos de distúrbios neuropsiquiátricos.

- Em um trabalho recente, Gamito et. al. (2010) divulgaram um ambiente virtual constituído de uma pequena cidade com robôs digitais, vários edifícios e um mini-mercado onde o usuário pode mover-se livremente. As tarefas a serem realizadas neste ambiente dividem-se em 10 sessões, como por exemplo: atividades de vida diária em que o usuário realiza atividades de higiene, caminha até o supermercado para comprar algum item específico e deve realizar o caminho de volta para casa, entre outras. Algumas das cenas onde se desenvolvem essas atividades podem ser visualizadas nas figuras 3.4, 3.5 e 3.6.



Figura 3.4 - Cena do banheiro onde são propostas atividades de higiene
Fonte: GAMITO et. al., 2010.



Figura 3.5 - Cena do supermercado onde são propostas as tarefa de memória e atenção
Fonte: GAMITO et. al., 2010)

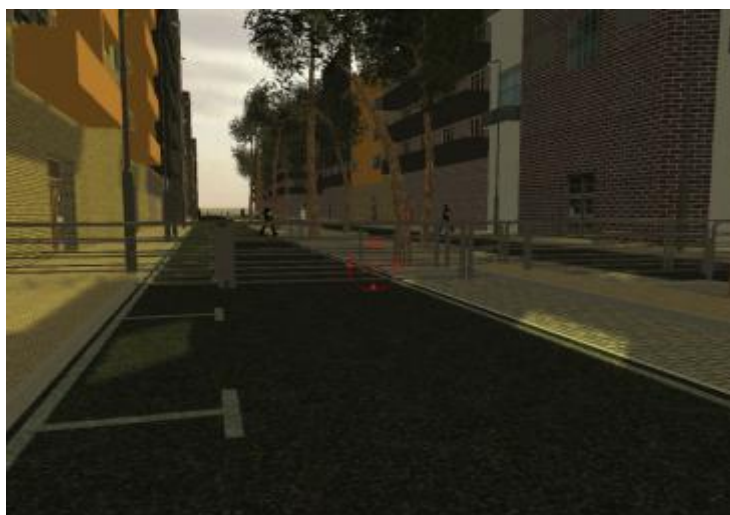


Figura 3.6 - Ambiente externo onde se desenvolvem as atividades de orientação visuo-espacial
Fonte: GAMITO et. al., 2010.

- Meijer et. al. (2009) apresentaram um ambiente virtual composto de um supermercado com várias seções de mantimentos (Figura 3.7) com o objetivo verificar a aprendizagem espacial do usuário buscando avaliar a precisão com que o mesmo memoriza o percurso e a disposição espacial do ambiente. Duas versões do supermercado foram modeladas: realista e não realista como podem ser vistas na figura 3.8.

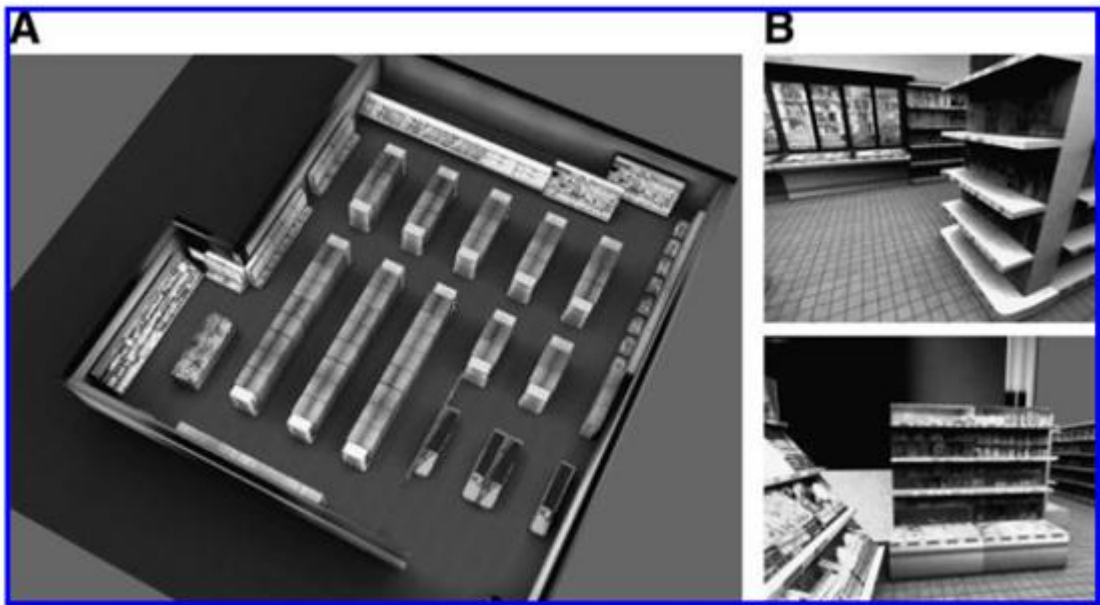


Figura 3.7 - Supermercado com várias seções de mantimentos
Legenda: A: Visão geral. B: Pontos de vista de várias seções.
Fonte: MEIJER et. al., 2009.



Figura 3.8 – Supermercado com várias seções de mantimentos
Legenda: A: Visão não realista. B: Visão realista.
Fonte: MEIJER et. al., 2009.

- O ambiente VAP-S (JOSMAN et. al., 2008) é um ambiente virtual que simula uma rede de supermercados de médio porte com vários corredores exibindo a maioria dos itens que podem ser encontrados em um supermercado real. Há também quatro balcões de check-out do caixa, um ponto de recepção e um carrinho de compras (Figura 3.9). Neste ambiente o usuário tem como tarefa carregar sete itens que estão em uma lista de compra, levá-los até o caixa e pagar o valor total da compra. Alguns obstáculos, como embalagens de garrafas ou caixas, podem dificultar o percurso do cliente ao longo dos corredores. Além disso, humanos virtuais são incluídos no supermercado, como peixeiro, açougueiro, caixas de check-out e alguns clientes.



Figura 3.9 - Ambiente virtual VAP-S
Fonte : JOSMAN et. al., 2008.

- Attree et. al. (2008) apresentaram um ambiente virtual constituído de quatro cômodos. Neste ambiente, uma tela apresenta a imagem de uma das salas para o usuário e ele deve encontrar uma rota para chegar até essa sala. Ao mesmo tempo, o usuário deve observar os objetos dispostos pelas salas e tentar encontrar um carrinho de brinquedo. A imagem de uma das salas está ilustrada na figura 3.10.

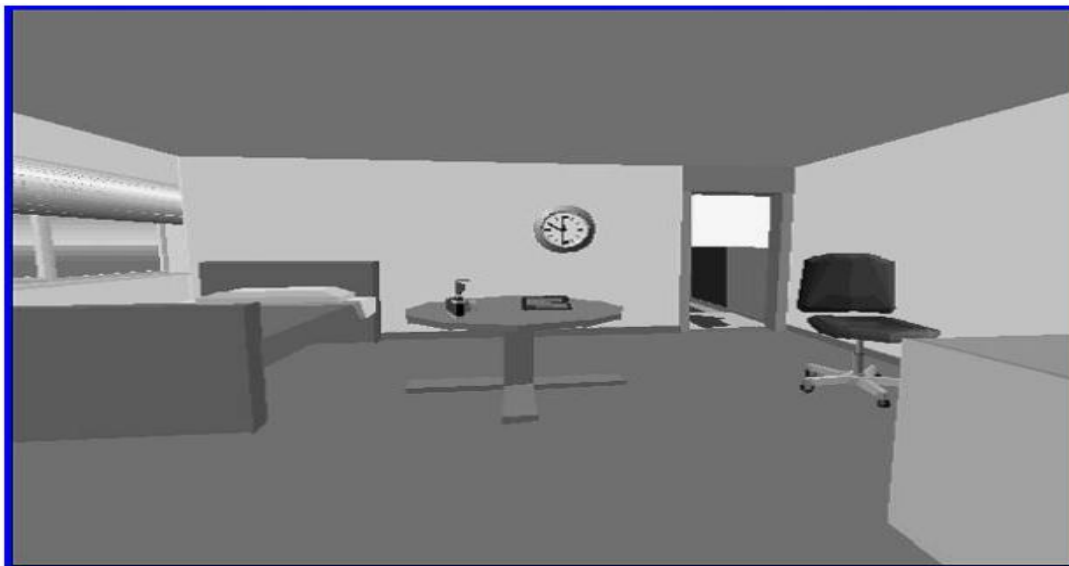


Figura 3.10 - Imagem de um dos cômodos do ambiente virtual
Fonte: ATTREE et. al., 2008.

Todos esses exemplos apresentam ambientes onde não há controles automatizados por estratégias inteligentes. A utilização de agentes em aplicações de Realidade Virtual ainda está bastante insipiente. Dessa forma, poucos projetos de Realidade Virtual utilizando SMA foram encontrados e, além disso, os projetos não descrevem em detalhes que tipo de estratégia de cooperação e comunicação entre agentes, ou ferramenta de integração foi utilizada. Algumas dessas aplicações estão descritas a seguir.

- O STEVE (Soar Training Expert for Virtual Environment) é um agente pedagógico e animado inserido em um sistema de simulação 3D desenvolvido para auxiliar alunos em cursos de treinamento naval (RICKEL; JOHNSON, 1998). Na verdade, STEVE é considerado um Sistema tutor inteligente que integra métodos de três áreas de pesquisa: Computação Gráfica, Sistemas tutores inteligentes e arquitetura de agentes (RICKEL; JOHNSON, 1999). Tal agente é classificado como um agente cognitivo com conhecimento sobre seu ambiente e que possui sua arquitetura fundamentada no modelo cognitivo SOAR, proposto por Laird et. al.(1987). STEVE possui três módulos principais: o módulo de percepção, que monitora as mensagens disparadas e identifica eventos relevantes; o módulo de cognição, que interpreta os dados recebidos pelo módulo de percepção, escolhe metas apropriadas, constrói e executa planos para alcançá-las e envia comandos motores para controle do corpo do agente; e o módulo de controle motor, que

decompõe os comandos motores recebidos em uma seqüência de comandos de nível inferior que são enviados a outros componentes através do envio de mensagens (RICKEL; JOHNSON, 1998). Uma cena desse sistema pode ser visualizada na figura 3.11.

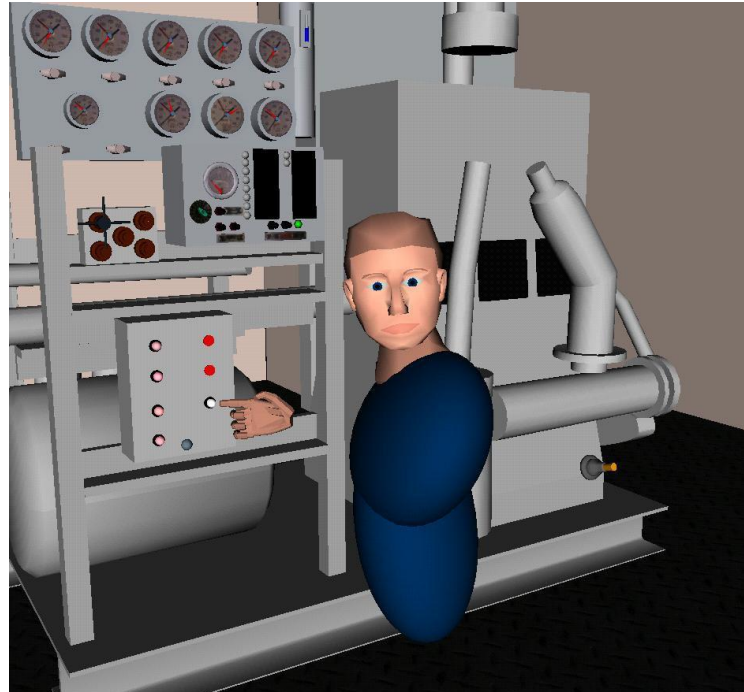


Figura 3.11 - Cena onde STEVE descreve os botões de um painel.
Fonte: RICKEL; JOHNSON, 1998.

