

Inteligência artificial e sua aplicação em *serious games* para saúde

Artificial intelligence and its application in *serious games* for health

La inteligencia artificial y su aplicación en *serious games* para la salud

Tháise Kelly de Lima Costaⁱ

Liliane dos Santos Machadoⁱⁱ

Ronei Marcos de Moraesⁱⁱⁱ

Resumo

Os *serious games* são aplicativos que oferecem meios de vincular recursos atrativos ao processo de ensino-aprendizagem. Na saúde, esses tipos de jogos geralmente precisam monitorar ações do usuário para atualizar o ambiente, controlar personagens, avaliar o desempenho do jogador e realizar classificação. Nestes casos, é interessante que uma análise seja feita a partir de um módulo de inteligência artificial (IA) capaz de auxiliar nos processos decisórios. Essa inteligência pode atuar em níveis distintos, como movimentação, tomada de decisão e estratégia. Nos processos decisórios, funciona como um canal comunicativo entre aplicação e decisões do usuário, analisando as decisões e reagindo automaticamente a elas. Aos poucos, a inteligência artificial ganha relevância nos jogos como aliada na construção do conhecimento, necessitando ser melhor investigada cientificamente. Assim, este artigo objetiva apresentar uma revisão das técnicas e métodos de IA que costumam ser utilizadas em *serious games* para saúde, discutindo sua importância e apontando potencialidades do seu uso.

Palavras-chave: Jogos de vídeo; Inteligência artificial; Tecnologia educacional; Materiais de ensino; Informática em saúde; Aplicação de informática médica.

Abstract

Serious games are applications that offer attractiveness to the teaching and learning process. In the health, this kind of games generally need to monitor the user actions to update the environment, control characters, evaluate the performance of the players and to classify them. In this context, it is important an analysis through artificial intelligence (AI) to support decision-making. This intelligence can act in different areas: movement, decision-making, and strategy. In decision-making processes, it acts as

i Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Ciências Exatas, Rio Tinto, Brasil. | lattes.cnpq.br/7371696651698143 | orcid.org/0000-0001-5777-112X | thaise@dce.ufpb.br

ii Universidade Federal da Paraíba, Centro de Informática, João Pessoa, Brasil. | http://lattes.cnpq.br/0240551533292579 | orcid.org/0000-0002-1182-2929 | liliane@di.ufpb.br

iii Universidade Federal da Paraíba. Departamento de Estatística. João Pessoa, Brasil. | http://lattes.cnpq.br/7925449690046513 | orcid.org/0000-0001-8436-8950 | ronei@de.ufpb.br

a channel of communication between the application and the user decisions, processing the decisions and responding automatically to them. The artificial intelligence gradually gets more importance in the serious games like an ally in the knowledge building and so it requires to be scientifically investigated. Thus, this paper presents a review of artificial intelligence techniques and methods that are often used in serious games for health and discusses the importance and potential uses.

Keywords: Videogames; Artificial intelligence; Educational technology; Teaching materials; Medical informatics; Medical informatics applications.

Resumen

Los *serious games* (juegos serios) son aplicaciones que ofrecen medios de asociar recursos atractivos con el proceso de enseñanza-aprendizaje. En salud, estos tipos de juegos normalmente necesitan acompañar al jugador para actualizar el entorno, el control de los caracteres, evaluar el rendimiento del usuario y realizar la calificación. En estos casos, es interesante hacer un análisis por intermedio de un módulo de inteligencia artificial (IA) que sea capaz de ayudar en la toma de decisiones. Esta inteligencia puede actuar em diferentes niveles, tales como la manipulación, la estrategia y la propia toma de decisiones. En los procesos de toma de decisiones, funciona como un canal comunicativo entre la aplicación y las decisiones del usuario, lidiando con ellas y reaccionando automáticamente. Gradualmente, la inteligencia artificial adquiere relevancia en los juegos como una aliada en la construcción del conocimiento, necesitando ser mejor investigada científicamente. Así, el artículo tiene como objetivo proporcionar una revisión de las técnicas y métodos de la IA que se utilizan a menudo en *serious games* (juegos serios) en la salud, discutiendo su importancia y apuntando la potencialidad de su uso.

Palabras clave: Videojuego; Inteligencia artificial; Tecnología educacional; Materiales de enseñanza; Informática médica; Aplicaciones de informática médica.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Como citar

Costa TKL, Machado LS, Moraes RM. Inteligência artificial e sua aplicação em serious games para saúde. Rev Eletron de Comum Inf Inov Saúde [Internet]. 2014 out.-dez.; 8(4):525-539. Disponível em: <http://www.reciis.icict.fiocruz.br/index.php/reciis/article/view/844>

Submetido: 13 set. 2013 | Aceito: 13 out. 2014 | Publicado: 19 dez. 2014

Conflito de interesses: não há.

Fontes de financiamento: não houve.

Contribuição autoral

Todos os autores contribuíram igualmente na concepção deste trabalho, assim como na definição do desenho do estudo, redação, discussão e revisão do texto final.

Licença: CC BY-NC atribuição não comercial. Com essa licença é permitido acessar, baixar (download), copiar, imprimir, compartilhar, reutilizar e distribuir os artigos, desde que para uso não comercial e com a citação da fonte, conferindo os devidos créditos de autoria. Nesses casos, nenhuma permissão é necessária por parte dos autores ou dos editores.

Introdução

Nos tempos atuais, tratando-se de educação, os avanços tecnológicos possibilitaram o surgimento de sistemas e equipamentos que tendem a beneficiar o processo de ensino-aprendizagem^{1,2}. Neste contexto, destaca-se a utilização de jogos digitais em busca de meios de vincular recursos atrativos e características lúdicas ao aprendizado.

De acordo com Salen e Zimmerman³, os jogos são considerados sistemas capazes de envolver seus jogadores em situações de conflito que são definidas por regras e geram um resultado quantificável. Com base nesse conceito, McClarty et al.⁴ definem os jogos digitais de forma objetiva como “jogos que incorporam tecnologia” (computadores, videogames, portáteis etc.). Há alguns anos, vários jogos têm sido utilizados para propósitos que transpassam o puro entretenimento, sendo denominados *serious games* (SGs). Os *serious games* podem ter por objetivo o ensino de conteúdos específicos ou o treinamento de habilidades, compreendendo aspectos lúdicos e de entretenimento⁵.

