

Sistema Integrado para Construção de Inferências Nebulosas Aplicáveis a Jogos Psicopedagógicos

Diogo da Silva Magalhães Gomes¹

Claudia Lage Rebello da Motta¹

Adriano Joaquim de Oliveira Cruz¹

Resumo: Jogos eletrônicos têm sido aplicados nas mais diversas áreas das ciências, utilizando-se de recursos computacionais inteligentes para agregar conhecimento às informações processadas. Nesse cenário, destaca-se a utilização de jogos psicopedagógicos para análise, intervenção e reabilitação cognitiva. Porém, em função de sua natureza multidisciplinar e por lidar com incertezas e imprecisões, a modelagem de um algoritmo matemático para avaliação cognitiva é complexa. Neste trabalho, é proposta a criação de um sistema de inferências que atue de forma integrada à plataforma de desenvolvimento Phidias, permitindo a construção dos algoritmos de inferência de forma desacoplada da codificação dos jogos, de forma que o próprio neurocientista possa participar de sua modelagem.

Palavras-chave: Neuropedagogia. Lógica Nebulosa. Jogos neuropedagógicos.

Abstract: *Electronic games have been applied in several areas of science, using intelligent computational resources to aggregate knowledge to processed information. In this scenario, we highlight the use of psychopedagogical games for cognitive analysis, intervention and rehabilitation. However, due to its multidisciplinary nature and its uncertainties and inaccuracies, the modeling of mathematical algorithms for cognitive assessment is complex. In this paper, we propose the creation of an inference system that works integrated to the development platform, allowing the construction of inference algorithms decoupled from the games' source cod, so that the neuroscientist himself be able to participate in its modeling.*

Keywords: Neuropedagogy. Fuzzy Games. Neuropedagogical games.

1 Introdução

A utilização de recursos informatizados aplicados como ferramentas de apoio nas áreas de saúde e educação vem se consolidando a partir de uma série de experiências bem-sucedidas em diversas áreas de conhecimento. Em especial, destaca-se a utilização de ambientes virtuais para a aplicação de jogos didáticos para avaliação e reabilitação cognitiva.

Disso resulta um vasto campo de possibilidades, permitindo que novas abordagens para estimulação e análise de diversas funções cognitivas possam ser trabalhadas, cuja eficiência pode ser potencializada com a aplicação de recursos computacionais inteligentes, presentes nos jogos eletrônicos. Esse cenário pressupõe diversas possibilidades para o desenvolvimento de estratégias pedagógicas mais eficientes, como para a inclusão de crianças com déficit de aprendizagem [1].

¹ Programa de Pós-Graduação em Informática – Universidade Federal do Rio de Janeiro(UFRJ) - Avenida Brigadeiro Trompowski, s/n – Cidade Universitária – Rio de Janeiro(RJ) – Brasil
{diogosmg@ufrj.br}, {adriano, claudiam@nce.ufrj.br}

Destaca-se, porém, o principal desafio de se modelar matematicamente algoritmos que representem toda a complexidade e as nuances dos critérios de avaliação, que variam conforme a função cognitiva em questão. No modelo tradicional, o processo de análise cognitiva é realizado a partir da interpretação do andamento da sessão de jogo por psicólogos e especialistas em neurociências², baseado em seu conhecimento e experiência prática. Este conhecimento, porém, muitas vezes empírico, é de difícil formalização e representação em modelos matemáticos, devido à sua complexidade e por tratarem de características abstratas e imprecisas.

Nesse contexto, ressalta-se a técnica de Lógica Fuzzy para a representação das imprecisões e incertezas envolvidas na modelagem dos critérios de avaliação cognitiva. A utilização de sistemas de inferência fuzzy procura a representação do conhecimento do especialista baseado na descrição de regras simples, que podem ser expressas como sentenças gramaticais lógicas, no formato “se-então”, promovendo uma melhor aproximação do conhecimento do especialista a partir da sua forma natural de raciocínio.

Entretanto, em grande parte dos trabalhos que se utilizam desta técnica [2][3][4], identificou-se como característica comum que os jogos são projetados contendo o algoritmo do sistema de inferências rígido e preestabelecido, para atender a um determinado cenário específico de utilização. Em outras palavras, as regras de inferência são codificadas no próprio software de maneira imutável.