- O Active Worlds é uma plataforma para distribuição online de conteúdo 3D interativo em tempo real, com aplicações empresariais e pessoais. Essa plataforma é considerada um ambiente colaborativo que permite a interação de diversos usuários que são representados por avatares, que podem interagir entre si através de chats. Além de navegar no mundo virtual, os usuários podem projetar, implementar e ampliar o ambiente. Os objetos nesse mundo podem ter comportamentos pré-programados orientados a eventos (MAHER; GERO, 2002). Um exemplo de mundo virtual na plataforma Active Worlds é apresentada na figura 3.12



Figura 3.12 - Interface do Mundo Virtual River City na plataforma Active Worlds
 FONTE: RIVER CITY PROJECT, 2010.

Um mundo virtual desenvolvido nessa plataforma é o projeto River City, que foi desenvolvido para aulas de Ciências no Ensino Médio. Nele, os estudantes viajam no tempo trazendo suas habilidades e tecnologias do século XXI para resolverem problemas do século XIX. (KETELHUT et. al., 2007). Na figura 3.13 pode ser visualizada uma cena desta cidade virtual.



Figura 3.13 - Cena do mundo virtual River city em que moradores divulgam informações sobre acontecimentos da cidade.
 Fonte: RIVER CITY PROJECT, 2010)

Maher e Gu (2006) utilizaram essa plataforma como um ambiente de software para desenvolver uma sociedade de agentes em um mundo virtual. Eles apresentaram a abordagem User-centred Virtual Architecture (UcVA), uma arquitetura centrada no usuário que utiliza agentes que representam os usuários na forma de avatares, interagindo com outros agentes e sendo capazes de construir outros mundos virtuais conforme necessário. Isto justifica a abordagem utilizada, visto que cada mundo é criado de acordo com as necessidades dos usuários.

Com base na arquitetura projetada, Maher e Gu (2006) buscaram estruturar agentes para acomodar duas funções distintas: gerenciar a colaboração entre agentes e a interação com o mundo virtual, e projetar e construir mundos virtuais de acordo com a necessidade. Para isso, dois tipos de agentes foram considerados: os agentes avatares, que realizam negociações, marcam encontros com outros usuários e interagem com seu próprio mundo de informações; e os agentes de Design, que projetam, constroem e destroem mundos virtuais para os agentes avatares realizarem determinadas atividades. Os principais processos computacionais comuns a esses agentes são definidos como sensação, percepção e concepção. O conhecimento associado a cada processo é generalizado como uma base de regra no modelo adotado. Ambos os agentes se baseiam em experiências passadas para a tomada de decisões.

De uma forma geral, ambas as aplicações podem ser utilizadas para fins educativos e/ou de treinamento, possibilitando estimular funções cognitivas. Com relação ao uso de agentes, nas duas aplicações consideradas, foi abordado o uso de agentes cognitivos. Porém, nessas aplicações não foram encontradas especificações sobre como foi realizada a implementação, ou seja, que tipos de ferramentas e tecnologias foram utilizadas e nem como foi feita a integração entre elas. Essas informações são importantes para o desenvolvimento de ambientes virtuais com o uso de agentes.

Com base nisso e visando preencher esta lacuna, no próximo capítulo são descritas as características do ambiente proposto neste trabalho, assim como as especificações técnicas de como ele foi desenvolvido e avaliado.

4 ESPECIFICAÇÃO, INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS, DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DO SMEC-3D – Sistema Multiagentes para Estimulação Cognitiva

A necessidade de um processo sistemático para orientar a criação do SMEC-3D levou-nos a seguir um modelo. Neste sentido, o desenvolvimento do ambiente multiagente 3D foi baseado no *pipeline* apresentado na Figura 4.1.

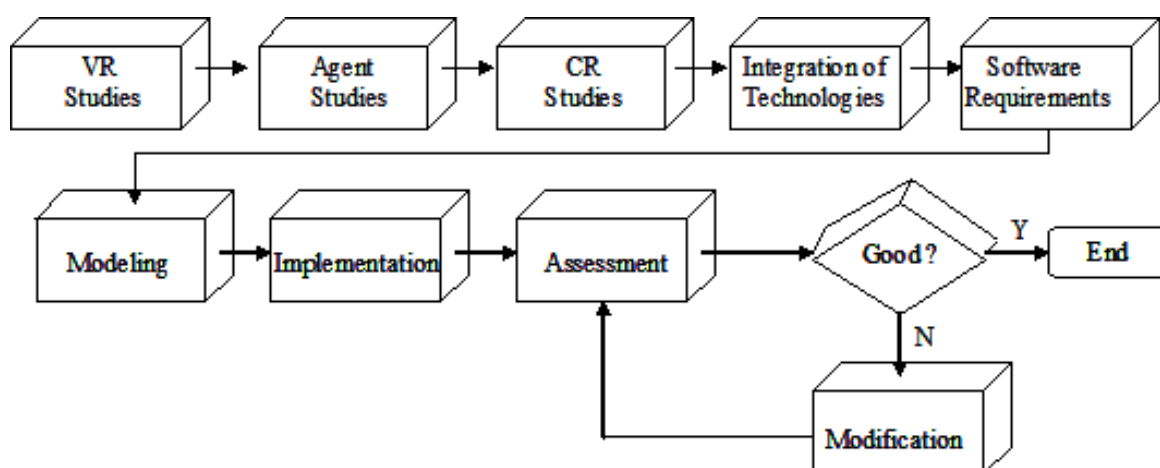


Figura 4.1 - Pipeline para o desenvolvimento do SMEC-3D

O processo de desenvolvimento do AV iniciou-se com a fundamentação teórica de aspectos relacionados ao contexto do software a ser construído, tais como Realidade Virtual, Sistemas Multiagentes e Reabilitação Cognitiva, já apresentadas nos capítulos anteriores. Concluída a etapa de fundamentação teórica, foi iniciado um estudo sobre tecnologias existentes para implementar tal ambiente. Em seguida, o levantamento de requisitos do software, bem como a fase de modelagem do sistema foram iniciadas, para posteriormente realizar a implementação e a avaliação do produto.

4.1 Integração de tecnologias

Com o objetivo de definir as tecnologias a serem utilizadas na implementação do projeto foi realizado um estudo sobre diversas tecnologias utilizadas nas áreas de RV e de SMA. Para isso, foi necessário estudar diversas linguagens e frameworks e verificar a possibilidade de integração entre eles, já que era preciso integrar a linguagem específica para o desenvolvimento de ambientes virtuais e um framework de SMA. Não foram encontrados trabalhos que utilizassem e especificassem a integração de ferramentas desse tipo e, dessa forma, diversas tentativas foram realizadas para atingir esse objetivo.

Trabalhos anteriores, realizados pelo grupo de pesquisa onde esta dissertação se insere, compararam linguagens de programação voltadas para a construção de ambientes 3D, tais como JAVA3D e X3D (MENDONÇA; SOUZA; COSTA, 2010). A partir desses experimentos e de um levantamento de tecnologias associadas, foram adotadas as linguagens X3D (Extensible 3D) (BRUTZMAN; DAILY, 2007) e JAVA (JAVA, 2010), o framework JADE (Java Agent Development Framework) (JADE, 2010) e banco de dados relacional MySQL (MySQL, 2010). Para integrar essas quatro ferramentas foi utilizada a IDE NetBeans (NetBeans, 2010).

A partir dessas diferentes experiências e da definição do conjunto de tecnologias a serem utilizadas, partiu-se para o levantamento dos requisitos do jogo.

4.2 Levantamento de requisitos

Esta etapa iniciou-se com uma entrevista com um especialista da área de informática, com sólidos conhecimentos da área de aplicação, para que requisitos iniciais do software pudessem ser discutidos.

Para suportar todas as fases de modelagem e implementação de agentes, um catálogo de léxicos foi especificado para registrar e documentar os requisitos. Uma parte do catálogo de léxico pode ser visualizada na tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Parte do catálogo de léxicos do SMEC-3D (continua)

Nome:	SMEC-3D
Noção:	Sistema de realidade virtual multiagentes desenvolvido para auxiliar o processo de reabilitação do paciente .
Classificação:	Objeto
Impacto(s):	No SMEC-3D o paciente participa de atividades de estimulação cognitiva. No SMEC-3D, o terapeuta cadastra as informações do paciente . No SMEC-3D, as informações do paciente podem ser visualizadas.
Sinônimo(s):	ambiente.
Nome:	Agente analisador
Noção:	O agente Analisador é responsável por avaliar o desempenho do paciente durante todo o tratamento verificando a necessidade de modificações no planejamento do tratamento em questão.
Classificação:	sujeito
Impacto(s):	O agente analisador exibe resultados do desempenho do paciente ao longo do tratamento. O agente analisador interage com o agente planejador para que a partir do histórico do paciente possam ser propostas alterações no plano de tratamento .
Sinônimo(s):	
Nome:	Agente controlador
Noção:	Agente de software responsável por monitorar a interação do paciente no sistema.
Classificação:	sujeito
Impacto(s):	O agente controlador monitora a interação do paciente no jogo O agente controlador propõe ao sistema novas interações. O agente controlador interage com o agente customizador para que o ambiente possa ser configurado.
Sinônimo(s):	
Nome:	Agente customizador de ambiente
Noção:	Agente de software responsável por realizar alterações nas cenas do ambiente
Classificação:	sujeito
Impacto(s):	O agente customizador personaliza o jogo . O agente customizador personaliza o nível do jogo . O agente customizador recebe informações do agente controlador sobre novas configurações do ambiente .
Sinônimo(s):	agente customizador.

Tabela 4.1 - Parte do catálogo de léxicos do SMEC-3D (conclusão)

Nome:	Agente planejador de tratamento
Noção:	Agente de software responsável por construir e sugerir um plano de tratamento para o paciente de acordo com suas especificidades.
Classificação:	sujeito
Impacto(s):	O agente planejador cria um plano de tratamento para o usuário a partir dos dados do paciente . O agente planejador altera o plano de tratamento do paciente a partir de solicitação do agente analisador .
Sinônimo(s):	agente planejador.
Nome:	Paciente
Noção:	peessoa que está em tratamento de reabilitação utilizando o software Reab.
Classificação:	sujeito
Impacto(s):	O paciente joga no sistema.
Sinônimo(s):	usuário.
Nome:	Terapeuta
Noção:	peessoa responsável pelo processo de reabilitação do paciente .
Classificação:	sujeito
Impacto(s):	O terapeuta pode intervir no jogo em que o paciente participa
Sinônimo(s):	médico, psiquiatra.
Nome:	Histórico de jogo
Noção:	conjunto de dados sobre o desempenho do paciente nos jogos desde seu cadastro no sistema.
Classificação:	objeto
Impacto(s):	O histórico de jogo é armazenado no smec-3d pelo agente controlador .
Sinônimo(s):	histórico, histórico de jogo do paciente.
Nome:	Plano de tratamento
Noção:	programa estabelecido pelo agente planejador que deve ser seguido pelo paciente .
Classificação:	objeto
Impacto(s):	O plano de tratamento é proposto pelo agente planejador através das informações clínicas do paciente e de seu histórico de jogo . O plano de tratamento é modificado pelo agente planejador a partir de uma solicitação do agente analisador com base em alterações significativas no desempenho do paciente , que é obtido através do histórico .
Sinônimo(s):	plano.

O SMEC-3D foi concebido com características específicas para ser utilizado em protocolos de tratamento que necessitem de atividades que estimulem funções cognitivas. O ambiente é composto por dois jogos numa perspectiva de “Serious games”. Estes jogos visam estimular a atenção e a memória de pessoas que sofrem de distúrbios neuropsiquiátricos. Os jogos possuem níveis de dificuldades, que são controlados por agentes. De acordo com o desempenho do usuário nas atividades, o agente responsável analisará a necessidade de alterar o nível de dificuldade dos desafios propostos.

Segundo Novak (2010), os usuários de jogos podem ter como motivação para jogar a possibilidade de obtenção de novos conhecimentos. Estes jogos que compõem o SMEC-3D foram criados visando gerar como motivação principal, a possibilidade do usuário aumentar, ou recuperar, as funções cognitivas que se encontram debilitadas por causa de doenças, ou acidentes. Um outro aspecto que poderá colaborar para uma maior adesão do usuário a esses jogos é a possibilidade do usuário poder realizar as atividades sozinho, sem sentir medo, ou vergonha de errar.