De acordo com o Idate⁶, o mercado apontou que a indústria de *serious games* gerou uma receita de 2,1 bilhões no mundo, em 2010, e possui uma expectativa de crescimento médio anual de 47% até 2015, quando se espera que as vendas atinjam a faixa dos 15 bilhões. Este fato estimula desenvolvedores e é confirmado em vários setores que vêm aproveitando os benefícios dos *serious games* para suas atividades, tais como militar, empresarial, governamental, política, religião, saúde e artes. Entre estes setores destaca-se o setor da saúde, em especial com o foco em treinamento e ensino^{7,8}. As vantagens advindas da utilização desses jogos e ambientes tanto para estudantes quanto para profissionais na saúde incluem: a melhoria do treinamento, possibilitando o exercício de casos raros ou incomuns; redução de riscos para pacientes reais enquanto os estudantes estão adquirindo habilidades clínicas; possibilidade de validação de procedimentos utilizando medidas objetivas para avaliação de habilidades; e possibilidade de experimentação de materiais usuais ou não usuais de laboratório⁹. Além disso, esse tipo de jogo pode ser empregado como uma ferramenta de aprendizagem assíncrona, na qual o estudante ou profissional pode ter a conveniência de escolher seus horários, sem estar restrito à disponibilidade de professores e clínicos¹⁰.

Nos jogos, percebe-se a crescente integração de características da realidade virtual (RV) - área da computação que engloba três conceitos fundamentais: interação, envolvimento e imersão. A interação está relacionada à capacidade do ambiente para responder as ações do usuário de maneira interativa por meio de dispositivos, podendo alguns tipos capturar os movimentos dos usuários de forma natural. O envolvimento está relacionado com a capacidade de manter a atenção do usuário, procurando explorar seus diferentes sentidos, de forma que ele se sinta atraído e motivado a permanecer no ambiente. Já a imersão refere-se a capacidade de fazer com que o usuário se sinta presente no ambiente simulado, buscando distanciá-lo do ambiente real¹¹.

No campo da saúde, a integração entre *serious games* e realidade virtual também é importante, pois a realização de atividades de capacitação e treinamento através de jogos requer, muitas vezes, que as situações apresentadas aos usuários reproduzam a realidade e incluam o envolvimento dos sentidos humanos. Nesse contexto, a RV pode auxiliar principalmente nos aspectos de visualização, navegação e interação com o usuário.

Alguns *serious games* oferecem aos participantes a possibilidade de realização de atividades e/ou tarefas em grupo^{10,12}. Aplicativos com estas características contribuem para o treinamento de atividades colaborativas, utilizando redes de comunicação, como a internet, para aproximar as pessoas e suas ações. Esta colaboração possibilita que os jogadores possam trocar experiências e construir o aprendizado de forma conjunta.

De acordo com Arnab et al.⁵, os jogos conseguem produzir bons resultados de aprendizado quando utilizados com a finalidade de treinamento e capacitação (colaborativos ou não), permitindo aos jogadores

empregar os conhecimentos adquiridos virtualmente em situações reais. Nestas aplicações, assim como na vida real, os estudantes e/ou profissionais da saúde precisam tomar decisões que afetam a execução do procedimento. Assim, é importante que os *serious games*, utilizados em especial no treinamento e capacitação, possuam um módulo de inteligência artificial (IA) capaz de auxiliar nas tomadas de decisão do jogo e avaliação do desempenho do(s) jogador(es).

As técnicas e métodos de inteligência artificial podem atuar em seções distintas:

tomada de decisão, movimentação e estratégia¹³. Na tomada de decisão, o sistema precisa descobrir qual comportamento é o mais adequado a cada momento do jogo. A movimentação faz referência a técnicas que transformam as decisões em algum tipo de movimento. Já a estratégia é utilizada para coordenação de ambientes que envolvem equipes, tratando-se de uma abordagem global para influenciar o comportamento de um grupo.

Nos jogos, a inteligência artificial é uma das áreas de destaque na criação de aplicações para treinamento. Nesse contexto, os *serious games* voltados para saúde exploram bastante a tomada de decisão, envolvendo o controle do comportamento do jogo, gerenciamento de personagens não controlados pelo jogador e avaliação de desempenho¹¹. Para isso, a IA permite acompanhar as ações do usuário e modificar de forma dinâmica os desafios. A coleta de informações e monitoramento do desempenho durante o jogo permitem classificar o nível de conhecimento do jogador sobre o conteúdo¹⁴.

Segundo Machado, Moraes e Nunes⁸, o controle da inteligência pode estar centrado em um módulo do jogo ou disperso entre os personagens. A investigação e desenvolvimento de abordagens que integrem ambas as formas de controle são interessantes fontes de pesquisa, podendo ser utilizadas em uma única aplicação para possibilitar a atenuação do custo computacional, mas também para permitir maior número de opções durante o jogo¹¹.

A inteligência artificial nos jogos é um campo de estudo com bastante mutação. Nesse campo, os investimentos realizados têm resultado no surgimento de *serious games* com aplicações de diferentes técnicas de IA, desde as mais simples até mais sofisticadas. Essa evolução, conceitual e de pesquisa, deve-se também ao crescimento do poder computacional das plataformas de entrega dos jogos, e permite a disponibilização de jogos cada vez mais eficientes para treinamentos na área da saúde. Nesse contexto, este artigo aborda diferentes métodos de decisão para inteligência nos jogos propiciando uma discussão de potencialidades, bem como da importância dos *serious games*, apresentando diferentes jogos desenvolvidos na área da saúde.

Serious games na saúde

Os *serious games* oferecem à sociedade uma categoria especial de jogos que ultrapassam a proposta de entretenimento e permitem diferentes experiências⁸. Esses jogos possuem como objetivo o aprendizado de conteúdos específicos e treinamento de habilidades; contudo, a diversão continua existindo como fator motivador do usuário no ambiente¹⁵.

Em atividades de aprendizado, os *serious games* podem simular situações que envolvam o conhecimento acerca de conteúdos e/ou a conscientização, direcionando o usuário a tomar decisões que podem influenciar sua evolução na aplicação¹¹. Já em atividades de treinamento na saúde, eles podem simular diferentes situações, comuns ou críticas, variando o grau do risco e tipos de instrumentos disponíveis. Este fato é importante na formação dos estudantes e profissionais da saúde, pois os deixam mais seguros para lidar com casos na vida real.

