

EscapeVR: Labirinto em Realidade Virtual para Auxiliar na Aprendizagem de Algoritmos de Busca

**Fábio W. T. Dorea¹, Gilson P. dos Santos Júnior¹, Lauro B. Fontes¹,
Thiers G. R. Sousa¹, Felipe V. Goulart¹, Jislane S. S. de Menezes¹, George L. Junior¹**

¹Coordenadoria do Bacharelado de Sistemas de Informação (CBSI)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe (IFS) – Campus Lagarto
Rua Cauby, nº 523. Bairro Jardim Campo Novo – Lagarto – SE – Brazil.

{gilson.pereira, lauro.fontes, thiers.sousa}@ifs.edu.br

Resumo. *Os discentes das disciplinas de estrutura de dados e inteligência artificial facilmente se desmotivam durante o aprendizado dos algoritmos de busca, devido as dificuldades para compreendê-los e do nível de abstração exigido para aplicá-los a problemas reais. Assim, o presente trabalho tem como objetivo apresentar o EscapeVR, um labirinto de realidade virtual para auxiliar na aprendizagem de algoritmos de busca de forma lúdica. Foi realizada um experimento com 6 discentes da disciplina de Computação Inteligente do Bacharelado em Sistemas de Informação do IFS no semestre 2016.1. Os resultados apontam que 83% deles ficaram satisfeitos e consideraram o jogo desafiador, sendo que 89% dos participantes julgaram relevante para o aprendizado.*

Cenário de Uso

A aprendizagem de programação é um problema relatado por vários autores na literatura. Entretanto, mesmo após superar as barreiras das disciplinas introdutórias de programação, muitos discentes se desmotivam diante da dificuldade de entender os algoritmos mais avançados em disciplinas como, por exemplo, Algoritmos e Estrutura de Dados, Grafos ou Inteligência Artificial. De acordo com [Freitas et al. 2014], a dificuldade de visualizar a aplicação dos conceitos em situações da vida real e o nível de abstração necessário para compreender e solucionar os problemas são os principais causadores. Nesse sentido, o uso de jogos digitais no processo de ensino e aprendizagem é das alternativas apontadas por [Prensky 2012] para romper as barreiras do ensino tradicional e motivar os discentes da nova geração.

De acordo com [Prensky 2012], o nativo digital é o indivíduo que nasceu em um mundo de tecnologia digital com acesso a jogos e a internet, enquanto os imigrantes digitais tentam se adaptar ao novo cenário. Hoje, vive-se, em sala de aula, um encontro de gerações: discentes nativos digitais e docentes imigrantes digitais. Para evitar o distanciamento de gerações, os docentes podem inserir jogos digitais em suas práticas pedagógicas, se aproximando da forma de pensar e agir dos discentes.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar o EscapeVR, um labirinto de realidade virtual para auxiliar na aprendizagem de algoritmos de busca cega e heurística. O jogo permite competir, simular, visualizar e comparar o comportamento de humanos e dos algoritmos de busca cega (largura, profundidade e menor custo) e busca heurística (gulosa e A*) na tarefa de encontrar a saída para um labirinto 3D. Dessa

forma, o jogo se apresenta como uma alternativa para auxiliar os docentes das disciplinas de Algoritmos e Estrutura de Dados, Grafos e Inteligência Artificial no processo de ensino e aprendizagem, bem como para motivar os alunos em sala de aula, visando reduzir as dificuldades de abstração no entendimento do problema e no planejamento das estratégias de solução, além de facilitar a compreensão dos algoritmos apresentados na sala de aula.

Desenvolvimento

O EscapeVR é uma re-engenharia do jogo Escape criado por [Goulart 2011], cujo propósito era transformar o Escape em jogo com realidade virtual. Para tanto, o jogo foi desenvolvido utilizando a tecnologia Unity 3D.

O Unity3D é um ambiente integrado de desenvolvimento para construção de jogos em 2D ou 3D executáveis em diferentes plataformas como, por exemplo, *Android*, *Iphone*, *Xbox*, *Web* e *Desktop*.

A estratégia adotada para execução dos algoritmos de busca no jogo foi a criação de uma árvore de busca seguindo a estrutura do labirinto. Para isso, o EscapeVR utilizou a estrutura de labirinto definida por [Goulart 2011], na qual estabeleceu-se um *nó* em uma árvore de busca para cada ponto de interesse no mapa (uma curva, um bifurcação ou o fim de caminho), representando os pontos de tomada de decisão. Os fins de caminho foram considerados os nós folhas da árvore de busca. Na Figura ?? e na Figura ?? estão representados os nós distribuídos no Mapa 1 e sua representação em árvore de busca, respectivamente.