Os jogos acontecem em dois cômodos diferentes de uma casa virtual. Um dos jogos ocorre em uma sala onde há uma estante em que objetos de uma mesma forma e cores variadas são apresentados. Aleatoriamente, um objeto semelhante aos que estão na estante, é mostrado em uma mesa. O usuário deve observá-lo e caminhar até a estante para clicar sobre o objeto correspondente. Os agentes monitoram as interações do usuário com o ambiente, controlando os acertos, erros e tempo de realização das tarefas. Esses resultados permitem que os agentes gerenciem a oferta de tarefas, determinando o nível de dificuldade de acordo com o desempenho do usuário. Este jogo possui oito níveis de dificuldade, a saber:

- Nível 1: a estante conterá cinco bolas em que quatro delas possuem a mesma cor e apenas uma terá cor diferente das demais.

- Nível 2: o número de bolas na estante permanecerá o mesmo do nível anterior, porém as bolas terão duas a duas cores iguais e uma única bola conterá cor diferente das demais.

- Nível 3: a estante permanecerá com 5 bolas, mas todas possuirão cores distintas entre si.

- Nível 4: o número de bolas será aumentado para sete com três a três possuindo a mesma cor e apenas uma bola com cor distinta de todas as outras.

- Nível 5: a estante continuará com o mesmo número de bolas do nível anterior, mas os objetos estarão dois a dois com cores iguais e um único com cor diferente dos outros.

- Nível 6: a quantidade de bolas será acrescida para nove unidades, onde duas a duas possuirão a mesma cor e uma das bolas terá cor distinta das demais.

- Nível 7: o número de bolas permanecerá o mesmo do nível anterior, porém todas as bolas terão cores distintas entre si.

- Nível 8: a estante permanecerá da mesma forma que no nível anterior, porém na mesa onde o objeto a ser selecionado é apresentado, serão mostrados dois objetos e o usuário deverá encontrá-los na estante.

Em cada nível, o usuário possuirá 10 rodadas e deverá acertar um mínimo de sete delas para prosseguir para o próximo nível. Caso o mínimo de acertos não seja atingido, o usuário permanecerá no mesmo nível, desde que isso ocorra no máximo quatro vezes. Caso contrário, a sessão será encerrada.

Esta atividade possui como o foco estimular a atenção e à memória. O último nível deste jogo trabalha com a atenção dividida, que exige mais de um foco de atenção.

O segundo ambiente do jogo ocorre na cozinha, que é composta por itens usuais: geladeira, fogão, mesa, cadeiras e armários. Nessa etapa do jogo, é apresentado em uma bancada um objeto igual aos que estão dispostos nesse cômodo e o usuário deve encontrá-lo e clicar sobre o objeto correspondente.

Neste jogo, também o foco é estimular a atenção e memória. Além disso, as atividades trabalham com elementos ligados às funções executivas, visto que utilizam elementos da vida diária.

Em todas as atividades, a memória de curto-prazo está sendo estimulada, o que é essencial para que seja estabelecida a memória de longo prazo.

De um modo geral, as atividades oferecidas pelo ambiente não possuem uma condição de vitória para o usuário. De acordo com o seu desempenho, o nível da atividade vai se tornando mais difícil. Neste sentido, Novak (2010) ressalta que este fato acontece em muitos jogos e exemplifica citando o jogo "Tetris" (TETRIS, 2011), que se torna mais complexo até que o usuário decida parar, ou o jogo se encerra quando o jogador erra demais. Nesse caso, a idéia de vitória surge da comparação

de seu desempenho atual com os anteriores, ou da comparação de seu resultado com o de outros jogadores.

No SMEC-3D o desafio que se apresenta é ultrapassar a contagem obtida anteriormente, ou se classificar à frente de outros jogadores.

Para controlar todas essas etapas, foram definidos quatro agentes que são responsáveis pelo planejamento do tratamento, controle das interações nos jogos, análise do desempenho do paciente e pelas configurações do ambiente.

A partir da integração de todos os requisitos, quatro agentes foram definidos:

- Agente Planejador

Este agente é responsável por a partir dos dados iniciais do usuário (que foram cadastrados pelo terapeuta), planejar o tratamento. Para isso, ele usa as especificidades do usuário e consulta uma lista de protocolos relevantes. Com base nisso, um novo protocolo pode ser definido ou um protocolo existente pode ser customizado.

- Agente Analisador

O agente Analisador é responsável por avaliar o desempenho do paciente durante todo o tratamento analisando a necessidade de modificações no planejamento do tratamento em questão. Diante disso, ele obtém informações sobre o protocolo de tratamento e o histórico de desempenho em atividades do paciente, realiza uma comparação entre o resultado esperado e o obtido e, a partir disso, decide se permanece com o mesmo protocolo ou se sugere alterações no mesmo.

- Agente Controlador

O agente controlador possui como sua principal meta monitorar o jogo. Para atingi-la, ele monitora cada interação do usuário no jogo capturando-a, avaliando-a, armazenando informações no histórico e propondo uma próxima iteração tomando como base as iterações anteriores. Dentre as iterações propostas tem-se: “Continuar no mesmo jogo”, “Mudar de jogo”, “Mudar o nível do jogo” ou “Finalizar o jogo”. No caso de haver necessidade de realizar modificações no jogo, este agente se

comunica, através de mensagens, com o agente Customizador para que tais alterações sejam feitas.

- Agente Customizador de Ambiente

Este agente é responsável por realizar alterações nas cenas do ambiente. Essas alterações podem ser de troca de nível de um jogo ou mesmo de mudança de atividade. Todas as alterações são realizadas a partir de uma solicitação do Agente controlador via troca de mensagem.

A seguir, são apresentados os processos de modelagem e implementação do SMEC-3D, além dos resultados de uma avaliação do ambiente com especialistas.

4.3 Modelagem do sistema


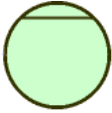


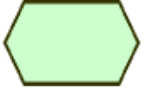



Em relação à modelagem do sistema, existem várias propostas na literatura da área. Dentre esses trabalhos, destaca-se o trabalho de Werneck et al. (2011) que fez uma revisão e uma comparação entre metodologias de modelagem de sistemas multiagentes. Este trabalho serviu de base para os testes desenvolvidos com as metodologias MaSE e Adelfe (COSTA; MENDONÇA; SOUZA, 2010) e que mostrou algumas fragilidades na combinação destas duas metodologias. Isto nos levou a utilizar o framework orientado a metas, denominado i^* (YU, 2011), que vem sendo utilizado como uma opção acessível para a modelagem de sistemas multiagentes.

Após a realização do levantamento de requisitos, foi iniciada a modelagem do sistema a partir do framework orientado a metas i^* (i-star) (YU, 2011).

Dois especialistas em modelagem de agentes foram entrevistados para colaborar na definição dos agentes. Eles apoiaram a definição do escopo de atuação de cada agente e certificaram os processos de cooperação e comunicação entre os agentes.

Alguns diagramas dessa modelagem são apresentados nas figuras 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5.

Nesses modelos são utilizados nós para representar os atores, tarefas, recursos e metas. O quadro 4.1 relaciona os símbolos utilizados com seus respectivos significados.

Símbolo	Significado
	Ator
	Agente
	Recurso
	Meta
	Tarefa
	Relação de dependência
	Relação Meios-Fim: relacionamentos entre um “fim” (meta, tarefa, recurso) e “meios” para alcançá-lo
	Relação de decomposição de uma tarefa

Quadro 4.1 - Significado dos símbolos utilizados na modelagem

Na figura 4.2 está apresentado o modelo de dependência estratégica (SD – Strategic Dependency), utilizado para mapear a rede de dependências entre os atores. Por exemplo, o analisador depende do planejador para alterar o protocolo de tratamento e o analisador, por outro lado, depende do controlador para fornecer o histórico de interação do paciente no jogo.

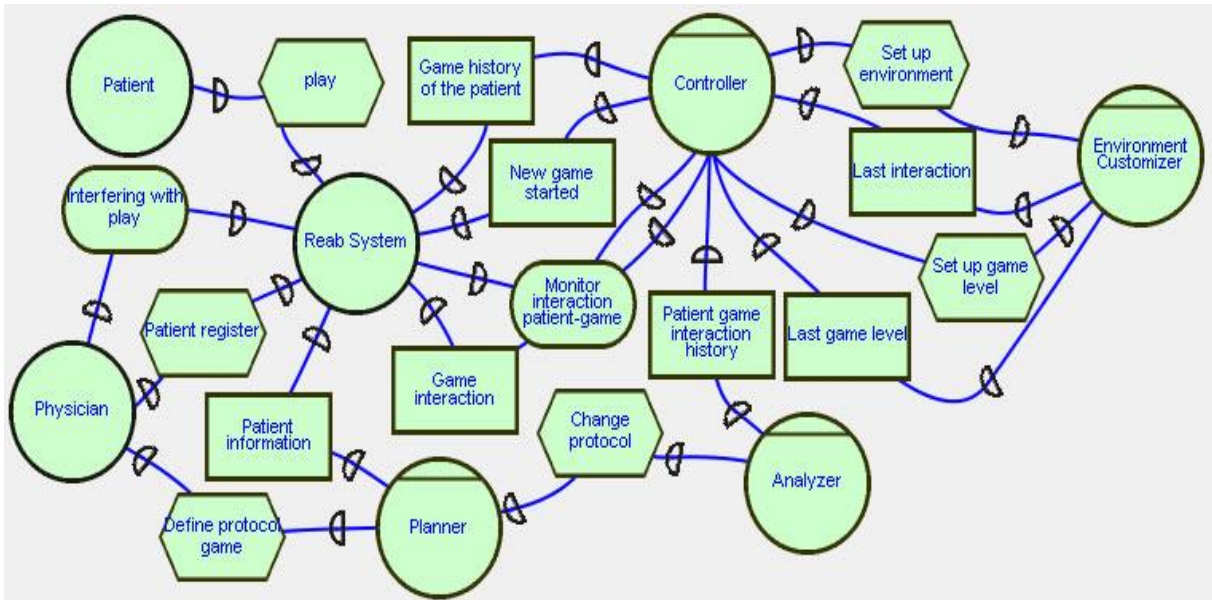


Figura 4.2 - Modelo SD (Strategic Dependency)

Nas figuras 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6 estão apresentadas partes que compõem o modelo SR (Strategic Rationale), que possui como objetivo apresentar as estratégias internas de cada ator.

Na figura 4.3 são apresentadas as estratégias do agente planejador, que possui como meta principal definir um protocolo de tratamento. Para isso, tal agente precisa capturar as especificidades do paciente, assim como protocolos existentes considerados relevantes para o caso. Com base nas informações do paciente, o agente analisará a compatibilidade dos protocolos existentes e decidirá se irá customizar um protocolo já cadastrado ou se definirá um novo.

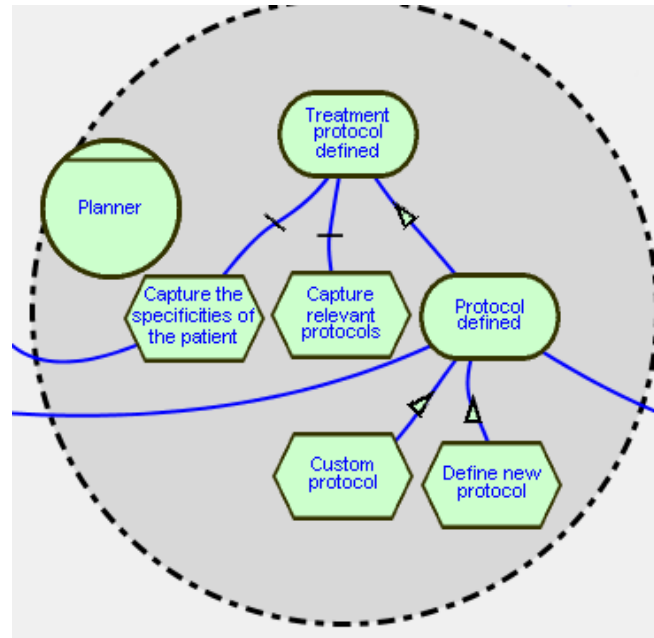


Figura 4.3 - Parte que compõem o Modelo SR - Agente Planejador

As estratégias internas do agente Analisador são mostradas na figura 4.4, onde é possível observar que a principal meta deste agente é avaliar a performance do paciente, que é atingida a partir da realização das tarefas de “Capturar o protocolo de tratamento” definido, “obter o histórico do jogo” e “comparar o desempenho esperado com o obtido”. Tendo o desempenho do paciente avaliado, esse agente toma a decisão de “continuar no mesmo plano de tratamento” ou “sugerir mudanças no plano”.