Disso decorre que, para cada jogo a ser criado, é necessário construir e agregar ao software o algoritmo de inferência que irá fornecer os recursos de inteligência computacional requeridos. Isso implica grande complexidade, especialmente se considerando a interdisciplinaridade das áreas envolvidas nesse processo, necessitando-se da interação de profissionais de informática para extrair, documentar e implementar o conhecimento descrito pelo especialista em neuropedagogia responsável pela função cognitiva que o jogo se propõe a avaliar. Como premissa básica, os algoritmos inteligentes comumente precisam de diversos ajustes e revisões, realizados em simulações iterativas, para que atinjam um grau satisfatório de precisão, o que pode ser dispendioso considerando sua implementação acoplada à codificação do jogo.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é apresentar a proposta de construção de uma ferramenta integrada para permitir a modelagem dos algoritmos de inferência de forma desacoplada da construção dos jogos. Ao disponibilizar uma interface simples e intuitiva, objetiva-se permitir, inclusive, a participação do próprio especialista nas definições do algoritmo, formalizando seu conhecimento a partir da descrição de regras nebulosas. A integração com a plataforma de desenvolvimento de jogos psicopedagógicos Phidias [5] representa o principal diferencial do sistema, conforme apresentado na seção 2.3, ao disponibilizar de maneira automática grande parte das variáveis e dos dados coletados durante as sessões de jogo.

Para que este objetivo seja atingido, a seguir são apresentadas as principais fundamentações acerca das possibilidades de utilização de jogos psicopedagógicos, as aplicações da lógica nebulosa nesses cenários e, finalmente, a arquitetura proposta para a construção do sistema de inferências. Ao final, são apresentadas as conclusões acerca do desenvolvimento do trabalho e algumas propostas de trabalhos futuros.

2 Possibilidades na utilização de Jogos Eletrônicos

Jogos e diversão fazem parte do crescimento humano. A criança que joga desenvolve a percepção, a inteligência, sua tendência à experimentação e seus instintos sociais [6]. Tordeschini et al [7] afirmam que os jogos desenvolvem a percepção, a inteligência, a curiosidade e estimulam o afloramento de instintos sociais.

Nesse cenário, destaca-se a utilização de recursos informatizados como aliada na aplicação de processos educacionais, buscando a possibilidade de desenvolvimento de estratégias pedagógicas mais eficientes, como a utilização de ambientes virtuais na aplicação de jogos didáticos para avaliação e reabilitação cognitiva. Sobre tudo, utilizando-se dos recentes avanços na tecnologia, especialmente se considerando a popularização do acesso a recursos informatizados, um vasto ramo de possibilidades se abre com a construção de jogos em sistemas computacionais.

Se comparado com os procedimentos realizados manualmente, a aplicação de jogos assistida por computador possui inúmeras vantagens: permite a repetição de exercícios; é possível sistematizar e alterar o

² O termo especialista em neurociências ou neuropedagogia, neurocientista ou, simplesmente, especialista, será utilizado neste trabalho para designar o profissional capacitado para aplicação dos jogos psicopedagógicos e avaliação final de seus resultados.

nível de dificuldade de acordo com o desempenho do usuário, disponibiliza os resultados; oferece uma motivação externa, tendo ainda, no caso de programas mais sofisticados, a possibilidade de dar imediato *feedback*, individualizado para cada tipo de resposta [8].

2.1 Jogos Eletrônicos aplicados à Neuropsicologia Cognitiva

Muitos jogos tradicionalmente conhecidos, como jogo da memória e quebra-cabeças, exploram diversas atividades lúdicas ao estimular a concentração [2], uma vez que, aplicados segundo uma metodologia psicopedagógica fundamentada, alguns desses jogos, especialmente desenhados para atender a uma função cognitiva específica, podem servir como poderosas ferramentas para apoiar a avaliação e o desenvolvimento cognitivo. Segundo Andrade et al [3], jogos eletrônicos inteligentes, se guiados por objetivos psicopedagógicos bem definidos, podem ser utilizados para desenvolver uma extensa gama de capacidades cognitivas.

Nesse cenário, destaca-se em especial a área de cognição, em que diversas experiências positivas podem ser observadas na utilização de jogos educacionais para avaliação e reabilitação cognitiva [1][7][8][9]. Segundo Rieder et al. [5], os jogos educativos têm a capacidade de explorar atividades lúdicas que estimulam características específicas para o desenvolvimento da cognição. Ao apresentarem desafios em diferentes níveis, têm a capacidade de estimular funções cognitivas básicas, como memória, atenção e concentração.

2.2 Lógica Nebulosa em Jogos Eletrônicos

A aplicação de jogos inteligentes em ambientes virtuais está diretamente ligada à área de inteligência computacional. Diversas técnicas podem ser utilizadas para promover recursos automatizados de processamento das informações coletadas, como Lógica Fuzzy e Redes Neurais. Nesse contexto, Moratori et al. [10] apresentam um estudo sobre a construção de sistemas adaptativos inteligentes aplicados à neuropsicologia cognitiva, utilizando-se de técnicas de Lógica Fuzzy.