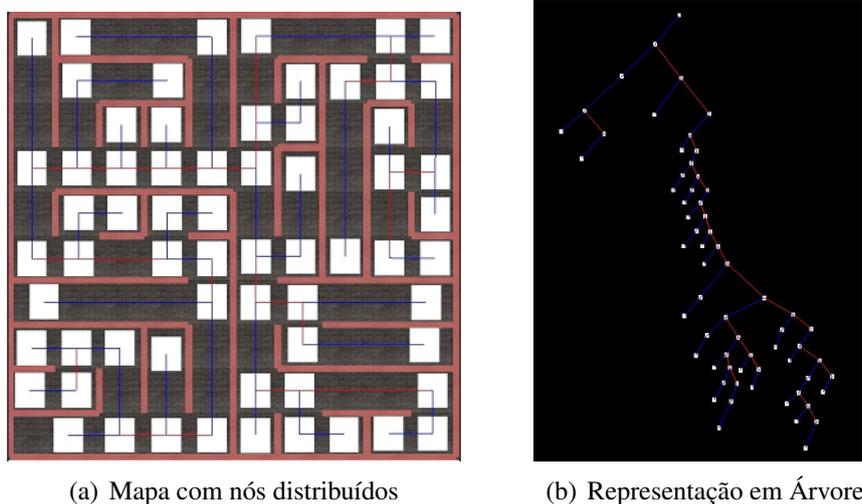


Figura 1. Representação do mapa no jogo.

Apresentação do Software

O EscapeVR é um jogo para auxiliar na aprendizagem de algoritmos de busca cega (largura, profundidade e menor custo) e heurística (gulosa e A*) a partir da simulação em labirintos 3D em realidade virtual. Nele o jogador pode disputar contra um dos algoritmos (Modo Player Vs IA), simular a disputa entre dois algoritmos (Modo IA Vs IA) ou

apenas acompanhar a estratégia utilizada por um dos algoritmos para encontrar a solução (Modo Demo). No jogo estão disponíveis 5 (cinco) labirintos distintos, que variam quanto ao posicionamento das paredes e o seu tamanho. Para melhor imersão no jogo é necessário um óculos visualizador de realidade virtual como, por exemplo, o *Google Cardboard* ou similares.

Ao iniciar o EscapeVR em um dispositivo *Android*, o *menu* inicial é apresentado ao jogador para que ele decida se deseja jogar ou sair do jogo (Figura 3(a)). Em seguida, o jogador deverá escolher o modo de jogo, o algoritmo e o mapa da partida. Antes de iniciar a partida, o EscapeVR apresenta a descrição do algoritmo de busca que foi selecionado. Durante a partida, o jogador, humano ou computacional, deverá percorrer o mapa, efetuando decisões de escolha em cada bifurcação até encontrar a saída do labirinto. Ao chegar a saída, os resultados dos jogadores são exibidos e um novo jogo pode ser iniciado, conforme apresentado na Figura 2.

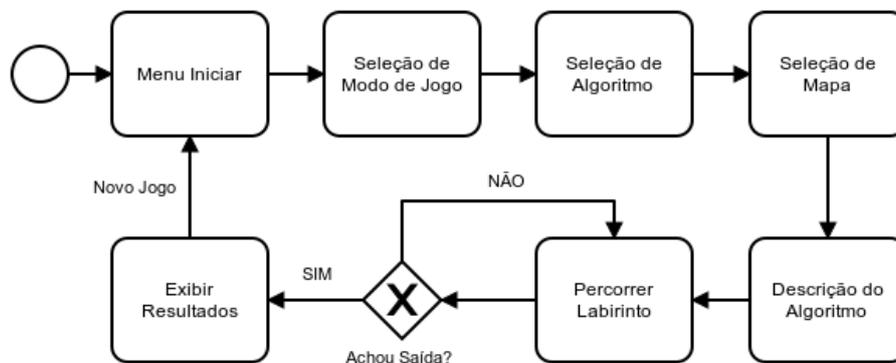


Figura 2. Fluxo do EscapeVR.