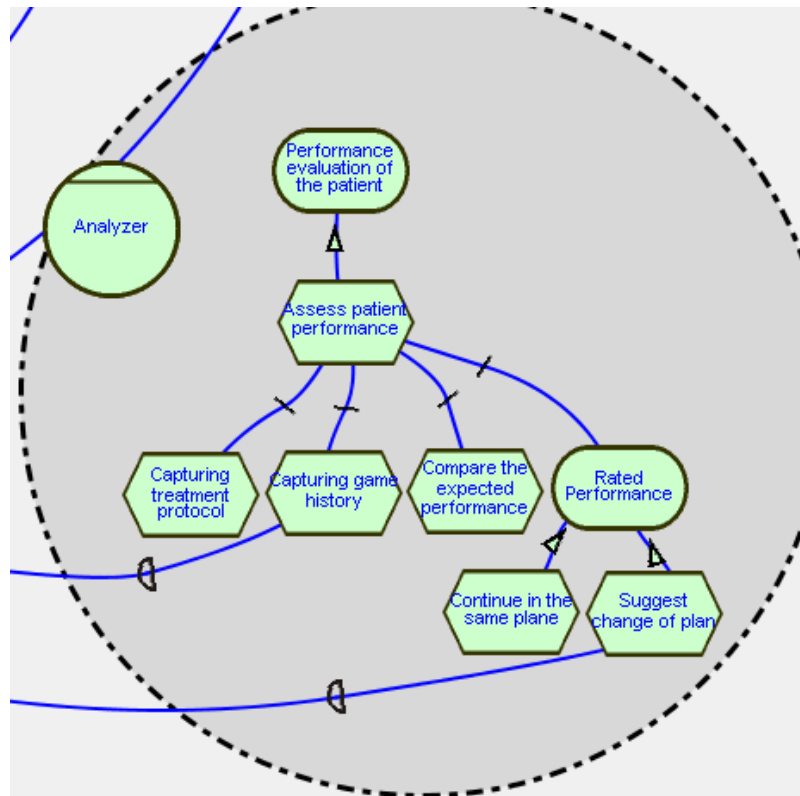


Figura 4.4 - Parte que compõem o Modelo SR - Agente Analisador

As metas e tarefas do agente Controlador são apresentadas na figura 4.5, permitindo visualizar que as metas deste agente são “esperar o início de um novo jogo”, “monitorar um jogo” e “propor a próxima iteração”. Ao detectar o início de um novo jogo, o agente passa a monitorá-lo buscando acompanhar cada interação do paciente na atividade. Para isso, essas interações são capturadas, avaliadas e os dados da avaliação são armazenados no histórico. Concluída a avaliação de uma atividade, uma nova iteração será proposta. Tal iteração pode ser “continuar no mesmo jogo”, “alterar o nível do jogo”, “finalizar ou mudar de jogo”. Em caso de mudança de jogo ou de nível, o agente controlador se comunica com o agente Customizador para realizar as devidas modificações no ambiente.

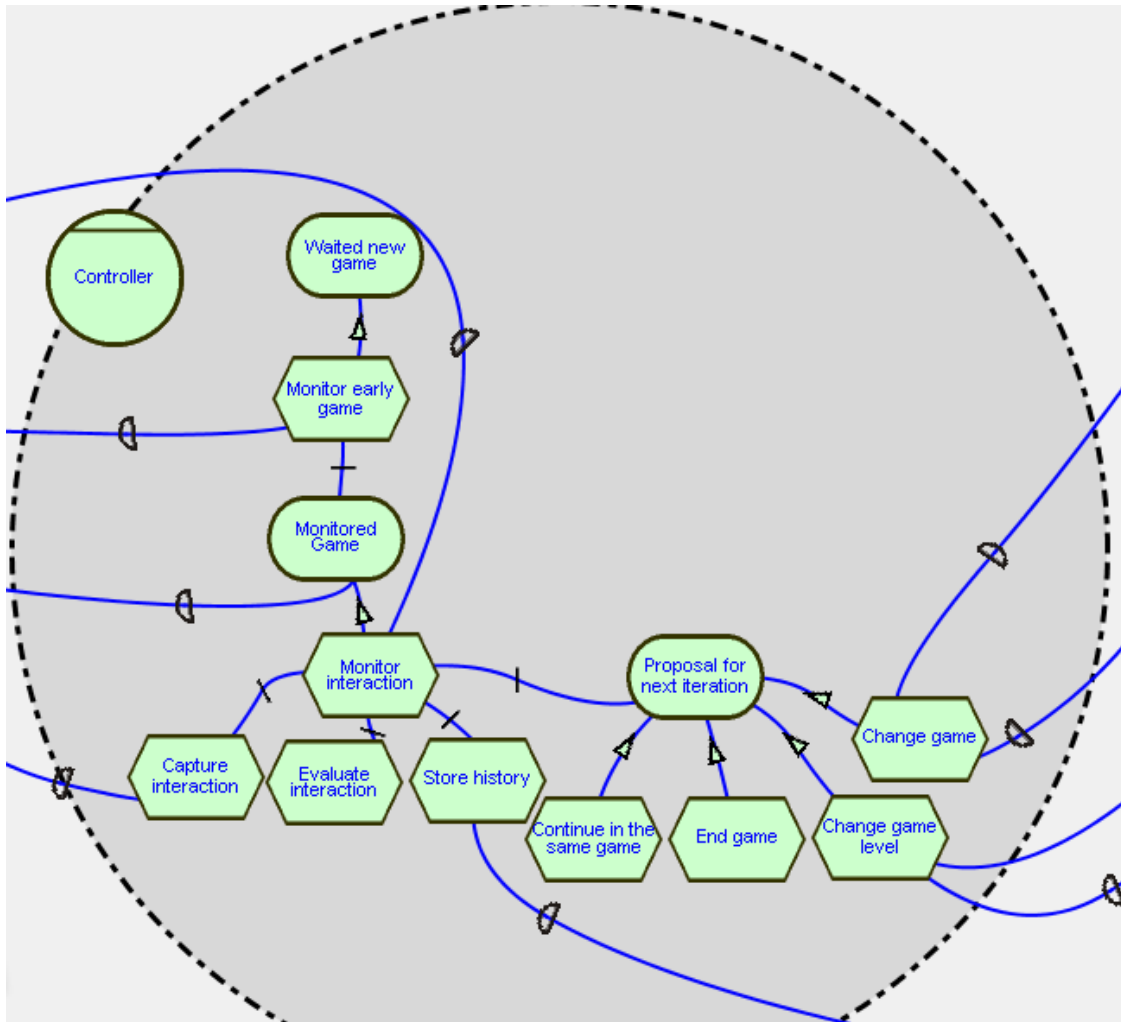


Figura 4.5 - Parte que compõem o Modelo SR - Agente Controlador

Na figura 4.6 são apresentadas as estratégias do agente Customizador, que possui como principais metas “customizar o ambiente” e “customizar o nível do jogo”, a partir do recebimento de mensagens do agente Controlador com solicitação de alterações. Com base na mensagem recebida, tal customização pode ser executada escolhendo um novo jogo ou escolhendo um nível para o jogo atual.

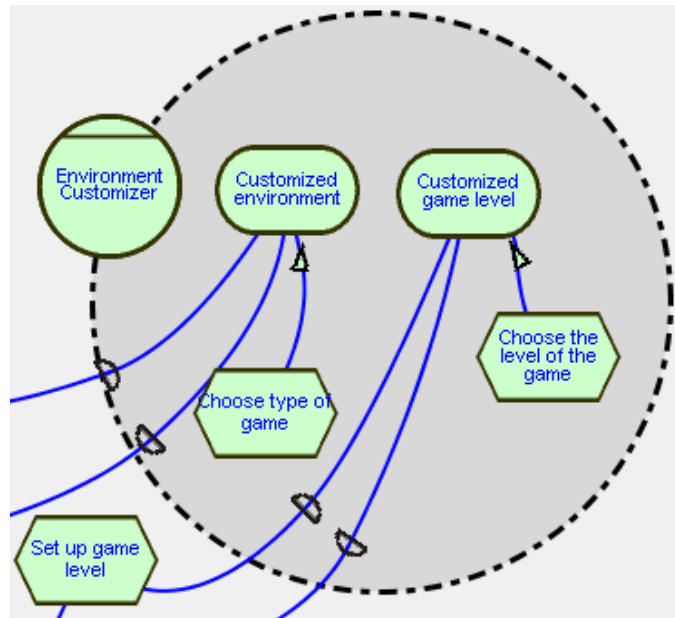


Figura 4.6 - Parte que compõem o Modelo SR - Agente Customizador

Com base na modelagem realizada, iniciou-se a implementação do SMEC-3D.

4.4 Implementação do SMEC-3D

Conforme apresentado na seção de Integração de Tecnologias, na implementação do ambiente virtual foram adotadas as linguagens X3D e JAVA, o framework JADE, a IDE NetBeans e o banco de dados relacional MySQL.

X3D é uma linguagem descritiva de cenas 3D, originada a partir da linguagem VRML (Virtual Reality Modeling Language), que possibilita a representação e comunicação de cenas e objetos. Ela foi desenvolvida baseada na sintaxe XML (Extensible Markup Language). As cenas desenvolvidas com X3D podem ser modificadas dinamicamente através de um SAI (Scene Access Interface), uma API (Application Programmer Interface) que possibilita integrar a cena com linguagens de programação (BRUTZMAN; DALY, 2007) (FALCÃO; MACHADO, 2009). No ambiente desenvolvido, a linguagem JAVA (JAVA, 2010) foi utilizada como linguagem de integração da cena X3D.

4.4.1 Processo de instalação e integração das ferramentas

Após a instalação de cada ferramenta torna-se necessário integrá-las. Com essa finalidade foi adotada a IDE NetBeans.

Com relação à integração do X3D foram utilizados plugins e bibliotecas específicas. Os plugins podem ser baixados a partir do Netbeans. Após o download dos plugins necessários para utilização do X3D é necessário instalar o aplicativo Xj3D 2.0 (Xj3D, 2010) e copiar os arquivos “*.dll” do diretório “..\Xj3D\bin” para o diretório de instalação do JAVA. Concluída essa etapa, cria-se um projeto no NetBeans e adiciona-se todos os arquivos “*.jar” do diretório onde foi instalado o Xj3D , “...\Xj3D\jars” como biblioteca do projeto. A partir deste momento, basta desenvolver a cena e criar um arquivo de carregamento da mesma.

Para utilização do JADE a partir do NetBeans é necessário descompactar o pacote de instalação e adicionar os arquivos “*.jar” contidos na pasta “...\jade\lib” ao CLASSPATH (variáveis de ambiente), o que pode ser visualizado na figura 4.7.