A utilização de Lógica Nebulosa para modelagem de diversos aspectos existentes em cenários de aplicação para jogos eletrônicos destaca-se por sua capacidade de expressar as imprecisões e incertezas do conhecimento nele representado, permitindo a elaboração de modelos mais próximos da realidade. Segundo Demasi e Cruz [11], sua versatilidade faz da Lógica Fuzzy uma excelente opção para aplicações que têm certo grau de incerteza, ou que precisem de grande flexibilidade e capacidade de adaptação.

Outra grande vantagem da utilização de lógica Nebulosa consiste na facilidade de representação do conhecimento em forma de regras, que podem ser expressas como sentenças gramaticais lógicas, no formato “se-então”. Segundo Moratori et al. [12], “a Lógica Fuzzy permite uma melhor aproximação do conhecimento do especialista, através de representações semânticas de termos linguísticos, permitindo definir poucas regras para trabalhar com termos imprecisos, criando uma modelagem mais próxima da realidade”.

Rieder et al. [2] apresentam um jogo eletrônico que utiliza recursos de inteligência computacional implementados por sistemas de inferência fuzzy para auxiliar professores no ensino da matemática, atuando como um sistema de tutoria inteligente.

Demasi e Cruz [4] descrevem a modelagem de um jogo de naves espaciais utilizando-se de técnicas de lógica fuzzy, analisando a construção de regras para a representação de conhecimento. Em outro trabalho complementar, Demasi e Cruz [11] experimentam técnicas de autoaprendizado para fornecer comportamento adaptativo ao algoritmo inteligente.

Sistemas de inferência fuzzy traduzem em modelos matemáticos a informação imprecisa expressa por um conjunto de regras linguísticas e suas definições para as partições nebulosas. Dessa forma, os dados precisos fornecidos como entradas para o sistema de inferências são transformados em dados nebulosos (*fuzzification*). Esses são processados em função do mapeamento de regras definidas e, então, transformados novamente em dados precisos (*defuzzification*), que são retornados como saída pelo sistema de inferências. A Figura 1 ilustra sinteticamente o funcionamento de um sistema de inferências fuzzy.



Figura 1. Diagrama geral do funcionamento de sistemas de inferência fuzzy.

Moratori et al. [12] apresentam resultados para experimentos que avaliam sistemas de inferência fuzzy, descrevendo-os como robustos, concluindo que grande parte dos resultados ainda são obtidos corretamente mesmo quando há parte das regras retiradas ou incorretas. Moratori et al. [12] afirmam que sua simplicidade, facilidade de construção e sua robustez sugerem que é possível utilizar sistemas fuzzy bastante precisos sob condições reais.

2.3 Jogos Psicopedagógicos

Embora diversas abordagens teóricas possam ser utilizadas na concepção e aplicação dos jogos, este trabalho se concentrará na teoria proposta por Marques denominada Fio Condutor [1][14] para avaliação cognitiva de crianças baseada na utilização de jogos psicopedagógicos, fundamentada na metodologia de Elaboração Dirigida proposta por Seminário [15]. Esses jogos auxiliam o psicólogo a localizar, estimular e intervir no processo de cognição da criança.

Originalmente concebidos e aplicados em meio físico, alguns dos jogos propostos por Marques foram virtualizados em sistemas informatizados. Alguns dos jogos desenvolvidos podem ser verificados nos trabalhos de Marques et al. [1] e Ferreira [16].

Em razão da diversidade de jogos existentes passíveis de serem virtualizados, Ferreira [16] propôs um detalhado estudo sobre a definição de uma arquitetura computacional integrada para a construção de jogos neuropsicopedagógicos, seguindo a linha teórica de Marques. Essa arquitetura, que norteou o desenvolvimento dos jogos, propõe uma infraestrutura composta por diferentes visões, representadas pela visão do jogador, do aplicador e do especialista avaliador, além de prever informações sobre repositórios, meios de comunicação e agentes computacionais.

Em conformidade com a arquitetura proposta por Ferreira, Gomes et al. [5] propuseram a construção da plataforma de desenvolvimento de jogos psicopedagógicos denominada Phidias, criada com a finalidade de abstrair a complexidade na construção dos jogos, fornecendo uma infraestrutura sobre a qual os jogos possam ser desenvolvidos. Esta plataforma implementa um conjunto de requisitos para a construção do ambiente visual e processamento gráfico, além de fornecer a captura automática de diversos eventos de interação da criança durante a sessão de jogo, como tempo entre jogadas, erros, persistências e desistências, movimentação de peças, entre outros. Esses dados são armazenados em uma base estruturada que centraliza as informações geradas por todos os jogos desenvolvidos na plataforma Phidias, que podem ser utilizados posteriormente para processamento e interpretação das informações.