Os *serious games* na saúde têm como proposta oferecer conhecimentos científicos e sociais para estudantes, profissionais e pacientes, permitindo o aperfeiçoamento de habilidades e técnicas através de atividades virtuais¹⁶. Diversas áreas da saúde (como medicina, enfermagem, odontologia, fisioterapia)

têm se beneficiado das potencialidades dos jogos, em especial nas questões que envolvem o aprendizado e treinamento.

Para a realização de um projeto eficaz, a construção de *serious games* para aprendizado e treinamento na saúde requer a compreensão dos aspectos cognitivos, o objeto de estudo e a possibilidade de ser jogado, sendo importante que a equipe de desenvolvimento possua especialistas nas teorias, no conteúdo e no projeto¹⁷. Os especialistas nas teorias são os responsáveis pelos aspectos pedagógicos, afetivos e psicológicos do jogo. Os especialistas de conteúdo são os responsáveis pelas informações para o aprendizado ou treinamento dos assuntos específicos abordados pelo jogo. Já os especialistas no projeto envolvem a equipe responsável por arte, entretenimento, inteligência artificial e programação do jogo. Assim, a elaboração de *serious games* requer uma estreita colaboração entre as equipes.

Machado, Moraes e Nunes⁸ destacam, em sua pesquisa, quatro categorias principais de projetos na saúde que incluem *serious games*, simulações e outras aplicações, agrupadas por finalidade:

- Auxiliar terapias
- Promover a saúde ou o condicionamento físico
- Monitorar a saúde
- Treinar

Entre as aplicações para auxiliar as terapias, tem-se o de Ma e Bechkoum¹⁸. Em seu trabalho, os autores mostram o desenvolvimento e teste de um *serious game* para tratamento de pacientes com AVC (Acidente vascular cerebral), encorajando-os à prática de exercícios físicos. Seus estudos revelaram a eficácia do jogo no tratamento desses pacientes. Outro trabalho nessa linha foi desenvolvido por Coelho et al.¹⁹, que utiliza um ambiente 3D para terapia de acrofobia. O ambiente recria a visão de uma varanda de hotel com a simulação da exposição gradual da altura, e seus resultados revelam o progresso dos participantes.

Um exemplo de aplicação com a finalidade de promover a saúde e condicionamento físico é encontrado em Göbel et al.²⁰. Os autores mostram um conjunto de jogos que têm por objetivo aumentar a motivação (a longo prazo) de usuários para treino de exercícios físicos. Os primeiros estudos sobre a viabilidade dessa série de jogos mostraram os benefícios com a real motivação dos jogadores. Já em Zamboni et al.²¹ é apresentada uma proposta de *serious game* para estimular a promoção de hábitos noturnos saudáveis em jovens, alertando o risco do consumo de bebidas alcoólicas em excesso e do uso de drogas.

No monitoramento da saúde, é possível mencionar o *serious game* utilizado para o controle de emoções²². O jogo visa proporcionar um ambiente de aprendizagem que ajuda os participantes a tentarem melhorar o controle das emoções. De modo específico, os sensores de eletrocardiograma monitoram a habilidade do jogador em controlar os anseios, provocando o ajuste de cenário de decisão.

No que diz respeito ao treinamento também é possível encontrar uma série de aplicativos. Um exemplo é o ambiente virtual imersivo para treinamento de cirurgia ocular²³. O ambiente permite que o usuário realize os procedimentos necessários em uma cirurgia de catarata, utilizando dispositivos de retorno tátil para interação. Outro exemplo de aplicativo é o jogo interativo e multiusuário para treinamento de cirurgias, desenvolvido por Cowan et al.²⁴. Nesse jogo, os estudantes e profissionais passam por uma série de etapas que compõem o procedimento de revascularização do miocárdio.

Inteligência artificial e *serious games*

Assim, como foi apresentado anteriormente, a inteligência artificial nos *serious games* pode atuar na tomada de decisão, envolvendo entre outras coisas o controle do comportamento do jogo, o gerenciamento de personagens não controlados pelo jogador e a avaliação de desempenho. A escolha da abordagem e atuação da IA no jogo ou simulação deve ser definida na etapa de planejamento da aplicação, dependendo da complexidade do jogo²⁵. Neste contexto, diversas técnicas são apresentadas na literatura, sendo agrupadas por Bourg e Seeman²⁵ em duas categorias: deterministas e não-deterministas.

O termo *determinista* é utilizado quando o comportamento ou desempenho é determinado e previsível, não havendo incerteza. Um exemplo de comportamento determinista é o exercido por um algoritmo de caminhada simples. Através dele, o desenvolvedor pode codificar explicitamente um NPC (*Non-Playing Character*) para avançar no eixo de coordenadas até que as coordenadas do personagem coincidam com as do destino²⁶.

As técnicas de inteligência artificial deterministas são, geralmente, mais rápidas e mais fáceis de implementar, entender, testar e depurar, em comparação com as não-deterministas. Embora tenham muito a seu favor, as técnicas deterministas possuem o ônus de requisitar do desenvolvedor a antecipação de todos os cenários e codificação de todos os comportamentos. Além disso, depois de jogos curtos, os comportamentos tendem a se tornar previsíveis, podendo limitar o tempo de vida do jogo²⁶.

Entre as técnicas deterministas destacam-se:

- Máquinas de estados finitos (MEFs);
- Lógica *fuzzy*;
- Sistema baseado em regras (SBR).

O termo *não-determinista* é utilizado em situações opostas ao determinista. Quando o comportamento envolve algum grau de incerteza, sendo considerado de alguma forma imprevisível. O grau de incerteza depende da técnica de inteligência artificial empregada e como ela é entendida. Um exemplo de comportamento não-determinista é realizado por um personagem não controlado pelo jogador quando está aprendendo a se adaptar às táticas de combate do jogador. Este tipo de aprendizagem pode ter uma rede neural, técnica Bayesiana ou algoritmo genético²⁶.

A categoria não-determinista é composta por técnicas e métodos que facilitam o aprendizado e permite a característica de imprevisibilidade no jogo. Além disso, os desenvolvedores não necessitam codificar explicitamente todos os comportamentos de forma antecipada. Esses métodos podem aprender, por conta própria, e promover o comportamento que surge sem instruções explícitas pelo especialista.

Dentre as técnicas não-deterministas destacam-se:

- Rede neural;
- Rede bayesiana;
- Algoritmos genéticos.