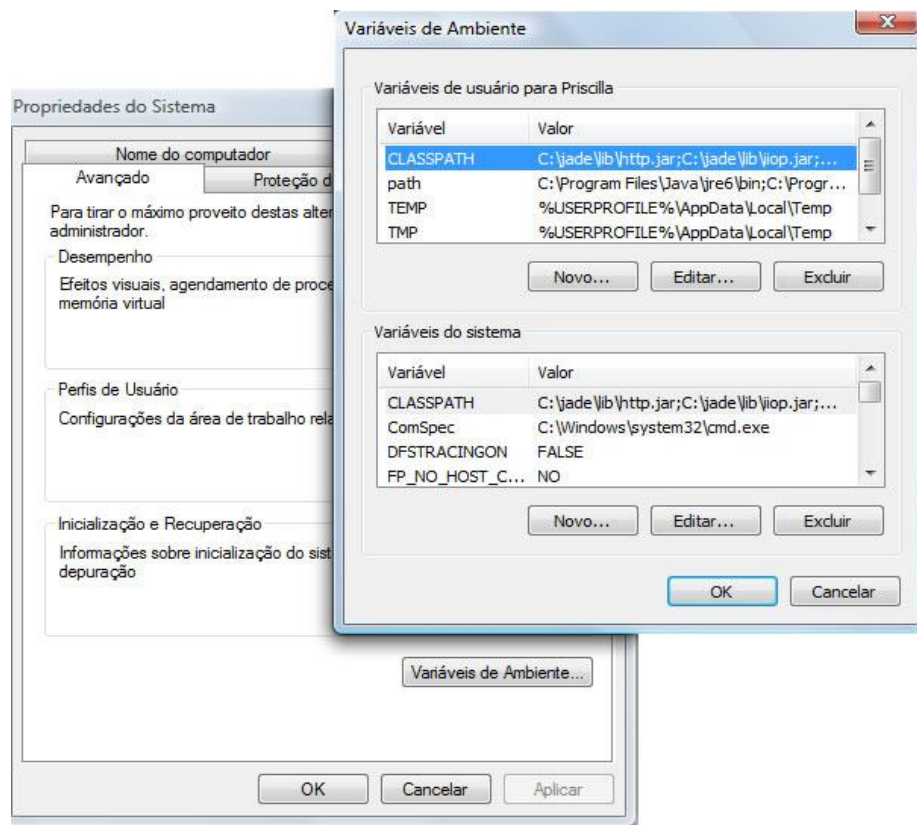


Figura 4.7 - Configuração de variáveis de ambiente para o JADE

Depois de realizada a configuração do CLASSPATH é preciso fazer as configurações diretamente no NetBeans. Para isso, através do menu Ferramentas -> Biblioteca, uma nova janela será aberta. Clica-se em “nova biblioteca” e adicionam-se os arquivos “*.jar” do JADE na biblioteca criada. Feito isso, é preciso incluir a nova biblioteca ao projeto criado anteriormente e todas as funções do JADE poderão então, ser utilizadas. Para que os agentes sejam inicializados na execução do ambiente, deve-se configurar dados do projeto por meio do menu Executar -> Definir configuração do projeto. Uma nova janela será aberta e no campo “Classe principal” deve ser adicionado “jade.Boot” para que o Jade seja carregado juntamente com a execução do programa. No campo “Argumentos” colocam-se argumentos que variam de acordo com o projeto, como por exemplo, os agentes que serão carregados. Um exemplo dessa configuração é apresentado na figura 4.8.

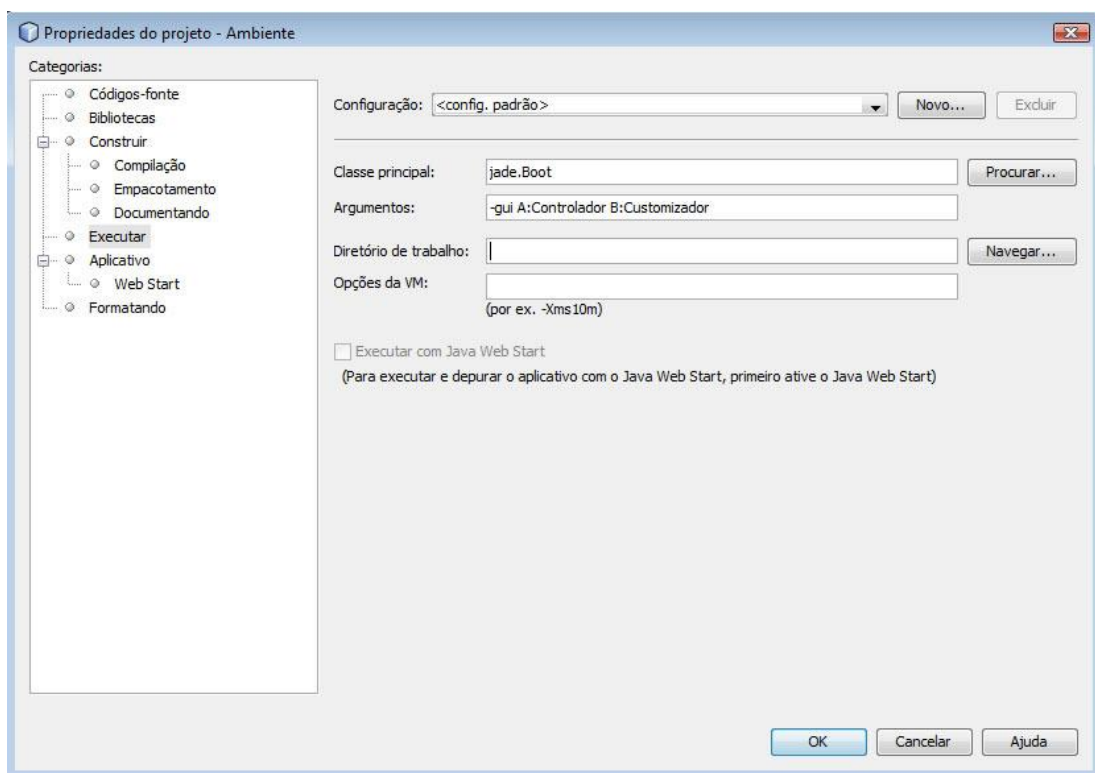


Figura 4.8 - Exemplo de configuração do JADE no NetBeans

Com as ferramentas instaladas e integradas, o ambiente como um todo pode ser implementado utilizando todas as tecnologias relacionadas.

4.4.2 Interação entre os agentes

A partir da modelagem dos agentes foi iniciada a implementação dos mesmos e optou-se por implementar a parte central do modelo. A parte escolhida refere-se aos agentes Controlador e Customizador, responsáveis por controlar o desempenho do usuário no jogo e realizar as configurações no ambiente respectivamente. Assim, o ambiente disponibilizará atividades para os usuários cadastrados e irá monitorar o seu desempenho no decorrer dos jogos. Com base na seleção dos agentes Controlador e Customizador para o desenvolvimento da aplicação, podemos classificá-la como uma aplicação híbrida, pois integra agentes reativos e cognitivos. O agente Controlador pode ser considerado cognitivo, pois é pró-ativo, já que é capaz de tomar iniciativa para atingir seus objetivos, toma suas decisões com base em ações passadas e interage com outros agentes através da troca de mensagens. Já o agente Customizador, pode ser considerado reativo, pois se baseia no modelo estímulo-resposta, ficando à espera de solicitações.

Uma representação da arquitetura global do ambiente, adaptada de Gomes(2003) pode ser visualizada na figura 4.9.

O processo de cooperação adotado entre os agentes neste trabalho, utiliza o mecanismo de reconhecimento das ações tomadas por outros agentes por meio do recebimento de mensagens com informações sobre determinados processos e do compartilhamento de informações armazenadas no banco de dados. As trocas de mensagens entre eles ocorrem através da linguagem ACL.

Os agentes necessitam de um banco de dados relacional e de um ambiente operacional onde estarão hospedados. O servidor de banco de dados utilizado foi o MySQL, que possui drivers de conexão compatíveis com o JAVA. Foi utilizado o driver de conexão JDBC para realizar a execução e manipulação de consultas SQL a partir do JAVA.

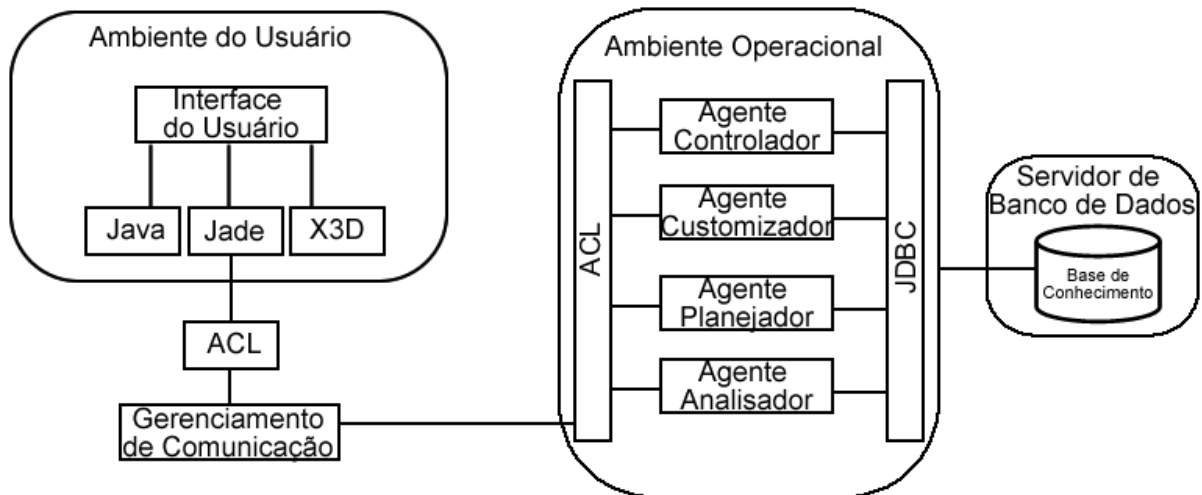


Figura 4.9 - Arquitetura Global do AV

Na figura 4.10 pode ser visualizado o funcionamento básico do processamento interno dos agentes. Através de um controle de informações, o agente controlador captura e mapeia as ações do usuário na cena. As ações mapeadas são submetidas a uma análise através de regras de comportamentos, onde são definidas que atitudes o agente deve tomar. Havendo necessidade de comunicação com outros agentes, uma mensagem é enviada para que alguma decisão seja tomada. No caso de não haver necessidade de comunicação com outros agentes, o fluxo retorna ao componente de controle de informações.

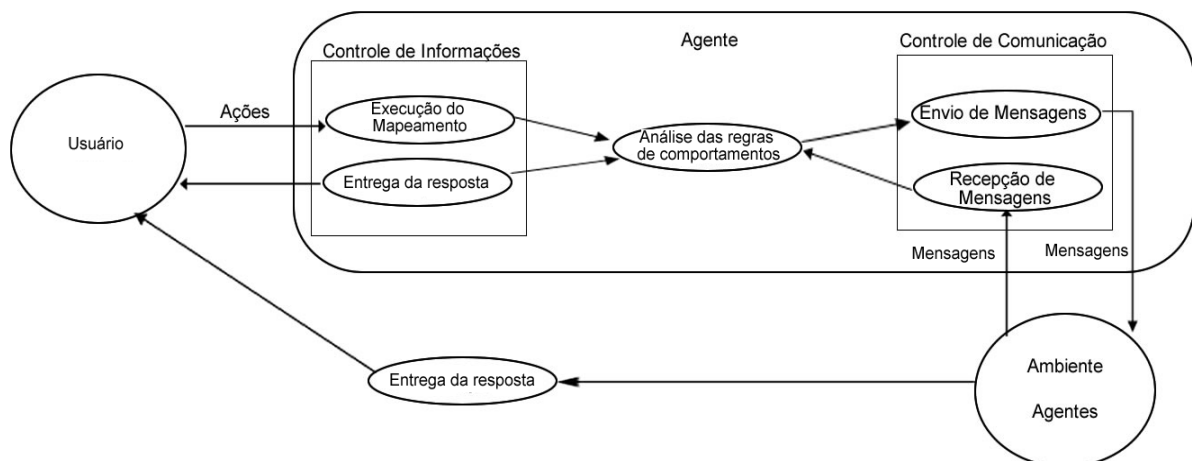


Figura 4.10 - Representação do Processamento Interno dos Agentes

De acordo padrão FIPA (2004), em uma AP, os agentes disponibilizam serviços e precisam ser identificados de forma única. Com isso, os agentes e seus respectivos serviços precisam ser cadastrados para que eles possam se reconhecer e identificar as tarefas realizadas por cada um. Um exemplo de cadastro de agente e de seus serviços é apresentado nas figuras 4.11 e 4.12.