3 Construção do Sistema de Inferências Nebuloso

A construção do sistema de inferências nebuloso para utilização nos jogos psicopedagógicos fundamenta-se nas definições de arquitetura propostas por Ferreira [16]. Em especial, o sistema visa, principalmente, à integração com a base de dados da plataforma Phidias [5], onde são armazenados os dados das sessões de jogo que serão utilizados para o processamento da inferência.

A utilização de uma interface simplificada objetiva fazer com que a construção dos algoritmos inteligentes ocorra de forma desacoplada da construção dos jogos psicopedagógicos, conferindo maior dinamismo à construção do algoritmo e em ajustes para se obter a melhor precisão desejada.

A fim de atingir seus propósitos, o sistema de inferências nebuloso baseia-se em algumas premissas básicas que definem as diretrizes de seus principais requisitos.

O principal foco do sistema é permitir a construção de algoritmos de inferência de forma desacoplada da codificação dos jogos, atuando juntamente com o especialista em neurociências, permitindo que ele possa formalizar seu conhecimento de maneira simples e objetiva, utilizando-se de sentenças lógicas semelhantes ao seu raciocínio natural, com expressões linguísticas causais organizadas em forma de regras. Essas definições, traduzidas em modelos matemáticos através de técnicas de lógica fuzzy, irão definir o comportamento do algoritmo de inferências nos diversos cenários em que este for aplicado.

Portanto, a primeira premissa básica se refere à existência de uma interface simples e intuitiva, que permita a definição dos critérios para modelagem do algoritmo inteligente a partir da seleção de variáveis, definição de conjuntos nebulosos e descrição de regras. Com isso, objetiva-se permitir a participação dos integrantes das equipes multidisciplinares na construção do algoritmo, sem exigir conhecimentos aprofundados de informática e, especialmente, de lógica nebulosa.

A segunda premissa consiste em construir um sistema de inferências que forneça resultados precisos e confiáveis, a fim de que possam apoiar a decisão dos especialistas em seu papel na análise cognitiva. O atendimento a este critério será buscado ao permitir que o algoritmo seja testado na própria ferramenta, possibilitando que os critérios sejam revistos e reajustados em sucessivas simulações, em um módulo integrado ao sistema. Esta premissa se fundamenta nos estudos apresentados por Moratori et al. [12] sobre a representação do conhecimento em forma de regras e sobre a robustez e confiabilidade dos sistemas de inferência fuzzy, operando em condições satisfatórias mesmo com regras incompletas.

Dessa forma, a terceira premissa se refere à existência de um módulo onde o especialista possa simular o comportamento do algoritmo recém-modelado, procedendo a ajustes pontuais nas definições estabelecidas. Com isso, à medida que os descritores e regras são ajustados, procura-se obter maior precisão para os resultados fornecidos pelo sistema de inferências.

3.1 Modelo Arquitetural

O modelo de arquitetura proposto para o sistema de inferências consta de três módulos principais, responsáveis por fazer a interface com o usuário e com o jogo, além do serviço de inferências propriamente dito. São assim descritos:

- Módulo de configuração: utilizado para selecionar as variáveis, definir os conjuntos nebulosos e especificar o conjunto de regras necessárias para definir o algoritmo de inferências
- Módulo de Simulação: utilizado para executar pontualmente a instância de inferência recém-criada, submetendo dados de testes, permitindo realizar simulações e validações de resultados, buscando a melhor configuração para resultados mais precisos;
- Módulo de Inferências: acessado diretamente pelo aplicativo do jogo psicopedagógico. Atua como uma interface para a instância do Serviço de Inferências, repassando ao algoritmo as entradas fornecidas pelo jogo e retornando o resultado processado pela inferência.
- Serviço de Inferência *Fuzzy*: representa o núcleo do sistema de inferências, fornecendo os recursos computacionais inteligentes para processamento dos dados do jogo. Utiliza-se do conjunto de definições

(regras, variáveis e partições nebulosas) estabelecido no Módulo de Configuração para processar os valores fornecidos como entrada pelo jogo. Este componente implementa os algoritmos de inteligência computacional para transformar as entradas em valores nebulosos (fuzzyfication), processar as regras e transformar os resultados obtidos novamente em valores numéricos (defuzzyfication).

A Figura 2 ilustra graficamente o modelo de arquitetura proposta para o sistema, com destaque para o serviço de inferências e seus módulos principais.



Figura 2. Modelo de arquitetura proposta para o sistema integrado de inferências

3.2 Módulo de Configuração

O Módulo de configuração é voltado para utilização por parte do especialista em neurociências e demais participantes das equipes multidisciplinares para modelar o algoritmo de inferências, a partir da seleção das variáveis envolvidas, definição das partições nebulosas e especificação do conjunto de regras nebulosas.