Na tela de seleção do jogo (Figura 3(b)), no modo *Player Vs IA*, o jogador humano disputa com um jogador computacional que executa o algoritmo de busca selecionado. Com isso, o discente (jogador humano) poderá comparar as decisões tomadas pelo jogador computacional com as suas durante o percurso, bem como avaliar a eficiência do algoritmo em relação a sua estratégia de navegação no labirinto. Já no modo *IA Vs IA*, a disputa ocorre entre dois jogadores computacionais. Portanto, neste modo de simulação são escolhidos dois algoritmos de buscas que tentarão encontrar a saída do mesmo labirinto, sendo que cada um seguirá a sua estratégia de busca. Assim, o discente (observador) pode analisar comparativamente o desempenho e as decisões dos algoritmos. A terceira opção é o Modo Demo que têm como objetivo demonstrar da execução de um algoritmo. Esse modo pode ser utilizado por docentes para demonstrar o funcionamento do algoritmo em sala de aula, como também pelos discentes para analisar a sequência de decisões.

Uma vez definido o modo de jogo, o jogador humano deverá selecionar os algoritmos que representarão a inteligência artificial dos jogadores computacionais. Na tela para escolha dos algoritmos, apresentada na Figura 4(a), são disponibilizados três algoritmos de busca cega (largura, profundidade e menor custo) e dois algoritmos de busca heurística (gulosa e A*). De acordo com [Russell and Norvig 2013], os algoritmos de busca cega se caracterizam por não utilizar informações adicionais sobre o estado além da definição do problema. Esses algoritmos simplesmente buscam objetivos sucessores



Figura 3. Telas Iniciais do *EscapeVr*.

e diferenciam um estado objetivo de um não-objetivo. Já na busca heurística, os algoritmos utilizam um conhecimento adicional, uma estimativa, que lhes guiam até alcançar o objetivo. Assim, para garantir o critério de justiça entre os jogadores, o jogador humano não receberá informações adicionais na disputa com algoritmos de busca cega, além do objetivo de encontrar a saída para o labirinto. Entretanto, na competição contra algoritmos de busca heurística, o jogador humano visualizará na tela à distância em linha reta do local em que se encontra até a saída do labirinto, ou seja, a mesma informação que o jogador computacional terá para realizar a sua tomada de decisão. Uma vez selecionado os algoritmos, o jogador deverá selecionar em qual mapa deseja jogar. Na Figura 4(a) e 4(b) estão ilustradas as telas de seleção do algoritmo e do mapa, respectivamente.

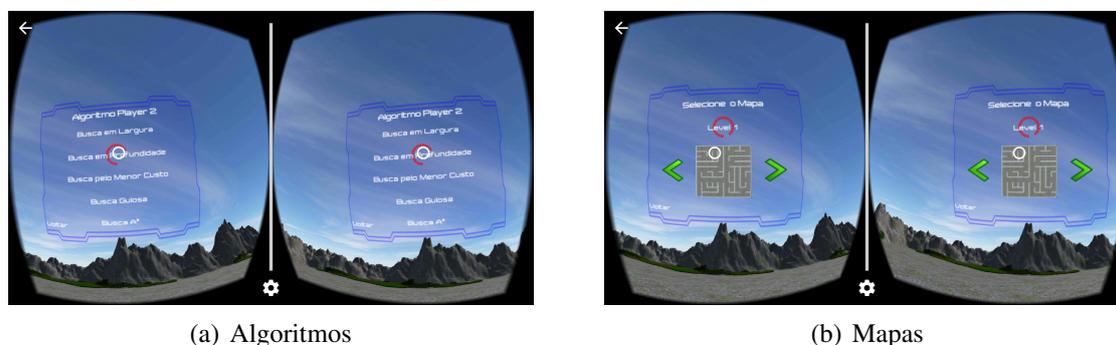


Figura 4. Telas de Seleção do *EscapeVR*.

O *EscapeVR* apresenta ao jogador uma descrição resumida do funcionamento do algoritmo escolhido antes de iniciar a partida. Assim, o jogador poderá entender qual será a estratégia utilizada por ele durante a simulação. Quando a partida é iniciada, o jogo mostra um labirinto a ser explorado contendo ou não na tela a distância em linha reta do local do jogador até saída do labirinto (heurística). Essa informação é apresentada a depender do algoritmo selecionado para competição. Na Figura 5(a) está ilustrada a execução do algoritmo A*.