Na figura 4.11 uma classe Java genérica é apresentada para registrar agentes e serviços na plataforma de agentes.

```

public class MyAgent extends Agent{
    private HashMap<String, Object> memoria = new HashMap<String, Object>();
    protected void setup() {
        super.setup();
    }
    protected void addServices(List<ServiceDescription> _listSD){
        DFAgentDescription dfd = new DFAgentDescription();
        AID aid = getAID();
        dfd.setName(aid);
        for (int i=0;i<_listSD.size();i++){
            dfd.addServices(_listSD.get(i));
        }
        try {
            DFAgentDescription myDfd = new DFAgentDescription();
            myDfd.setName(aid);
            DFAgentDescription[] dfdList = DFService.search(this, dfd);
            if (dfdList!=null && dfdList.length>0){
                DFService.modify(this, dfd);
            }
            else {
                DFService.register(this, dfd);
            }

            System.out.println(this.getName() + " registrando servico " + _listSD.get(0).getName() );
        }
        catch (Exception e) {
            System.out.println(e.getMessage());
        }
    }
}

```

Figura 4.11 - Classe Java para registro de agentes e serviços na AP

Na figura 4.12 é apresentada a classe correspondente ao agente Controlador, onde é realizado o seu registro e de seus serviços utilizando a classe MyAgent mostrada na figura 4.11.

```

import java.util.ArrayList;
import jade.core.Agent;
import jade.core.behaviours.Behaviour;
import jade.domain.FIPAAgentManagement.ServiceDescription;

public class Controlador extends MyAgent{
    protected void setup() {
        super.setup();
        ArrayList<ServiceDescription> lstSD = new ArrayList<ServiceDescription>();
        ServiceDescription sd = new ServiceDescription();
        sd.setName("MonitorarInteracaoPacienteJogo");
        sd.setType("Task");
        lstSD.add(sd);
        this.addServices(lstSD);
        Behaviour behaviour = new MonitorarNovoJogo((Agent) this);
        this.addBehaviour(behaviour);
    }
}

```

Figura 4.12 - Representação da classe Agente Controlador

4.4.3. Implementação das cenas

Inicialmente a estrutura geral das cenas foi implementada para que, posteriormente, a proposta das atividades e o controle dos agentes fossem desenvolvidos.

A aplicação é composta por três tipos de usuários: o administrador, com acesso total ao sistema, o terapeuta, com permissão para cadastrar e/ou alterar usuários e iniciar a sessão em questão, e o usuário que irá realizar a sessão. O terapeuta responsável pelo tratamento do usuário será cadastrado através do administrador do sistema e terá um login e senha para ser identificado dentro do ambiente. Ao optar por carregar o ambiente e iniciar uma sessão, o terapeuta indicará qual usuário estará realizando as atividades. Se for a primeira sessão dele, então a atividade mais simples será apresentada. Caso contrário, uma busca no histórico de atividades do usuário será realizada e será selecionada a última atividade desenvolvida na sessão anterior, que inicializará a sessão atual.

As telas de cadastro e seleção do paciente pelo terapeuta e a imagem da cena inicial deste ambiente podem ser visualizadas nas figuras 4.13 e 4.14.

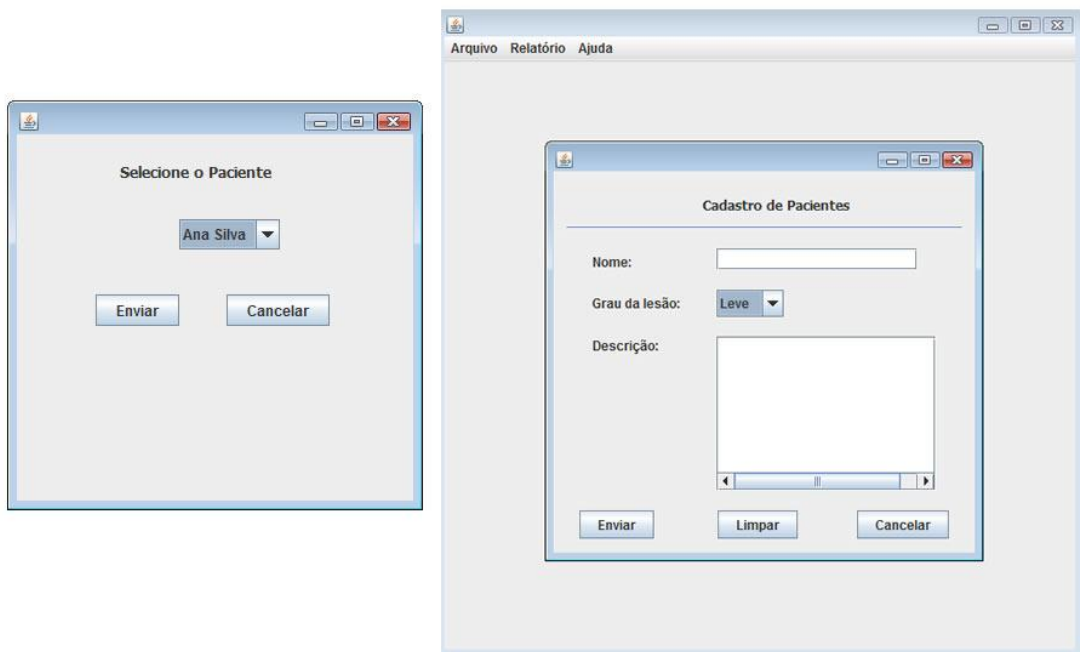


Figura 4.13 - Telas de Seleção e Cadastro de paciente



Figura 4.14 - Parte da Cena inicial do ambiente

Através das figuras 4.15 e 4.16 é possível observar a mudança de nível de um dos jogos, executada pelos agentes.



Figura 4.15 - Cena nível 1 do primeiro jogo com a disposição da estante e objetos.



Figura 4.16 - Cena do primeiro jogo com a mudança do nível 1 para o nível 2.

Na figura 4.17 é apresentada uma cena do segundo jogo implementado no ambiente.

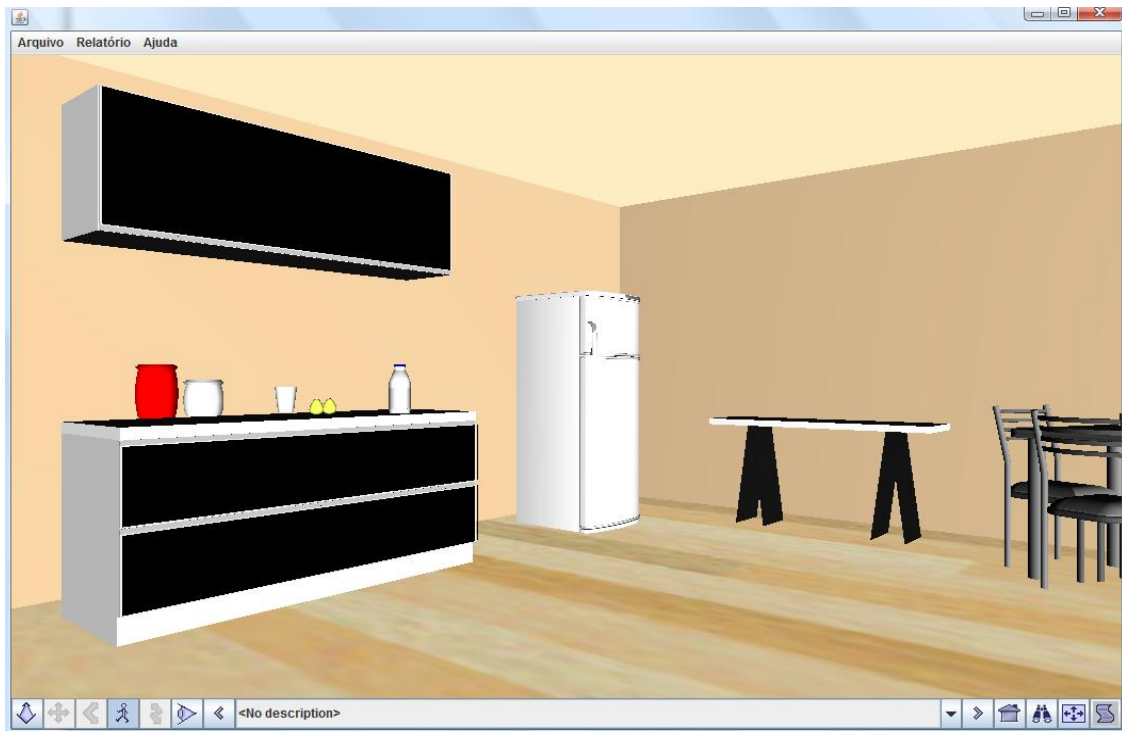


Figura 4.17 - Cena do segundo jogo

Na figura 4.18 é apresentado um modelo de relatório que é mostrado ao final da realização das atividades contendo dados do desempenho do usuário no ambiente.

Relatório de Desempenho				
Nome Paciente		João		
Sessão		1		
Jogo		Brincando com as cores		
Nível		1		
Tentativa	Acertos	Máximo de Acerto	Tempo (seg.)	
1	10	10	16	
Sessão		2		
Jogo		Brincando com as cores		
Nível		1		
Tentativa	Acertos	Máximo de Acerto	Tempo (seg.)	
1	10	10	23	
Nível		3		
Tentativa	Acertos	Máximo de Acerto	Tempo (seg.)	
1	10	10	13	
Nível		4		
Tentativa	Acertos	Máximo de Acerto	Tempo (seg.)	
1	10	10	19	
Sessão		3		
Jogo		Brincando com as cores		
Nível		4		
Tentativa	Acertos	Máximo de Acerto	Tempo (seg.)	
1	9	10	18	
Nível		5		

Figura 4.18 - Modelo de relatório de desempenho do usuário

Este jogo pode ser utilizado tanto em equipamentos de projeção em telas, ou TV's, quanto em equipamentos mais imersivos, como HMD's, já que os objetos possuem dimensões passíveis de serem percebidas em projeções estereoscópicas.

Após o término do desenvolvimento deste ambiente, foi realizada uma avaliação do software com dois especialistas. Essa avaliação é detalhada a seguir.

4.5 Avaliação do AV desenvolvido

Com o objetivo de analisar a qualidade inicial do software desenvolvido foi realizada uma avaliação qualitativa com dois especialistas em Reabilitação Cognitiva através de entrevistas com perguntas abertas, após a experimentação do software. Tal avaliação focou em aspectos da usabilidade do sistema. As seguintes etapas de desenvolvimento foram seguidas:

i) Ambientação e experimentação

Nesta etapa, o avaliador utilizou o software em um monitor sem estereoscopia, com explicações iniciais do jogo e posterior utilização.

ii) Avaliação

Após o uso do ambiente virtual, o psiquiatra respondeu ao questionário elaborado com questões referentes à usabilidade do software.

iii) Experimentação com comentários da equipe desenvolvedora

Nesta fase, os psiquiatras utilizaram o software no papel de especialistas. Alguns detalhes sobre a motivação para o desenvolvimento do software e a interferência dos agentes na navegação do ambiente foram discutidos.

iv) Discussão e proposta de alterações

Após utilizar o ambiente a partir das explicações específicas, os avaliadores responderam aos questionamentos elaborados e propuseram possíveis modificações para o software.

Os seguintes itens foram avaliados pelos psiquiatras:

- Facilidade de navegação no ambiente
- Facilidade de aprendizado do software
- Tempo de resposta da aplicação
- Realismo das cenas
- Agradabilidade das cenas
- Adequação dos objetos
- Adequação das cores
- Adequação do nível de dificuldade do jogo

Na figura 4.19 é apresentado o modelo do questionário utilizado na avaliação com os especialistas.

Avaliação do SMEC-3D

Prezado Especialista,

Com o objetivo de avaliar o software SMEC-3D, desenvolvido para Estimulação Cognitiva de Pacientes com distúrbios neuropsiquiátricos, gostaria de contar com sua colaboração para avaliar o produto com relação aos itens a seguir.