O Quadro 1 apresenta as principais características das técnicas apresentadas.

Quadro 1 - Comparativo das técnicas de inteligência artificial

Nome	Definição	Aplicações comuns
Máquinas de estados finitos (MEFs)	Autômatos abstratos que definem um grupo de estados e condições	Em sistemas de tomada de decisão geralmente simplificados
Lógica fuzzy	Representa problemas e situações por meio de conjuntos difusos com funções de pertinência	Em análise de situações e tomada de decisão baseadas em características imprecisas
Sistema baseado em regras (SBR)	Conjunto de declarações que formam uma "memória de trabalho", e um conjunto de regras que apontam como agir de acordo com as declarações	Em casos de tomada de decisão nos quais o conhecimento na área possa ser descrito através de regras no estilo "condição-ação"
Rede neural	Rede com neurônios artificiais (nós) que processam dados de entrada simulando o funcionamento de uma unidade cerebral	Em aplicações para aprendizagem de máquina Em aplicações com necessidades de adaptação ao jogador Em aplicações de classificação Em aplicações nas quais a estrutura do problema não é conhecida Em tarefas de predição
Rede bayesiana	Grafo acíclico e direcionado que simula a relação entre variáveis aleatórias de um dado problema	Em aplicações nas quais a estrutura do problema é conhecida Em aplicações de classificação Em tarefas de predição
Algoritmos genéticos	Algoritmos de otimização baseados nos mecanismos de seleção natural e da genética	Em aplicações para aprendizagem de máquina Em aplicações com necessidades de adaptação ao jogador Em tarefas de predição

Fonte: Elaborado pelos autores

A seguir, as técnicas deterministas e não-deterministas citadas serão apresentadas ao leitor.

Máquinas de estados finitos (MEFs)

As MEFs²⁷ são autômatos abstratos que definem um grupo de estados e condições. Os estados são os nós do grafo nos quais um personagem pode se encontrar, sendo o estado atual o nó que define como um personagem ou o jogo deve reagir em um dado instante. Já as condições são os arcos do grafo que determinam as regras de transição entre os estados. Embora a MEF seja uma técnica antiga, ainda é comumente utilizada em jogos¹³.

A popularidade das máquinas de estados finitos ocorre por exigirem, em problemas simples, pouco poder de processamento, serem relativamente fáceis de entender, implementar e depurar. As desvantagens de se utilizar as MEFs consistem no fato do seu comportamento e de explosões combinatórias. O comportamento dessas máquinas ao longo do tempo pode se tornar repetitivo e, conseqüentemente, previsível. As explosões combinatórias podem ocorrer quando se tenta ampliar o número de nós da máquina de estados, pois esse aumento ocasiona o crescimento da complexidade com necessidade de previsão de todas as situ-

ações possíveis, tornando difícil a sua modelagem. Dessa forma, o tempo de processamento das condições e soluções de estados pode prejudicar o fluxo do jogo ou simulação²⁸.

Na saúde, é possível observar trabalhos que utilizam essa técnica de inteligência como, por exemplo, o apresentado por Moraes²⁵. Em seu trabalho, a autora apresenta o *serious game* denominado “Uma Aventura na Floresta da Dentolândia”, cujo objetivo é informar e educar as mães sobre conteúdos relacionados ao tema de saúde bucal em bebês. Durante o jogo, as mães são estimuladas a tomar decisões que naturalmente serão repetidas com seus filhos. Nesse *serious game*, uma MEF é utilizada para controlar as ações e eventos com base nas decisões da mãe durante a partida. Assim, todos os estados possíveis de serem alcançados pelo jogador são modelados e mapeados por meio de um autômato. Dependendo da ação do jogador (evento) no estado atual, ele irá transitar para um determinado conjunto de estados que lhe permitirá conquistar prêmios, avançar no jogo ou refazer atividades.

Lógica *fuzzy*

Os seres humanos estão habituados a analisar situações com características imprecisas, como “pressão um pouco alta” ou “batimentos muito fortes”. A lógica *fuzzy* busca representar os problemas e situações de forma similar à humana, utilizando termos como “pouco” e “muito” através de agrupamentos. Nessa lógica, os estados são modelados como conjuntos difusos com funções de pertinência, o que permite tomar decisões diferentes dependendo do nível de pertinência dos estados envolvidos²⁶.

A teoria dos conjuntos *fuzzy* (difusos) é uma forma de especificar o quanto um objeto satisfaz uma condição imprecisa, com a finalidade de estipular um nível de pertinência a uma classe com maior ou menor intensidade²⁹. Observando de outra forma, a lógica *fuzzy* considera tudo verdade em diferentes níveis, variando o grau de 0 (zero) até 1 (um). Quando algo é verdade com grau 1 (um), diz-se que é absolutamente verdadeiro, mas quando possui grau 0 é considerado um falso absoluto. Aplicações de lógica *fuzzy* não estão limitadas a sistemas de controle, podendo ser utilizadas em tomadas de decisão²⁶. Assim, essa lógica possibilita a criação de regras usando condições menos exatas, instituindo um conhecimento que pode ser denominado imperfeito, uma vez que é baseado em níveis de incerteza e verdades em uma sentença²⁸.

Um exemplo de utilização dessa lógica pode ser visto no simulador de exame ginecológico³⁰, construído por meio do Cybermed³¹. O Cybermed é um *framework* que disponibiliza um conjunto de bibliotecas para auxiliar o desenvolvimento ágil de aplicações (jogos ou ambientes) em realidade virtual. Por meio dele, a aplicação de simulação de exame ginecológico foi desenvolvida com a inclusão de um módulo para análise online das ações de seus usuários. Nesse módulo, a lógica *fuzzy* é utilizada na tomada de decisão a respeito do nível de desempenho do usuário durante a simulação. Assim, à medida que o usuário realiza suas atividades, o sistema de avaliação coleta informações sobre suas ações para criar um modelo de desempenho a ser comparado com as informações do especialista modeladas dentro de um conjunto *fuzzy*.

Sistema baseado em regras (SBR)

O SBR consiste em um conjunto de declarações que formam uma “memória de trabalho”, e um conjunto de regras que apontam como agir de acordo com as declarações³². Nesse tipo de sistema especialista, a estratégia utilizada é que o conhecimento de um perito está codificado em um conjunto de regras. No mesmo contexto, o sistema baseado em regras deve agir de forma semelhante ao perito.