Todas os movimentos no labirinto são monitorados para registrar o caminho por onde os jogadores passaram, as decisões que tomaram em cada bifurcação e o tempo levaram para encontrar a saída. Essas informações são úteis para análise comparativa de resultados e estudo das estratégias utilizadas pelos jogadores. Ao finalizar a partida, o

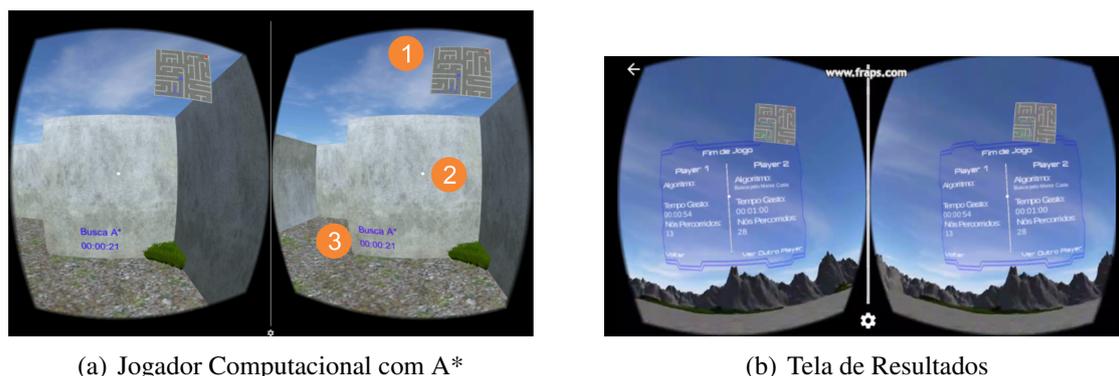


Figura 5. Telas do Labirinto *EscapeVR*.

EscapeVR exibe na tela de resultados as informações coletadas, permitindo que o jogador humano reflita sobre as decisões que tomou ao longo do percurso e as compare com as decisões efetuadas pelo algoritmo. Na Figura 5(b) está ilustrada a tela de resultados.

É importante destacar que nos modos de simulação (IA Vs. IA e Demo), em que não há jogador humano, o mini-mapa é exibido juntamente com a localização dos jogadores computacionais, representando o posicionamento dos mesmos no labirinto. Este recurso auxilia o discente a entender as decisões tomadas por cada algoritmo em determinado espaço de busca. Para auxiliar na análise dos discentes, ao movimentar-se, os jogadores computacionais deixam rastros no mini-mapa, indicando qual foi o caminho percorrido por eles. Com o tempo, os rastros mais antigos desaparecerem do mini-mapa, a fim de evitar poluição visual e consequentemente dificuldades em visualizar o percurso do outro jogador.

Uma vez finalizada a partida, o mini-mapa é exibido na tela de fim de jogo, juntamente com os rastros de ambos os personagens envolvidos no jogo, permitindo ao usuário comparar o caminho percorrido por cada algoritmo de busca.

O *EscapeVR* foi criado sob licença *Creative Commons*, permitindo o uso gratuito do mesmo. Para tanto, o aplicativo está disponível aqui. É possível visualizar um vídeo demonstrativo com as principais funcionalidades do *EscapeVR* no YouTube.

Metodologia de Avaliação

A avaliação de jogos educacionais é complexa devido a quantidade de fatores a analisar. Segundo [Saraiva 1998], as tecnologias aplicadas à educação devem obedecer a um projeto pedagógico consistente e coerente com as finalidades educativas. Por isso, é fundamental que os educadores identifiquem se o *software* atende aos objetivos educacionais definidos antes de utilizá-lo em suas aulas.

Para verificar se o *EscapeVR* atende os objetivos educacionais proposto foi realizado um experimento com os discentes da disciplina de Computação Inteligente do Bacharelado em Sistemas de Informação do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Sergipe matriculados no semestre 2016.1. Inicialmente, cada participante recebeu um roteiro contendo instruções do jogo, a fim de assegurar que o todas as funcionalidades fossem testadas durante o experimento. Em seguida, os participantes jogaram o *EscapeVR* sem restrição de tempo. Ressalta-se que durante o experimento apenas

um visualizador de realidade virtual estava disponível, demandando bastante tempo para sua conclusão. Após o uso do jogo, os seis discentes que participaram do estudo responderam um formulário construído seguindo a metodologia de avaliação proposta por [Savi et al. 2010].