- 1) Como considera a facilidade de navegação no ambiente?
- 2) Com relação ao entendimento do software, como avalia a facilidade de aprendizado no ambiente?
- 3) Considera o tempo de resposta da aplicação adequado?
- 4) Como avalia o realismo das cenas?
- 5) As cenas são agradáveis?
- 6) Os objetos utilizados no ambiente estão adequados ao tratamento do paciente? E a variação das cores?
- 7) O nível de dificuldade das atividades está adequado para o uso do software com pacientes?

Figura 4.19 - Modelo do questionário utilizado na avaliação do SMEC-3D

Após este processo de avaliação, obtivemos alguns comentários e sugestões para o software.

Os especialistas consideraram que é fácil navegar no ambiente e entender como as atividades devem ser realizadas. O tempo de resposta da aplicação e a agradabilidade das cenas foram considerados adequados.

Já no que diz respeito ao realismo das cenas e a adequação dos objetos, os especialistas sugeriram que as cenas tivessem objetos mais relacionados ao cotidiano dos pacientes.

Com relação à adequação de cores utilizadas no jogo, os especialistas consideraram as variações das cores adequadas, sem qualquer exagero que provocasse algum tipo de incômodo.

Ao analisar o nível de dificuldade do jogo, os avaliadores consideram as atividades fáceis, o que poderia limitar a utilização do produto apenas com pacientes que possuem lesões cerebrais graves e, diante disso, sugeriram que fossem inseridos nas atividades níveis com maior grau de dificuldade.

A partir das discussões informais após a experiência prática, algumas sugestões foram feitas e dentre elas, se destacaram: a necessidade de aumentar o número de atividades no ambiente e a inserção de níveis com maior grau de dificuldade. Como exemplo de inserção de nível, foi sugerido que no primeiro jogo fosse acrescentado um último nível onde ao invés de ser mostrado um objeto a ser selecionado, seriam mostrados dois objetos, aumentando o foco de atenção do usuário.

A partir das sugestões feitas pelos avaliadores, algumas delas já foram realizadas e outras serão feitas futuramente.

Uma delas é a inserção de dois objetos a serem encontrados, como pode ser visto na figura 4.20.



Figura 4.20 - Cena do último nível do primeiro jogo

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou resultados de um projeto que teve como principal objetivo realizar a integração de agentes em ambientes virtuais. Para alcançá-lo, foi desenvolvido um *Serious game* 3D que é controlado por agentes. Adotamos uma metodologia apoiada por uma equipe multidisciplinar. O maior desafio foi integrar os diversos agentes no ambiente virtual 3D. Acreditamos que foi encontrada uma boa solução para este problema. A integração das tecnologias X3D, JAVA, JADE e NetBeans funcionou de forma eficiente em nossos testes.

Destacamos o estudo multidisciplinar realizado, que contemplou áreas tecnológicas e áreas médicas, buscando integrar as características essenciais para a criação de um produto que atendesse às necessidades terapêuticas básicas, atuando principalmente, nas atividades de atenção e memória, que são a base para desenvolver atividades executivas, ligadas à vida diária.

Atualmente, temos uma demanda crescente para o tratamento e reinserção social de pessoas com deficiência. Há um movimento crescente de procedimentos e práticas de pesquisa para permitir a re-inclusão desses indivíduos na sociedade e, por consequência, a minimização de suas deficiências cognitivas e motoras.

Nesse contexto, novos softwares e novos modelos de tratamento precisam ser implementados, onde os pacientes poderão ter acesso mais livre aos exercícios e, o terapeuta poderá acompanhar os resultados à distância, reduzindo a necessidade de constantes contatos face a face. Alguns tipos de exercícios podem ser feitos em casa, ampliando as possibilidades de reabilitação de funções debilitadas. Para isso, o ambiente virtual deve ter alguns mecanismos para controlar a navegação do usuário e gerar relatórios automáticos para o terapeuta.

Como contribuições desta dissertação, destacamos:

- Estudo multidisciplinar das áreas de Realidade Virtual, Agentes Inteligentes e Reabilitação Cognitiva;
- Levantamento de possibilidades tecnológicas passíveis de serem utilizadas na integração de sistemas multiagentes em ambientes de RV;
- Modelagem integral dos agentes utilizando uma metodologia atual;

- Desenvolvimento de um protótipo que mostra a viabilidade da integração das duas tecnologias;
- Análise dos resultados da testagem deste ambiente com profissionais experientes da área.

Neste contexto, surgem várias perspectivas de pesquisa como contínua consequência deste trabalho:

- Desenvolver a expansão do protótipo envolvendo tarefas ainda mais associadas à vida diária;
- Desenvolver os agentes que não foram desenvolvidos: Agente Analisador e Agente Planejador;
- Verificar a evolução do processo de reabilitação com pacientes, realizando testagens antes e depois do cumprimento de um programa terapêutico usando o ambiente.

Finalmente, consideramos que este estudo enfatizou a necessidade de desenvolvimento de novos modelos de software a partir da integração de diferentes tecnologias, explorando principalmente, aquelas de base inteligente. Nesse sentido, destacamos que novas pesquisas e aplicações na integração de RV e Sistemas Multiagentes são necessárias e irão beneficiar trabalhos futuros nas diversas áreas do conhecimento.

REFERÊNCIAS

- ATTREE, E.A.; TURNER, M.J.; COWELL, N. A. Virtual Reality test Identifies the visuospatial strengths of adolescents with dyslexia. *CyberPsychology & Behavior*, New York, v. 12, n. 2, p.163-168, apr. 2009.
- BERGER-VACHON, C. Virtual reality and disability. *Technology and disability, Heerlen*, v. 18, p. 163-165, 2006.
- BIGUS, J.P.; BIGUS, J., *Constructing intelligent agents using Java: professional developer's guide*. 2nd. ed. New York: John Wiley & Sons, 2001, 432 p.
- BOTEGA, L. C.; CRUVINEL, P.E. Realidade virtual: histórico, conceitos e dispositivos. In: COSTA, R.M.E.M.; RIBEIRO, M.W.S. (Org.) *Aplicações de realidade virtual e aumentada*. Porto Alegre: Editora SBC, 2009. p. 8-30.
Disponível em: <http://www.ckirner.com/realidadevirtual/>. Acesso em: 20 jun.2010.
- BRENNER, W.; RÜDIGER, Z.; WITTIG, H. *Intelligent software agents: foundations and applications*. New York: Springer-Verlag, 1998. 333 p.
- BRUTZMAN, D.; DALY, L. *X3D: 3D Graphics for web authors*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2007. 472 p.
- BUENO, O. F.; SANTOS, F.H.; ANDRADE, V.M. *Neuropsicologia hoje*. São Paulo: Artes Médicas, 2004. 474 p.
- BURDEA, G.; COIFFET, P. *Virtual reality technology*. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003. 464 p.
- CAPOVILLA, F.C.; GONÇALVES, M.J.; MACEDO, E.C. *Tecnologia em (re)habilitação cognitiva: uma perspectiva multidisciplinar*. São Paulo: EDUNISC, 1998. 416p.
- CARDOSO, Lidia et al. Hemi-negligência e reabilitação cognitiva: um relato de caso. *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*, Rio de Janeiro, v. 54, n. 4, p. 340-344, 2005.
- CORRÊA, R.C.R. *Uma proposta de reabilitação neuropsicológica através do programa de enriquecimento instrumental (PEI)*. Ciências & Cognição, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 47-58, 2009. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org>. Acesso em: 29 jun. 2010.
- COSTA, R.M.E.M. *Ambientes virtuais na reabilitação cognitiva de pacientes neurológicos e psiquiátricos*. 2000. 149 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- COSTA, R.M.E.M.; CARVALHO, L.A.V.; ARAGON, D.F. Novas tecnologias computacionais na reabilitação cognitiva. In: SIMPOSIO ARGENTINO DE

INFORMÁTICA Y SALUD – SADIO, 3, 2000, Argentina. *Anais do Simposio Argentino de Informática y Salud*. Argentina: SADIO, 2000. p. 107-115.

COSTA, R. M. E. M.; MENDONÇA, I.; SOUZA, D. S. Exploring the intelligent agents for controlling user navigation in 3D games for cognitive stimulation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DISABILITY, VIRTUAL REALITY AND ASSOCIATED TECHNOLOGIES, 8, 2010, Viña del Mar. *Anais...* Viña del Mar: CoLab, 2010. p. 1-6.

COSENZA, R.M.; *et. al.* *Neuropsicologia: teoria e prática*. São Paulo: Artmed, 2008. 432 p.

CRAIG, A. B.; SHERMAN, W. R.; WILL, J. *Developing virtual reality applications: foundations of effective design*. Burlington: Morgan Kaufmann Publishers, 2009. 448 p.

CRUZ-NEIRA, C. D. J.; SANDIN, T. A.; DEFANTI, R.; V. Kenyon ; HART, J. C.. The CAVE: audio visual experience automatic virtual environment. *Communications of the ACM*, New York, v. 35, n. 6, p. 65-72, 1992.

CUELLO, A.C. Experimental neurotrophic factor therapy leads to cortical synaptic remodeling and compensation for behavioral deficits. *Journal of Psychiatry and Neuroscience*, Bethesda, v. 22, n. 1, p. 46-55, 1997.

DALGALARRONDO, P. *Psicopatologia e semiologia dos transtornos mentais*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. 440 p.

DENNETT, Daniel. *The intentional stance*. Cambridge: The MIT Press, 1989. 400 p.

DUCHAINE, B. C.; NAKAYAMA, K. Developmental prosopagnosia and the benton facial recognition test. *Neurology*, Nova York, v. 62, p. 1219-1220, april 2004.

Available on:

<http://visionlab.harvard.edu/Members/Ken/Ken%20papers%20for%20web%20page/130NeurologyDuchaine04.pdf>. Acesso em: 11 agosto de 2010.

FALCÃO, E. L.; MACHADO, L. S. *Ambientes virtuais interativos e estereoscópicos para acesso remoto*. In: WORKSHOP DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA, 6, 2009, Santos. *Anais do 6º Workshop de Realidade Virtual e Aumentada*. Santos: UNISANTA, 2009. CD-ROM.

FERBER, J.; GASSER, L. Intelligence artificielle distribuée. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON EXPERT SYSTEMS AND THEIR APPLICATIONS, 11, 1991, Avignon. Tutorial notes, 54 p.

FINGER, S.; ALMLI, R. Brain damage and neural plasticity: mechanisms of recovery or development?. *Brain Research Reviews*, New York, v. 10, n. 3, p. 177-186, dec. 1985.

FIPA, FIPA. *Agent management specification, SC00023K: FIPA TC Agent Management*, March 2004. 40 p. Disponível em: <http://www.fipa.org/>. Acesso em: 07 de out. 2010.

FONSECA, V. *Desenvolvimento psicomotor e aprendizagem*. Lisboa: Âncora, 2005. 861 p.

GAMITO, P. et al. Traumatic brain injury memory training: a virtual reality online solution. In: INTERNATIONAL CONFERENCE DISABILITY, VIRTUAL REALITY & ASSOCIATED TECHNOLOGIES, 8, 2010, Viña del Mar. *Proceedings of VIII International Conference Disability, Virtual Reality & Associated Technologies*. Chile: International Society for Virtual Rehabilitation, 2010. p. 79-84.

GAZZANIGA, S. M.; HEATHERTON. *Ciência psicológica: mente, cérebro e comportamento*. Porto Alegre: Artemed, 2005. 624 p.

GESCHWIND, N. Mechanisms of change after brain lesions. *New York Academy Science, New York*, v. 457, p. 1-12, dec. 1985.

GOMES, E. R. *Um modelo de agentes inteligentes baseado na plataforma FIPA para ambientes de ensino a distância*. 2003. 99 f. Trabalho de conclusão de curso em Ciência da Computação do Instituto de Física e Matemática da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

GOUVEIA, P. et al. Metodologia em reabilitação neuropsicológica de pacientes com lesão cerebral adquirida. *Revista de Psiquiatria Clínica*, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 295-299, 2001.

GRIEVE, J. *Neuropsychology for occupational therapists: assessment of perception and cognition*. Malden: Blackwell Publishing, 2000. 165 p.

JADE. Apresenta informações e recursos do framework JADE (Java Agent DEvelopment Framework). Disponível em: <http://jade.tilab.com/>. Acesso: 11 out. 2010.