Geralmente, esses sistemas são modelos simples que podem ser adaptados a diferentes casos, em especial para casos nos quais todo o conhecimento na área possa ser descrito através de regras no estilo “condição-ação” (se-então). Entretanto, quando existem muitas regras, o sistema pode ter um desempenho longe do esperado. Assim, para a criação de SBR deve-se ter um conjunto relevante de fatos para formar

a base de conhecimento, um conjunto de regras que devem englobar toda e qualquer ação possível e uma condição que estabelece se existe uma solução que foi encontrada ou não¹³. Na execução do comportamento representado pelas regras, o conjunto de regras é percorrido e, para cada uma delas, a situação do ambiente é avaliada de modo a verificar se deve disparar. Caso positivo, o comportamento será aquele descrito pela regra.

Na área da saúde, exemplo de aplicação que implementa esse tipo de técnica de IA é encontrado em Kapralos et al.¹⁰. Em seu trabalho, os autores apresentam a MStreet (*Modular Synthetic Training, Research, Evaluation and Extrapolation Tool*), uma plataforma para desenvolvimento de *serious games* voltados ao treinamento de competências que compõem o atendimento interprofissional, para estudantes e profissionais da saúde, em duas situações: i) uma equipe de cuidados intensivos para otimizar o atendimento de pacientes em estado crítico, e ii) uma equipe de saúde e serviço social que prestam cuidados a pessoas com vida limitada por condições crônicas. Tal plataforma de jogos utiliza sistemas especialistas baseados em regras para controle dos NPCs (*non-playing characters*). Assim, a partir de um conjunto de normas definidas, os personagens criados (pacientes virtuais) executam ações com base nas condições do ambiente.

Rede neural

A rede neural³³ é um sistema computacional inspirado nas interações entre os neurônios humanos. Essa rede utiliza neurônios artificiais que são totalmente conectados entre si (sinapses). Ela fornece uma aproximação para uma função que, a partir de um conjunto de entrada, resulta em uma saída formada por nós conectados. Cada entrada em um neurônio artificial possui um peso associado, sendo realizada uma soma ponderada de seus valores. O resultado desta combinação pode ativar ou não o neurônio com base em sua função de ativação²⁶.

As principais capacidades das redes neurais são o aprendizado através de exemplos, a adaptação a diferentes tipos de problemas, organização, generalização, tolerância a falhas e a ruídos¹³. Essas redes permitem que os desenvolvedores de jogos simplifiquem máquinas de estados e sistemas baseados em regras, delegando o processo de tomada de decisão a redes neurais treinadas. Além disso, oferece potencial de adaptação ao estilo de jogo do participante. Entre as desvantagens tem-se o fato de serem difíceis de analisar, depurar e prever, além de serem dependentes do treinamento²⁶. Existem várias formas e tipos de redes neurais para diversas aplicações, entre elas a rede neural multi-layer perceptron (MLP), que é indicada para avaliação de contextos.

Na saúde, por exemplo, a rede neural pode ser aplicada em processos decisórios para classificação. Veronezi et al.³⁴ destacam, em seu trabalho, um sistema de apoio à decisão e ao diagnóstico de osteoartrite de coluna lombar, que tem como objetivo auxiliar o processo de diagnóstico da doença. Nesse sistema, uma rede neural híbrida, baseada em mapas auto-organizáveis de Kohonen³⁵ e redes multi-layer perceptron, foi treinada, com base em padrões característicos da osteoartrite, para realizar a classificação de imagens digitais. Assim, ao apresentar imagens da região ao sistema, é feita uma análise automática que resulta na confirmação ou não do diagnóstico da doença.

Rede bayesiana

As redes bayesianas³⁶ procedem das redes probabilísticas, nas quais são usadas apenas probabilidades condicionais calculadas através do teorema de Bayes. Uma rede bayesiana é um grafo acíclico e direcionado que simula a relação entre variáveis aleatórias de um dado problema. Nesse grafo, os nós representam as variáveis aleatórias e os arcos que os unem representam a dependência probabilística entre as variáveis associadas. Cada nó (variável aleatória) armazena a função de distribuição condicional de probabilidades

dos valores que ele pode assumir, dados os valores de seus nós pais. Existem várias formas e tipos de redes bayesianas, sendo a maioria indicada para avaliação de contextos¹³.

Matematicamente, uma rede bayesiana representa resumidamente uma tabela de contexto de probabilidades de todo o problema. Já pela visão do especialista, essas redes constituem graficamente um modelo que apresenta as relações de causalidade das variáveis de um sistema, não significando que as relações sejam simples.

Um exemplo de aplicação é apresentado em Barros et al.³⁷. O trabalho expõe o SimDeCS (Simulador de casos de saúde) que permite ao usuário (aluno) interagir com o ambiente, possibilitando: acesso a informações do paciente, solicitação e realização de exames físicos e/ou complementares. Nesse simulador, o especialista é responsável pela modelagem do conhecimento e o professor é o responsável pela geração dos casos clínicos. Na modelagem do conhecimento, os componentes do raciocínio são delineados pelas redes bayesianas, sendo necessário delimitar o conhecimento a ser representado, elencar as variáveis do problema (nós), estabelecer as relações entre os nós, e avaliar a plausibilidade clínica da rede construída, com a possibilidade de calibração das probabilidades iniciais. Assim, ao incluir sinais e sintomas disponíveis na rede durante a construção do caso de estudo, o professor propaga as probabilidades, fazendo surgir um ou mais diagnósticos e suas condutas.

De acordo com os autores, o caso clínico gerado pelo professor deve conter os nós selecionados para as etapas de investigação, diagnóstico e conduta. Os nós são armazenados no formato de perguntas e, a cada questionamento, a rede é consultada para obtenção da resposta, baseada na probabilidade do nó em dado momento.

Algoritmos genéticos

A técnica de algoritmos genéticos investe na otimização baseada em mecanismos de seleção natural e da genética. Esses algoritmos podem ser utilizados para gerar populações, sendo cada indivíduo diferente, com base em um tipo de DNA virtual. Além disso, tais algoritmos podem ser utilizados para mutação ou evolução de personagens e aprendizagem de máquina³⁸.