Para iniciar a construção de uma instância do algoritmo de inferências, o primeiro passo é designar um identificador que o represente. Este identificador será utilizado pelo desenvolvedor do jogo para obter, através de uma Application Programming Interface (API), a instância da inferência correspondente para ser utilizada no cenário desejado.

Em seguida, são selecionadas as variáveis nebulosas que serão consideradas na composição desta inferência. O sistema fornece, inicialmente, um conjunto pré-selecionado de variáveis existentes na base de dados integrada do Phidias. Além dessas, o especialista pode especificar sua própria variável, considerando que para estes casos os dados de entrada deverão ser fornecidos diretamente pelo desenvolvedor do Jogo via API, já que não será possível obtê-los diretamente a partir da base do Phidias.

A interface permitirá ao especialista selecionar quais variáveis irão compor os conjuntos de entrada e de saída a serem informados ao sistema de inferência. Nesse contexto, define-se como variável linguística uma entidade utilizada para representar de modo impreciso e, portanto, linguístico um conceito ou uma variável de um determinado problema [13]. Essas variáveis admitem como valor expressões linguísticas (comumente chamadas de termos primários), como, por exemplo, “muito”, “médio” ou “pouco”, para representar um determinado valor dentro de um intervalo, descrito por um conjunto nebuloso. Esses valores nebulosos

contrastam com os valores assumidos por uma variável numérica, que admite apenas valores precisos (ou seja, números) [13].

Definidas as variáveis, devem-se especificar os termos primários associados a cada uma delas, que representam as abstrações dos conjuntos nebulosos para o intervalo numérico correspondente. Esses termos são representados por números fuzzy, ou também chamados intervalos fuzzy. Os números fuzzy são representados por intervalos no formato $\tilde{N}(1;5;10)$ ou $\tilde{N}(1;5;7;10)$, que correspondem aos descritores para os números fuzzy triangulares e trapezoidais, respectivamente. A Figura 3 ilustra graficamente os números fuzzy triangulares e trapezoidais.

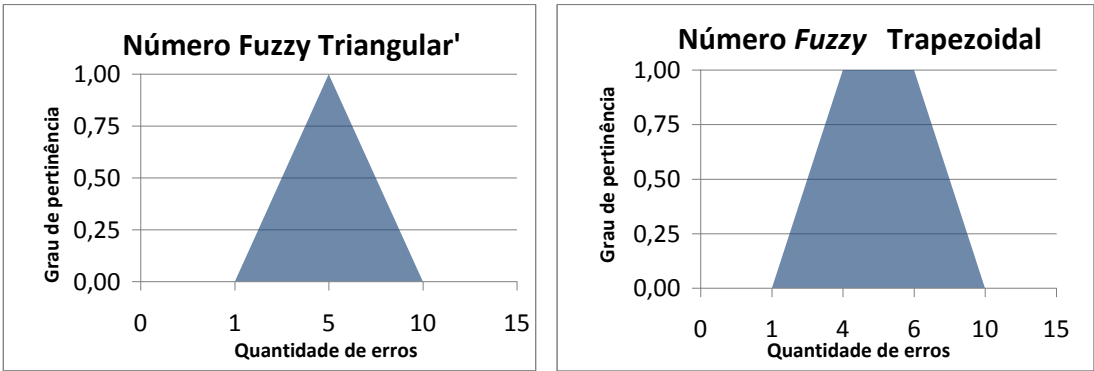


Figura 3. Representação gráfica dos os números *fuzzy* triangulares e trapezoidais, respectivamente.

Os termos primários definidos para uma dada variável linguística formam a sua estrutura de conhecimento, chamada de partição fuzzy da variável [13]. Para exemplificar, uma variável de entrada denominada “quantidade de erros” pode apresentar a seguinte partição fuzzy: *baixo*, *médio* e *alto*. Como essa partição representa abstrações de valores numéricos, para cada um desses termos haverá um conjunto nebuloso associado que descreverá a abstração do intervalo numérico a ele correspondente. Para facilitar o uso do sistema por neurocientistas e facilitar a compreensão dos valores representados, o sistema irá disponibilizar representações gráficas para esses conjuntos nebulosos. A Figura 4 ilustra um exemplo para a representação configuração da partição fuzzy possível para esta variável:

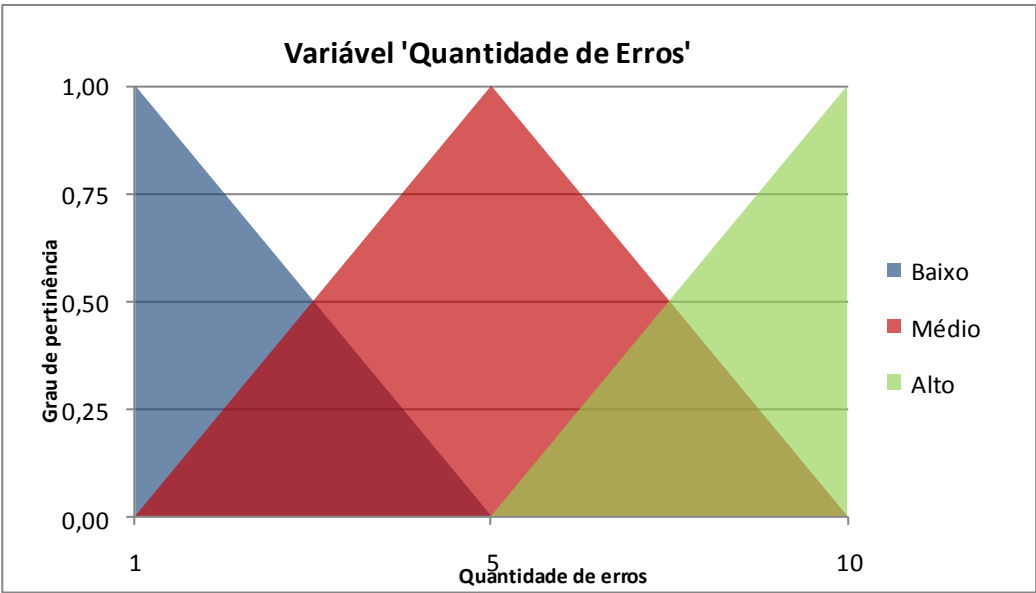


Figura 4. Representação gráfica da partição fuzzy possível para a variável linguística “quantidade de erros”

Por fim, o comportamento do algoritmo de inferência no processamento das informações é definido ao se constituir o conjunto de regras linguísticas que correlacionam logicamente as variáveis de entrada com as variáveis de saída, em expressões semânticas causais, no formato “se-então”. O conhecimento do especialista é formalizado em expressões que determinam qual saída será equivalente a uma determinada combinação de condições fornecidas como entrada. Dessa forma, a cada associação relevante de um quantificador para uma determinada variável com outra variável será especificado um valor nebuloso correspondente para a saída.

Para exemplificar, considere-se um cenário hipotético em que existam as variáveis de entrada *quantidade de erros* (com os conjuntos nebulosos *POUCO*, *MÉDIO*, *ALTO*), a variável *tempo de resposta* (*BAIXO*, *MÉDIO*, *ALTO*) e a variável de saída *aspecto atenção* (*ANSIEDADE*, *CONCENTRAÇÃO*). Nesse cenário se pode construir, apenas como exemplo didático, a seguinte regra: “se *quantidade de erros* = *ALTO* e *tempo de resposta*=*BAIXO* então *aspecto atenção*=*ANSIEDADE*”. No exemplo, a regra infere que pode haver uma característica de ansiedade em um comportamento que apresenta persistência de respostas incorretas num intervalo curto de tempo.

Para facilitar o uso por neurocientistas, o sistema de inferências contará com funcionalidades para auxiliá-lo na condução de seu raciocínio, apresentando e sugerindo as regras para regiões ainda não cobertas, para que seja especificada a saída correspondente, ou, ainda, apresentando a análise combinatória das associações possíveis para que sejam preenchidos os valores de saída apropriados para cada caso.

3.3 Módulo de Simulação

O módulo de simulação é responsável por permitir a execução de simulações pontuais na instância de inferência recém-criada. Isso confere ao especialista a possibilidade de melhorar a qualidade do algoritmo criado, calibrando seu comportamento a partir da redefinição dinâmica dos critérios estabelecidos para o algoritmo, como a formação dos conjuntos nebulosos e o mapeamento de regras, validando os resultados obtidos até que se tornem satisfatórios.

Este módulo utiliza as definições especificadas para a instância de inferência pelo Módulo de Configuração e recebe como entrada um valor, ou um conjunto de valores, para cada variável prevista no mapeamento, retornando como saída o resultado de processamento da inferência.

Após a execução de cada teste, o especialista pode avaliar o resultado e retornar ao módulo de configuração para realizar as alterações pertinentes, em sucessivas iterações até que os resultados obtidos representem o modelo proposto.

3.4 Módulo de Inferências

O módulo de inferências atua como a interface do desenvolvedor do jogo psicopedagógico com o serviço de inferências fuzzy. Este módulo expõe para o desenvolvedor uma interface de desenvolvimento, atuando como API, oferecendo o conjunto de métodos necessários para o jogo obter a instância da inferência apropriada, criada pelo especialista para atender a um propósito específico a partir do Módulo de Configuração, fornecer o conjunto dos dados de entrada e receber o valor de retorno processado pelo sistema de inferência nebuloso.