JAVA. Apresenta informações e recursos da linguagem JAVA. Disponível em: http://www.java.com/pt_BR/. Acesso em : 11out. 2010.

JOSMAN, N.; KLINGER, E.; KIZONY, R. Performance within the virtual action planning supermarket (VAP-S): an executive function profile of three different populations suffering from deficits in the central nervous system. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DISABILITY, VIRTUAL REALITY AND ASSOCIATED TECHNOLOGIES, 7, 2008, Portugal. *Proceedings of VII International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*. Portugal: Maia & Porto, 2008. p. 33-38.

KANDEL, E. R.; SCHAWARTZ, J. H.; JESSEL, T. *Princípios da Neurociência*. 4. ed. São Paulo: Manole, 2002. 1430 p.

KETELHUT, D. J.; et al. Studying situated learning in a multi-user virtual environment. In: BAKER, E.; et. al. (Ed.). *Assessment of problem solving using simulations*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2007. p. 37-58.

KIRNER, C.; KIRNER, T. G. Evolução e tendências da realidade virtual e da realidade aumentada. In: Ribeiro M.W.S.; Zorzal, E. R. (Org.) *Realidade virtual e aumentada: aplicações e tendências*. Uberlândia: Editora SBC, 2011. p. 8-25. Disponível em: http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2011_svrps.pdf

KOLB, B.; WHISHAW, I.Q. *Fundamentals of Human Neuropsychology*. 6 th ed. New York, NY: Worth Publishers, 2008. 818 p.

KOLB, B.; WHISHAW, I. Q. *Neurociências do comportamento*. São Paulo: Manole, 2002. 664 p.

KOLB, B.; WHISHAW, I.Q. Plasticity in the neocortex: mechanisms underlying recovery from early brain damage. *Progress in Neurobiology*, New York, v.32, n. 4, p. 235-276, 1989.

LAIRD, J.E.; NEWELL, A.; ROSEMBLOOM, P.S. Soar: an architecture for general intelligence. *Artificial Intelligence, Michigan*, v. 33, n. 1, p. 1-64, 1987.

LARSSON, P.A. et al. *Exploration of computer games in rehabilitation for brain damage*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DISABILITY, VIRTUAL REALITY AND ASSOCIATED TECHNOLOGIES, 7, 2008, Portugal. *Proceedings of VII International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*. Portugal: Maia & Porto, 2008. p. 75-80.

LENT, Robert. *Cem Bilhões de Neurônios*. Rio de Janeiro: Atheneu, 2004. 698 p.

LEVINE M. W.; SHEFNER J. M. *Fundamentals of Sensation and Perception*. 3th. ed. Oxford: Oxford University Press, 2000. 582 p.

LURIA, A. *Higher Cortical Functions in Man*. 2th ed. New York: Basic Books, 1980. 634 p.

MACHADO, A. *Neuroanatomia Funcional*, 2. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2000. 363 p.

MACHADO, L. S. et al. Serious Games Baseados em Realidade Virtual para Educação Médica. *Revista Brasileira de Educação Médica*, Rio de Janeiro, v. 35, n. 2, p. 23-33, 2011.

MACHADO, L.S. Dispositivos Não-Convencionais para Interação e Imersão em Realidade Virtual e Aumentada. In: Brega, J.R.F.; Kelner, J. [Org.] *Interação em Realidade Virtual e Aumentada*. Natal: Editora SBC, 2010. p. 23-33.

MAHER, M. L.; GERO, J. S. *Agent Models of 3D Virtual Worlds, Thresholds - Design, Research, Education and Practice, in the Space Between the Physical and the Virtual*. In: CONFERENCE OF THE ASSOCIATION FOR COMPUTER AIDED

DESIGN, 2002, Pamona. *Proceedings of ACADIA*. Pamona: MID, 2002. p. 127-138. Disponível em: http://web.mit.edu/marym/www/02_Mah_Ger_Acadia.pdf. Acesso em 5 de nov. 2010.

MAHER, M. L.; GU, N. Design agents in virtual worlds: a user-centred virtual architecture agent. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON AGENTS IN DESIGN, 2002, CAMBRIDGE. *Proceedings of the International Workshop on Agents in Design*. Cambridge: MIT, 2002. p. 23-38.

MARCUCCI, F. C. I.; FILHO, S. V. Métodos de investigação funcional do cérebro e suas implicações na prática da fisioterapia neurológica. *Revista Neurociências*, São Paulo, v. 14, n.4, p. 198-203, out./dez. 2006.

MARTINS, V.F. *Processo de Desenvolvimento de Ambientes e Aplicações de Realidade Virtual*. 2000. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação), Universidade Federal de São Carlos, 2000.

MARUSAN, M.; KULISTAK, P.; ZARA, J. *Virtual Reality in Neurorehabilitation: Mental Rotation*. In: CENTRAL EUROPEAN MULTIMEDIA AND VIRTUAL REALITY CONFERENCE, 3, 2006, Veszprém. *Proceedings of the Third Central European Multimedia and Virtual Reality Conference*. Veszprém: Pannonian University Press, 2006. p. 77-83.

MEIJER, F.; GEUDEKE, B. L.; BROEK, E.L.V.D. *Navigating through Virtual Environments: Visual Realism Improves Spatial Cognition*. *Cyberpsychology & Behavior*, New York, v. 12, n. 5, p. 517-521, oct. 2009.

MENDONÇA, I.; SOUZA, D. S.; COSTA, R. M. E. M. *Ambientes virtuais 3D desenvolvidos com as linguagens JAVA3D e X3D*. In: ESCOLA REGIONAL DE INFORMÁTICA DO RIO DE JANEIRO, 1, 2010, Rio de Janeiro. *Anais da Escola Regional de Informática do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: UFRJ, 2010. p.56-59.

MIOTTO, E.C. et al. Cognitive deficits in patients with mild to moderate traumatic brain injury. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, São Paulo, v. 68, n. 6, p. 862-868, dec. 2010.

MORGANTI, F. Virtual interaction in cognitive neuropsychology. *Studies in Health Technology and Informatics*, Amsterdam, v. 99, n.1, p. 55-70, 2004.

MYSQL. Apresenta informações e recursos sobre o Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados(SGBD) MYSQL. Disponível em: <http://www.mysql.com/>. Acesso em: 11 out. 2010.

NASCIMENTO, R. F. L.; ARGIMON, I. I. L. O desempenho de idosos com depressão no Teste Wisconsin de Classificação de Cartas. *Revista Kairós*, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 185-202, jun. 2008.

NETBEANS. Apresenta informações e recursos sobre o ambiente de desenvolvimento integrado NetBeans. Disponível em: <http://netbeans.org/>. Acesso em: out. de 2010.

NOVAK, J. *Desenvolvimento de Games*. 2.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 472 p.

OSÓRIO, F. S. et al. Ambientes virtuais interativos e inteligentes: fundamentos, implementação e aplicações práticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO, 4, 2004, Itajaí. *Anais...* Itajaí: s.ed. 2004. p. 956-977.

PARENTÉ, R.; HERRMAN, D. J.; *Retraining cognition: techniques and applications*, 2. Ed. Michigan : Pro-Ed, 2003. 275 p.

PAULINO, W. R. *Biologia Atual*. 9. ed. São Paulo: ÁTICA, 2004. 483p.

PEARSON. *Introduction to WAIS-IV*. 2008, 27 p. Disponível em: http://www.pearsonassessments.com/NR/rdonlyres/CD662F2D-5255-492D-B22D-3876A667C3D8/0/WAISIV2_6_08.pdf. Acesso em 11 agosto 2010.

REIS, L. P. *Coordenação em Sistemas Multi-Agente: aplicações na gestão universitária e futebol robótico*. 2003. 451 p. Tese. (Doutorado) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2003.

RICKEL, J.; JOHNSON, W. L. STEVE. A pedagogical agent for Virtual Reality. *ACM SIGART Bulletin*, New York, v. 8, p. 332-333, 1998.

RICKEL, J.; JOHNSON, W. L. Animated agents for procedural training in Virtual Reality: perception, cognition, and motor control. *Applied Artificial Intelligence*, Philadelphia, v.13, n. 4-5, p. 343-382, may 1999.

RIVER CITY. Apresenta informações sobre o ambiente virtual multiusuário River City. Disponível em: <http://muve.gse.harvard.edu/rivercityproject/index.html>. Acesso em: 10 set. 2010.

RIZZO, A.A.; BUCKWALTER, J.G.; VAN DER ZAAG, C. *Virtual Environment Applications in Clinical neuropsychology*, In: K. Stanney (Ed.) *The Handbook of Virtual Environments: design, implementation and application*. New York: Ed. L.A. Erlbaum, 2002. p.1027-1064.

ROYALL, D. R. et al. Executive control function: a review of its promise and challenges for clinical research: a report from the Committee on Research of the American Neuropsychiatric Associations. *Journal of Neuropsychiatry Clinical Neuroscience*, Arlington, v.14, n. 4, p. 377-405, nov. 2002.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. *Artificial Intelligence: a modern approach*. 3th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2010. 1132 p.

SEAGER, W. *Investigating potential applications of new technologies for people with disabilities*. Brockenhurst: Equator Doctoral Colloquium, 2002.

SNOWDON, D.A. Healthy aging and dementia: findings from the Nun Study. *Annals of Internal Medicine*, New York, v. 139, n. 5, p. 450-454, sept. 2003.

SOHLBERG, M.M.; MATEER, C (a). *Cognitive Rehabilitation: an Integrated Neuropsychological Approach*. 2 th ed. New York: Guilford Publication, 2001. 492p.

SOHLBERG, M.; MATEER, C. *Introduction to Cognitive Rehabilitation: theory and Practice*. New York: Guilford Press, 1989. 414 p.

STEIN, D.G.; Finger, S.; Hart, T. Brain damage and recovery: Problems and perspectives. *Behavioural and Neural Biology*, Amsterdam , v.37, n. 2, p. 185-222, mar. 1983.

STERNBERG, R.J. *Psicologia Cognitiva*. 4. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2008. 584 p.

STRINGER, A. *A guide to adult neuropsychological diagnosis*. Oxford: Oxford University Press, 1996. 528 p.

TETRIS. Apresenta informações e recursos sobre o jogo Tetris. Disponível em: <http://www.tetris.com/>. Acesso em: 15 março 2011

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. *Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada*. Porto Alegre: Editora SBC, 2006. 412 p.

VALLAR, G. Spatial hemineglect in humans. *Trend in Cognitive Sciences*, v. 2, n.3, p. 87-97, mar. 1998.

VINCE, J. *Virtual Reality Systems*. 2th ed. New Jersey: Addison-Wesley, 2004. 388 p.

VIRTUAL REALITIES. Apresenta informações gerais sobre dispositivos de realidade virtual. Disponível em: <http://www.vrealities.com/>. Acesso em: 20 jun. 2010.

ZAKZANIS, K. K.; MRAZ, R.; GRAHAM, S. J. An fMRI study of the Trail Making. *Test, Neuropsychologia*, Washington, v. 43, n. 13, p. 1878-1886, apr. 2005. Disponível em: http://www.nbrca.ac.in/faculty/nandini_web/labpaper11.pdf . Acesso em 10 agosto 2010.

WAGNER, G. P. *Disfunções executivas no envelhecimento cognitivo: investigações com os instrumentos Tarefa do Jogo e Teste Wisconsin de Classificação de Cartas*. 2006. Dissertação. (Mestrado em Psicologia) – Instituto de Psicologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

WERNECK, V. M. B.; COSTA, R. M. E. M.; CYSNEIROS, L. M. *Modeling Multi-Agents Systems using different methodologies*, Multi-Agent System: modeling, interactions, simulations and case studies. Rijeka: Intech, 2011. v. 1, p. 77-96.

WOOLDRIDGE, M. J. *An Introduction to Multi-Agent Systems*. 2th ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2009. 484 p.

YU. E., Modeling strategic relationships for process reengineering. In: Yu,E.; Giorgini,P.; Maiden,N.; Mylopoulos, J. (Ed.) *Social Modeling for Requirements Engineering*. Massachusetts: MIT Press, 2011. p. 11-154.