Os algoritmos genéticos³⁹ possibilitam que o sistema ou seus personagens sejam “inteligentes”, capazes de apresentar comportamentos diferenciados, tomarem decisões e se adaptarem ao ambiente. Com base na seleção natural, esses algoritmos tentam encontrar uma boa solução para o problema apresentado. Sua utilização é indicada quando for difícil a previsibilidade das interações entre um conjunto de parâmetros que regula o comportamento¹³.

Um exemplo de aplicação é exposto por Almeida et al.⁴⁰ por meio do GAC-Brasil (Genetic algorithm applied to case-based reasoning similarity). O GAC-Brasil é um modelo para auxiliar o diagnóstico de cardiopatia isquêmica através da análise de características dos casos. Esse modelo foi criado para ser inserido no projeto IACVIRTUAL, que disponibiliza um sistema baseado em conhecimento para simulação de um consultório virtual via Web. O modelo GAC-Brasil faz parte do sistema e utiliza algoritmos genéticos para otimizar as definições dos pesos dentro de funções ponderadas no Raciocínio baseado em casos (RCB)⁴¹. Por meio dessas funções ponderadas, o RCB busca por casos similares na base de casos, ajudando a diagnosticar a cardiopatia isquêmica de acordo com os dados fornecidos. Neste sentido, o modelo do algoritmo genético auxilia na determinação da relevância das características dos casos, gerando pesos utilizado no RCB.

Síntese sobre IA em aplicações na saúde

De acordo com Machado et al.¹¹, observa-se o crescimento de aplicativos para atividades na área da saúde. No entanto, apesar de alguns projetos relatarem a eficácia de suas aplicações quanto ao seu objetivo, os aspectos de inteligência artificial adotados por estas aplicações não costumam ser aprofundados.

A maioria dos jogos eletrônicos, simulações e aplicações da saúde utilizam alguma técnica ou método de inteligência artificial, sendo alguns exemplos apresentados ao leitor em seções anteriores. Para determinar qual será a técnica de tomada de decisão adotada, deve-se analisar o problema abordado, avaliar o nível de complexidade e quais tarefas necessitarão ser automatizadas. Como na literatura é possível encontrar diferentes técnicas de IA, recomenda-se a seleção das que atendem às restrições da aplicação. Após essa filtragem é possível testar os diferentes métodos a fim de comparar os resultados, ou utilizar outro critério para seleção da técnica (por exemplo, custo computacional, recursos, tempo, entre outros).

No Quadro 2, são resumidos os exemplos apresentados da seção 1 até a seção 6, buscando agrupar os aplicativos e destacar técnicas de inteligência artificial adotadas. Embora haja pouca profundidade de informação sobre o tema em alguns trabalhos pesquisados, foi possível reunir as principais características dos aplicativos e identificar as técnicas utilizadas.

Quadro 2 - Resumo de aplicações na saúde

Aplicativo	Tipo	Objetivo	Atividades do aplicativo que podem envolver IA	Técnicas ou métodos de IA
Uma aventura na floresta da dentolândia	Serious game	Auxiliar o processo de orientação e educação de mães sobre o tema de saúde bucal de bebês	Controle de ações e eventos com base na tomada de decisão do jogador	Máquina de estado finita baseada na lógica clássica
Simulador de exame ginecológico	Simulador	Facilitar o processo de treinamento de exame ginecológico	Avaliação do usuário	Lógica fuzzy
mSTREET	Plataforma para serious games	Treinamento de equipes	Controle de NPCs Análise do comportamento do usuário para controle do ambiente Avaliação de desempenho do jogador	Sistema especialista baseado em regras
Sistema de apoio à decisão e diagnóstico de osteoartrite	Sistema para tomada de decisão e diagnóstico	Auxiliar o processo de decisão no diagnóstico de osteoartrite de coluna lombar	Classificação e diagnóstico	Rede neural
SimDeCS	Simulador	Simular casos clínicos para treinamento de tomadas de decisão	Análise das decisões tomadas pelo aluno durante o processo de aprendizagem	Redes bayesianas
GAC-Brasil	Modelo para diagnóstico	Auxiliar em diagnóstico de cardiopatia isquêmica	Classificação e diagnóstico	Algoritmo genético

mSTREET - Modular synthetic training, research, evaluation and extrapolation tool

SimDeCS - Simulador de casos de saúde

GAC-Brasil - Genetic algorithm applied to case-based reasoning similarity

Fonte: Elaborado pelos autores

Conforme apresentado, é possível observar que há diferentes tipos de *serious games* e técnicas de IA utilizados em tarefas na saúde. Alguns autores, entretanto, admitem considerar os simuladores como *serious games* pelo fato de possuírem objetivos e regras claras¹¹, embora não tenham foco no entretenimento. Aproveitando esse contexto, os simuladores também foram inseridos nesta pesquisa. Além de *serious*

games, a pesquisa também incluiu outros tipos de aplicativos para exemplificar outros modelos de decisão utilizados na saúde.

Discussão: Inteligência artificial nos SGs para saúde

De acordo com as pesquisas realizadas, os *serious games* na área da saúde demonstram melhorias de acordo com seus objetivos: terapias, monitoramento, treinamento, promoção e cuidado da saúde. Estes jogos geralmente oferecem oportunidade de realizar tratamentos com minimização de riscos, motivar cuidados com a saúde, praticar em ambientes mais realistas e envolventes as habilidades e conhecimentos adquiridos, possibilitar *feedback* personalizado, entre outras.

A verificação das potencialidades alcançadas através dos *serious games* geralmente é realizada com pesquisa caso-controle, que inclui a comparação de um grupo de controle com um grupo experimental. O grupo de controle é composto por pessoas que são submetidas a uma abordagem tradicional, seja para terapia, monitoramento, treinamento, ou promoção e cuidado da saúde. Já o grupo experimental é composto pelo conjunto de pessoas que são expostas ao uso do *serious game*.

Neste artigo, foram analisadas algumas das principais técnicas de inteligência artificial utilizadas em aplicações na saúde. Pode-se observar que, independentemente do tipo de aplicação, poucas informações sobre as técnicas de IA utilizadas são apresentadas nos trabalhos. Mesmo os que fornecem informações sobre as técnicas de IA utilizadas, não apresentam detalhes sobre o processo de seleção. Conforme discutido anteriormente, a determinação da técnica de inteligência artificial utilizada deve considerar o problema abordado, análise da complexidade e necessidades do projeto.