Os resultados obtidos por este módulo serão utilizados pelo jogo dentro do seu contexto de atuação e do objetivo a que a inferência se propõe e poderão constituir insumos para ajustes nos jogos ou para apoiar a decisão do especialista na condução de sua análise cognitiva.

Este módulo também é utilizado pontualmente pelo módulo de simulações, para execução de testes e validações a partir de um conjunto de dados de entrada fornecidos pelo especialista através da interface do sistema.

3.5 Serviço de Inferências Nebuloso

O serviço de inferência nebuloso é responsável por transformar as definições especificadas para a instância de inferência, descrita pelos conjuntos nebulosos das variáveis e pelo mapeamento de regras, em termos matemáticos, e processar os resultados correspondentes ao conjunto de dados submetido como entrada.

Este módulo utiliza técnicas de lógica fuzzy para traduzir as imprecisões expressas pelos termos linguísticos e variáveis nebulosas em abstrações de valores (fuzzification) e os modelos matemáticos capazes de processá-los. Em função do mapeamento de regras, o algoritmo obtém o valor de saída correspondente, que é então transformado de volta num número preciso (defuzzification), a ser fornecido como retorno para o usuário.

Este módulo constitui o núcleo funcional inteligente do sistema de inferências, responsável por interpretar o conhecimento do especialista expresso no mapeamento de regras, fornecendo o comportamento inteligente a ser agregado aos jogos.

4 Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Este trabalho apresentou a proposta de utilização de uma abordagem dinâmica para permitir a modelagem de algoritmos inteligentes com lógica fuzzy aplicáveis a jogos psicopedagógicos, utilizando uma interface integrada. Com isso, objetiva-se que a modelagem do algoritmo de inferência possa ser realizada de forma desacoplada da codificação dos jogos, possibilitando, inclusive, a participação dos especialistas em neuropsicopedagogia na modelagem do algoritmo, beneficiando-se de uma interface simplificada e intuitiva.

O aspecto dinâmico da modelagem, viabilizando a participação dos especialistas na construção e simulação do algoritmo, e sua integração automática com a base de dados do Phidias representam as principais contribuições deste trabalho para a utilização de recursos computacionais inteligentes nos jogos psicopedagógicos.

O projeto de pesquisa segue em andamento como dissertação de mestrado integrante do Programa de Pós-Graduação em Informática do NCE/UFRJ. Seus principais requisitos foram elicitados em conjunto com os especialistas em neuropsicopedagogia integrantes das equipes multidisciplinares envolvidas no projeto. Portanto, estão previstas em seu escopo etapas adicionais de validação do cumprimento destes requisitos, especialmente dos critérios de usabilidade na definição das inferências e confiabilidade das informações obtidas. Essas validações ocorrerão em forma de pesquisas aplicadas a grupos de especialistas durante sessões práticas de utilização do sistema na modelagem de cenários propostos para alguns dos jogos preexistentes [1].

Alguns pontos de atenção apontam possíveis melhorias futuras, especialmente no que se refere ao mapeamento das regras nebulosas. Em alguns cenários em que sejam consideradas muitas variáveis, ou com muitas partições nebulosas associadas a cada variável, pode ser necessário realizar um grande número de mapeamentos. Este problema foi apontado por Demasi e Cruz [11], que também descreveram uma abordagem possível para utilização de técnicas de auto aprendizado em tempo real para o mapeamento destas regras.

Cabe destacar que este trabalho não objetiva substituir o papel do profissional em neuropsicopedagogia na aplicação das sessões de jogo, pretendendo atuar tão somente como mais uma ferramenta de apoio às decisões que serão tomadas. Adicionalmente, o processo de avaliação de funções cognitivas é extremamente complexo e envolve vários níveis de análise. Portanto, os resultados fornecidos pelas instâncias de inferência representam apenas unidades de conhecimento, que irão constituir uma base a ser analisada de forma macro por outras ferramentas, visando à assinatura cognitiva final.

Esta pesquisa não esgota, portanto, as possibilidades de aplicação de recursos computacionais inteligentes aos jogos psicopedagógicos. Variantes deste trabalho podem explorar possibilidades em diversas áreas, especialmente no tratamento de dados para extração de conhecimento e identificação de padrões. Outras abordagens podem envolver ajustes dinâmicos nos jogos para se adaptar aos níveis cognitivos da criança, conforme evoluir seu andamento durante a sessão de jogo, podendo utilizar os resultados da inferência como insumos para as adaptações a serem feitas.