O formulário de avaliação era composto por questões fechadas de acordo com a escala *Likert* de 5 pontos, variando de -2 (discordo fortemente) até 2 (concordo fortemente). Ele foi construído no *Google Forms* para facilitar o acesso e a coleta dos dados. De acordo com [Savi et al. 2010], a interpretação dos dados dessa avaliação está diretamente ligada ao formato de resposta dos itens, quanto mais próximo a média estiver de +2, melhor avaliada foi a característica do jogo. Portanto, o objetivo é comparar a médias dos itens para identificar os principais pontos positivos e negativos em cada aspecto do jogo.

Discussão dos Resultados

Os resultados da avaliação foram organizados em 3 (três) categorias: (i) avaliação motivacional; (ii) avaliação da experiência do usuário; (iii) avaliação da aprendizagem.

Avaliação Motivacional

Os participantes do estudo avaliaram positivamente o *EscapeVR* nos critérios motivacionais do modelo de avaliação de [Savi et al. 2010], visto que nenhum critério foi julgado como discordo parcialmente ou fortemente, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da Avaliação Motivacional

Critério	Questão	-2	-1	0	1	2
Confiança	Foi fácil de entender o jogo e utilizá-lo como material de estudo	0	0	0	3	3
Confiança	No decorrer do jogo senti confiança de que estava aprendendo	0	0	2	2	2
Satisfação	É por causa do meu esforço pessoal que consigo avançar no jogo	0	0	0	1	5
Satisfação	Estou satisfeito porque sei que terei oportunidade de utilizar na prática coisas que aprendi no jogo	0	0	2	3	1
Relevância	O conteúdo do jogo está conectado com outros conhecimentos que eu já possuía	0	0	3	1	2
Relevância	Você considera que o funcionamento deste jogo está adequado para o aprendizado por meio de um jogo	0	0	0	1	5
Relevância	Você considerou o conteúdo do jogo relevante para o ensino de algoritmos de busca	0	0	1	0	5
Atenção	A variação (forma, conteúdo ou de atividades) ajudou a me manter atento ao jogo	0	0	0	2	4
Atenção	Houve algo no jogo que capturou a minha atenção	0	0	0	1	5

Dentre os critérios avaliados destaca-se a *Atenção*, em que a maioria dos participantes “concordaram fortemente” com a proposição. Esse resultado era esperado, pois uso de jogos e da realidade virtual desperta o interesse da nova geração de discentes. A *Confiança* ficou um pouco abaixo do esperado e apresentou 50% de respostas entre +1 e +2 no primeiro questionamento. É possível associar esse fato a característica inovadora do recurso e seu custo, fazendo com que a maioria dos participantes tivessem o primeiro contato com a tecnologia durante o experimento. Os participantes demonstraram ainda a satisfação em evoluir com o esforço próprio no jogo e para 66,66% deles, o conteúdo aprendido será útil futuramente. No quesito *Relevância*, 83,33% dos discente afirmaram

que seu funcionamento está adequado ao aprendizado do conteúdo através de um jogo e o assunto abordado é relevante.

Avaliação da Experiência do Usuário

Na avaliação da Experiência do Usuário, de acordo com [Savi et al. 2010], os critérios avaliaram como os jogadores interagem com os objetos e se envolvem no ambiente do jogo, através dos quesitos descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Resultado da Avaliação da Experiência do Usuário

Critério	Questão	-2	-1	0	1	2
Diversão	Consegui atingir os objetivos do jogo por meio da minhas habilidades	0	1	1	1	3
Diversão	O jogo evolui em um ritmo adequado e não fica monótono. Oferece obstáculos, situações ou variações de atividades	0	3	1	1	1
Desafio	Esse jogo é adequadamente desafiador para mim, as tarefas não são muito fáceis e nem muito difíceis	1	0	0	3	2
Imersão	Me senti mais no ambiente do jogo do que no mundo real, esquecendo do que estava ao meu redor	0	0	0	1	5
Imersão	Eu não percebi o tempo passar enquanto jogava, quando vi o jogo acabou	0	0	0	0	6
Imersão	Temporariamente esqueci as minhas preocupações do dia-a-dia, fiquei totalmente concentrado no jogo	0	0	0	1	5
Controle	É fácil de aprender a usar a interface e controles do jogo	0	0	0	0	6
Controle	Os controles para realizar ações no jogo responderam bem	0	0	0	1	5

O critério de maior destaque foi a *Imersão*, pois apresentou 100% de avaliações positivas, ratificando que a realidade virtual é forte aliado para obter a concentração do jogadores. Já no quesito *Desafio*, o EscapeVR obteve 83% de avaliações positivas, demonstrando que é potencialmente desafiador. É importante mencionar que o jogo não conseguiu desafiar um dos participantes, despertando o interesse por futuras investigações sobre os motivos. No aspecto *Diversão*, o jogo deixou a desejar, obtendo apenas 45% das avaliações positivas. Esse é um dos principais aspecto a ser melhorado futuramente, seja oferecendo novos obstáculos, situações ou variações de atividade ou variando o ritmo do jogo, uma vez que o diferencial entre as partidas, na versão atual, é apenas o mapa e o adversário escolhido.