Entre os critérios que podem ser analisados na escolha das técnicas de IA, este artigo destaca: desempenho, desenvolvimento, motivação e verificação de competências. Neste contexto, ele identifica como desempenho o critério relacionado com a complexidade computacional exigida pelas técnicas de inteligência artificial. Quando esta complexidade é considerada um fator limitante para o jogo, deve-se buscar a aplicação de técnicas mais simples como, por exemplo, as apresentadas na abordagem determinista. Já o critério de desenvolvimento encontra-se relacionado com a complexidade em si da técnica exigida. Assim, em situações nas quais a facilidade e rapidez de implementação são fatores de alta prioridade, deve-se procurar observar primeiramente as técnicas que apresentam este tipo de benefício. Ainda no mesmo contexto, o critério motivação está vinculado à competência da IA em manter o usuário motivado a permanecer no *serious game*. Exemplo deste caso ocorre quando o jogo prioriza o sistema para controle dos desafios com necessidade de fornecer situações não previsíveis. Dessa forma, seria importante a análise de técnicas não-deterministas.

Além desses, pode-se considerar outro critério bastante importante em alguns *serious games*, denominado verificação de competências. Este critério está relacionado com a avaliação de desempenho do jogador, que pode ser automática ou assíncrona. De ambas as formas, os sistemas armazenam variáveis objetivas, tais como: tempo total de conclusão da tarefa, tempo de conclusão de subtarefa, número de erros (movimentos longe do alvo), eficiência (economia de movimento), entre outras. Na avaliação assíncrona, os dados de desempenho são fornecidos por meio de um relatório e avaliados, posteriormente, por um especialista. Na avaliação automática, os dados coletados são analisados através do módulo de Inteligência Artificial. Nestas situações é comum a divisão da tarefa para que seja possível utilizar técnicas de IA mais simples, como as deterministas.

Outro fator que deve ser considerado para decisão da técnica de IA é o balanceamento entre as necessidades gráficas e de inteligência artificial do jogo. Em casos nos quais os gráficos são mais realistas e a IA é considerada um fator de relevância para a aplicação, o critério de desempenho deve ser verificado tanto no contexto da IA, quanto no contexto gráfico. Portanto, a partir dos elementos de análise do projeto,

será possível reduzir o escopo de técnicas plausíveis de serem usadas para o problema em questão. Após essa filtragem, será possível testar os diferentes métodos a fim de comparar os resultados ou utilizar outro critério de seleção de acordo com o objetivo e/ou limitação do projeto.

Considerações finais

Embora a revisão realizada neste artigo não tenha sido sistemática, mostra diferentes técnicas de inteligência artificial aplicadas no contexto da saúde. É importante destacar que as técnicas apresentadas possuem ramificações que fogem ao escopo do trabalho. Além disso, existem outras técnicas e métodos que podem ser investigados pelos desenvolvedores. Como exemplo, pode ser citado o texto de Millington e Funge⁴³ no qual são apresentadas: árvores de comportamento, sistemas de Markov, comportamento orientado para metas etc.

Adicionalmente, alguns estudos apresentam implementações híbridas no contexto da saúde ^{42,43}. Esta necessidade pode surgir devido ao tratamento de grande quantidade de informação ou incertezas intrínsecas a sistemas complexos, conduzindo à fusão de métodos e técnicas para atingir o objetivo desejado. Dessa forma, é importante destacar que não existe um padrão para a utilização de técnicas e métodos de inteligência artificial direcionada aos *serious games* na saúde, o que reforça a importância dos estudos e análises das propostas de acordo com o problema abordado.

Referências

1. Silveira DT, Neutzling AG, Martinato LHM, Catalan VM, Santos TO, Brondani SCP. Objetos educacionais digitais para a saúde da mulher. Rev Eletron de Comun Inf Inov Saúde [Internet]. 2012 Jun. 6(2). Disponível em: DOI:10.3395/reciis.v6i2.605pt.
2. Laguardia J, Casanova A. A educação online e os desafios à qualificação profissional em saúde. Rev Eletron de Comun Inf Inov Saúde [Internet]. 2010 Dez. 4(5):40-52. Disponível em: DOI: 10.3395/reciis.v4i5.393pt.
3. Salen K, Zimmerman E. Rules of play: Game design fundamentals. Cambridge; MIT Press; 2004.
4. McClarty KL, Orr A, Frey PM, Dolan RP, Vassileva V, Mcvay A. A Literature Review of Gaming in Education. New Jersey: Pearson Publishing. 2012.
5. Arnab S, Brown K, Clarke S, Dunwell I, Lim T, Suttie N, Louchart S, Hendrix M, De Freitas S. The development approach of a pedagogically-driven serious game to support Relationship and Sex Education (RSE) within a classroom setting. Comput & Educat [Internet]. 2013. 69:15-30. Disponível em: DOI: 10.1016/j.compedu.2013.06.013.
6. Serious Games: A 10 billion Euro market in 2015. IDATE Consult & Research. Jul. 2010
7. Moraes RM, Machado LS, Nunes FLS, Costa RMEM. Serious Games and Virtual Reality for Education, Training and Health. In: Cruz-Cunha MM. Handbook of Research on Serious Games as Educational, Business and Research Tools. IGI Global. 2012. 315-336.
8. Machado LS, Moraes RM, Nunes F. Serious Games para Saúde e Treinamento Imersivo. Book Chapter. In: Abordagens Práticas de Realidade Virtual e Aumentada. Porto Alegre: SBC. 2009. 31-60.
9. Santos AD, Machado LS, Moraes RM, Gomes RGS. Avaliação baseada em lógica fuzzy para um framework voltado à construção de simuladores baseados em RV. Anais do XII Symposium on Virtual and Augmented Reality. Natal: Sociedade Brasileira de Computação; 2010. 194-202.
10. Kapralos B, Johnston C, Finney K, Dubrowski A. A Serious Game for Training Health Care Providers in Interprofessional Care of Critically-Ill and Chronic Care Patients. Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence; 2011 Nov; 3(3); 273-81.
11. Machado LS, Moraes RM, Nunes FLS, Costa RMEM. Serious games baseados em realidade virtual para educação médica. Rev Bras Educ Med; 2011; 35(2):254-62.
12. Rodrigues HF, Machado LS. Uma Arquitetura para Integração de Sistemas Hápticos e Engines de Jogos. Anais do VII Workshop de Realidade Virtual e Aumentada; 2010; São Paulo; 8-13.