Referências

- [1] MARQUES, C. V., TOLLA, C.E, MOTTA, C ; VRABL, S ; LAPOLLI, F ; ÂNGELO, L. DAFLON, L. **Avaliação de Crianças Deficientes Visuais através de Jogos Neuropsicopedagógicos**. Revista Brasileira de Computação Aplicada, v.2, n.1, mar.2010. Passo Fundo, RS.

- [2] RIEDER, R.; BRANCHER, J.D. **Aplicação da Lógica Fuzzy a Jogos Didáticos de Computador - A Experiência do Mercadão GL**. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE INFORMÁTICA EDUCATIVA, 7., 2004, Monterrey, Mexico. Actas do VII Congresso Iberoamericano de Informática Educativa. Monterrey: RIBIE, 2004. p. 127-136.
- [3] ANDRADE, L. C. V.; ARAUJO, C.; MORATORI, P. B.; LIMA, J. C.; FRANCO, P.; SOARES, A. **Mapa do Zoológico – Captura Cognitiva para Disfunção Executiva** XV SBIE – Simpósio Brasileiro de informática na Educação, Manaus, 2004.
- [4] DEMASI, Pedro; CRUZ, Adriano. **Modelagem Fuzzy para um jogo de Naves Espaciais**. I Workshop Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, 2002
- [5] GOMES, D. S. M.; MORAES, A. L. A; BETTINI, S. B. L., C. V. M. Marques, e OLIVEIRA, C. E. T. **Phídias: Construção para agilizar a virtualização de jogos metacognitivos**. Rio de Janeiro: NCE/UFRJ, 10 p. (Relatório Técnico, 05/09). 2009
- [6] PIAGET, Jean. **Psicologia e Pedagogia**. Rio de Janeiro, Ed. Forense, 1988.
- [7] TORDESCHINI, R.; PEREIRA, A; STRADIOTTO, C., (2000), **Jogos e entretenimentos em realidade virtual: perspectivas e possibilidades**, IV Congresso Internacional de Engenharia Gráfica nas artes e no desenho, Ouro Preto.
- [8] COSTA, R. M. E. M., **Ambientes Virtuais na Reabilitação Cognitiva de Pacientes Neurológicos e Psiquiátricos**. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2000.
- [9] COSTA, R. M. E. M.; CARVALHO, Luis Alfredo Vidal de. **O uso de Jogos Digitais na Reabilitação Cognitiva**. In: Workshop de Jogos Digitais na Educação, 2005, Juiz de Fora. CD-ROM do XVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2005
- [10] MORATORI, Patrick; ANDRADE, R. L.; ARAUJO, Catia, FRANCO, Cláudia; LIMA, Cabral; MATTOS, Paulo; FRANCO, Carlos; SOARES, Adriana. **Jogos Inteligentes Adaptativos Aplicados à Neuropsicologia Cognitiva**. In: Workshop de Jogos Digitais na Educação, 2005, Juiz de Fora. CD-ROM do XVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2005
- [11] DEMASI, Pedro; CRUZ, Adriano J. de O. **Aprendizado de Regras Nebulosas em Tempo Real para Jogos Eletrônicos**. XI Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web. Jogos - II Workshop Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, Salvador - BA, 4 e 5 de novembro de 2003.
- [12] MORATORI, P.B.; Pedro, M.V.; Manhaes, L.M.B.; Lima, C.; Cruz, A.J.O.; Ferreira, E.B.; de Andrade, L.C.V.; , "Analysis of the Stability of a Fuzzy Control System Developed to Control a Simulated Robot," *Fuzzy Systems*, 2005. The 14th IEEE International Conference on Fuzzy, vol., no., pp.726-730, 25-25 May 2005
- [13] ALMEIDA, V. R. S. A. **Sistemas de Recomendação para Grupos na Difusão do Conhecimento Organizacional**. 2005. Dissertação (Mestrado em Informática) – Programa de Pós-Graduação em Informática, IM/NCE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- [14] MARQUES, C. V.; OLIVEIRA, C. E. T.; MOTTA, C. (Org.). **A revolução cognitiva: um estudo sobre a teoria de Franco Lo Presti Seminário**. Rio de Janeiro: PPGI/IM/NCE, (2009b). (Relatório Técnico, 04/09).
- [15] SEMINÁRIO, Franco Lo Presti. **Elaboração dirigida um caminho para o desenvolvimetro metaprocessual da cognição humana**. Rio de janeiro: Instituto Superior de Estudos e Pesquisas Sociais, 1987.

- [16] FERREIRA, Paula Andrea Prata. **Um Projeto Arquitetural para Sistemas Neuropedagógicos Integrados**. 2009. 161 f. Dissertação (Mestrado) – NCE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2009.