Avaliação da Aprendizagem

A avaliação da aprendizagem foi inconclusiva e carece de um aprofundamento no estudo, pois 50% das respostas foram "discordo parcialmente" ou "nem discordo e nem concordo". Além disso, o critério "A experiência com o jogo vai contribuir para meu desempenho na vida profissional" obteve 33% de avaliações negativas, conforme apresentado na Tabela 3. Diante do resultado, acredita-se que o jogo foi incapaz demonstrar como o conteúdo aprendido pode ser útil na vida profissional, pois nos quesitos posteriores 50% dos participantes afirmaram que o recurso foi eficiente se comparado com outras atividades da disciplina e 86,66% concordaram que o jogo foi útil para aprendizagem na disciplina.

Considerações finais

O jogo EscapeVR apresentou resultados promissores como ferramenta lúdica para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de algoritmos de busca. Embora, alguns

Tabela 3. Resultado da Avaliação da Aprendizagem

Questão	-2	-1	0	1	2
A experiência com o jogo contribuirá para seu desempenho na vida profissional	0	2	3	1	0
O jogo foi eficiente para minha aprendizagem em comparação com outras atividades da disciplina	0	0	3	1	2
O jogo contribuiu para minha aprendizagem na disciplina	0	0	1	3	2

critérios necessitem de melhorias ou de uma avaliação aprofundada como, por exemplo, a *Aprendizagem*. Nesse critério as respostas dos discentes destacou a incerteza deles em relação a contribuição do jogo para o desempenho na vida profissional.

A avaliação Experiência do Usuário apontou fraquezas no jogo que precisam ser tratadas como no quesito “*O jogo evolui num ritmo adequado e não fica monótono - oferece novos obstáculos, situações ou variações de atividade*”. A versão atual do EscapeVR não possui uma diversidade de tarefas e o ritmo é constante, portanto, este é um dos principais pontos a melhorar.

É importante ressaltar a limitação do estudo realizado, uma vez que a turma de computação inteligente continha apenas seis discentes matriculados e todos participaram da avaliação do EscapeVR.

Futuramente pretende-se efetuar melhorias no jogo: (i) desenvolver um módulo para geração automática de mapas, possibilitando que os docentes a construção de novos cenários; adicionar a funcionalidade de construir e executar algoritmos de busca implementados pelo discente, para que este possa testar no simulador; (ii) agregar ao óculos de realidade virtual um controle para interação com ambiente, aumentando as possibilidades de simulação; (iii) desenvolver novos contexto que não seja labirintos. Além disso, almeja-se aprofundar a avaliação mediante um experimento com grupo de controle durante quatro semestres, a fim de mensurar auxílio do EscapeVR no processo de ensino e de aprendizagem.

Referências

- [Freitas et al. 2014] Freitas, M. F., Mota, S. D. S., Soares, L. S., and Reis, R. C. D. (2014). Portec: uma ferramenta para auxiliar na abstração dos conceitos de estrutura de dados. In *Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2014)*, volume 25, pages 872–881, Dourados (MS).
- [Goulart 2011] Goulart, F. V. (2011). *Escape: Um jogo simulador de algoritmos de busca*. Monografia (Bacharelado em Ciência da Computação), Universidade Tiradentes (UNIT), Aracaju, Brasil.
- [Prensky 2012] Prensky, M. (2012). *Aprendizagem com base em jogos digitais*. Editora Senac São Paulo, São Paulo.
- [Russell and Norvig 2013] Russell, S. J. and Norvig, P. (2013). *Inteligência artificial*, volume 3. Elsevier, Rio de Janeiro.
- [Saraiva 1998] Saraiva, T. (1998). Inovações na educação brasileira: "um salto para o futuro". *Tecnologia Educacional*, 26(140):46–52.
- [Savi et al. 2010] Savi, R., Von Wangenheim, C. G., Ulbricht, V., and Vanzin, T. (2010). Proposta de um modelo de avaliação de jogos educacionais. *RENOTE*, 8(3).