13. Millington I, Funge J. Artificial Intelligence for Games. Segunda Edição. California: Elsevier; 2009.
14. Funge JD. Artificial Intelligence for Computer Games. Wellesley: A.K. Peters, 2004.
15. Muratet M, Torguet P, Jessel JP, Viallet F. Towards a Serious Game to Help Students Learn Computer Programming. International Journal of Computer Games Technology [Internet]; 2009; (2009). Disponível em: DOI: 10.1155/2009/470590 <http://dx.doi.org/10.1155/2009/470590>.
16. Moraes RM, Machado LS, Souza LC. Skills Assessment of Users in Medical Training Based on Virtual Reality Using Bayesian Networks. In: Progress in pattern recognition, image, analysis, computer vision and applications. Springer Berlin Heidelberg; 2012; 805-812. Disponível em: DOI: 10.1007/978-3-642-33275-3_99.
17. Winn B, Heeter C. Resolving conflicts in educational game design through play testing. Innovate [Internet]; 2006; 3(2). Disponível em: <http://www.bsu.edu/eidm/fox/article3.pdf>.
18. Ma M, Bechkoum K. Serious Games for Movement Therapy After Stroke. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics; 2008. 1(6):1871-1876.
19. Coelho CM, Silva CF, Santos JA, Tichon J, Wallis G. Virtual and Real Environments for Acrophobia Desensitisation. PsychNology Journal; 2008; 6(2):203-216.
20. Göbel S, Hardy S, Wendel V, Mehm F, Steinmetz R. Serious games for health: personalized exergames. In: Proceedings of the international conference on Multimedia (MM '10). ACM, New York, NY, USA. 2010;1663-66. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/1873951.1874316>.
21. Zamboni L, Gamberini L, Spagnolli A, Cipolletta S, Giuli G, Tion I. Serious games in social intervention: designing technologies to promote safe and healthy behaviors. In: Marti P, Soro A, Gamberini L, Bagnara S. Proceedings of the 9th ACM SIGCHI Italian Chapter International Conference on Computer-Human Interaction: Facing Complexity (CHIItaly), 2011. New York; 2011. 139-142. Disponível em: DOI: <http://doi.acm.org/10.1145/2037296.2037330>.
22. Jercic P, Astor PJ, Adam MTP, Hilborn O. A Serious Game Using Physiological Interfaces for Emotion regulation Training in the Context of Financial Decision-Making. ECIS 2012. Proceedings. Paper 207, 2012.
23. Shen X, Hamam A, Malric F, Nourian S, El-Far N, Georganas N. Immersive haptic eye tele-surgery training simulation. In: 3DTV Conference, IEEE. 2007; 1-4.
24. Cowan B, Sabri H, Kapralos B, Moussa FC, Dubrowski A. A serious game for off-pump coronary artery bypass surgery procedure training. Stud Health Technol Inform 201; 163:147-9.
25. Moraes AM. Planejamento e desenvolvimento de um serious game voltado ao ensino de saúde bucal em bebês [dissertação]. Paraíba: Universidade Federal da Paraíba; 2011.
26. Bourg DM, Seeman G. AI for Game Developers. O'Reilly. 2004.
27. Hopcroft JE, Motwani R, Ullman JD. Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation. Boston: Addison-Wesley; 2001.
28. Buckland M. Programming game AI by example. Texas: Wordware Publishing; 2005.
29. Gomide FAC, Gudwin RR. Modelagem, Controle, Sistemas e Lógica Difusa. Controle & Automação. 1994; 4(3):97-115.
30. Santos AD, Gomes RGS, Moraes RM, Machado LS. A Fuzzy Logic Based Assessment Tool for VR Simulated Medical Environments. In: Proc. X Safety, Health and Environment World Congress; São Paulo; 2010.
31. Moraes RM, Machado LS. Development of a Medical Training System with Integration of Users' Assessment. Book Chapter. In: Jae-Jin K. Virtual Reality. Croatia: Intech; 2011.
32. Ligęza A. Logical Foundations for Rule-based Systems. Springer: Heidelberg; 2006.
33. Braga AP, Carvalho ACPLF, Ludermir TB. Redes neurais artificiais: teoria e aplicações. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
34. Veronezi CCD, Simões PWTA, Santos RL, Rocha EL, Melão S, Mattos MC, Cechinel C. Análise computacional para auxílio ao diagnóstico de osteoartrite de coluna lombar baseado em redes neurais artificiais. Rev Bras Ortop [Internet]. 2011; 46(2):195-199.
35. Rogers J. Object-oriented neural networks in C++. California: Academic Press; 1997.

36. Darwiche A. *Modeling and Reasoning with Bayesian Networks*. Cambridge: Cambridge University Press; 2009.
37. Barros PRM, Cazella SC, Bez M, Flores CD, Dahmer A, Mossmann JB, Fonseca JM, Maroni V. Um simulador de casos clínicos complexos no processo de aprendizagem em saúde. *Rev Novas Tecnol Edu*; 2012; 10(1).
38. Medina J, Müller RM. A utilização de algoritmos genéticos no desenvolvimento de jogos. *Anais do 7º Encontro de Iniciação Científica; Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul: Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul; 2009.*
39. Goldberg DE. *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. California: Addison Wesley; 1989.
40. Almeida SM, Brasil LM, Ferneda E, Silva RP, Carvalho HS. Algoritmo Genético para determinação de relevância de sintomas no diagnóstico de Cardiopatia Isquêmica. In: *Anais do VII Workshop de Informática Médica IM2007; 2007 Porto de Galinhas. VI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBQS2007); VII Workshop de Informática Médica (WIM2007)*. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Computação, 2007, p. 26-37.
41. Wangenheim CH, Wangenheim AV. *Raciocínio Baseado em Casos*. São Paulo; Manole: 2003.
42. Sharma M, Homes M, Santamaria J, Irani A, Isbell C, Ram A. Transfer learning in real time strategy games using hybrid CBR/RL. In *Proceedings of the Twentieth International Joint Conference on Artificial Intelligence*; 2007. p. 1401–1406.
43. Silva RW, Simões PWTA, Mattos MC, Cechinel C, Ramos R, Lazzari R. Utilização da Inferência Bayesiana e Lógica Fuzzy na Modelagem de um Sistema Inteligente. In: *Anais do VII Simpósio de Informática da Região Centro do RS; Santa Maria; 2008.*