

SimIA: um simulador educacional de impactos ambientais

João Vitor Rabello de Araújo
Ciência da Computação
Centro Universitário UniCarioca
Rio de Janeiro, Brasil
rabellois@hotmail.com

Priscilla Braz
Ciência da Computação
Centro Universitário UniCarioca
Rio de Janeiro, Brasil
pbraz@unicarioca.edu.br

Resumo— O senso ecológico e a importância da biodiversidade estão amplamente inseridos na ementa curricular brasileira de Ciências Biológicas. Com o avanço das tecnologias e o aumento do acesso à informação, os jogos educacionais vêm ganhando cada vez mais espaço como recurso auxiliar no processo de ensino e aprendizagem e também podem ser utilizados para potencializar a conscientização sobre os impactos ambientais nos ecossistemas. O objetivo deste trabalho é apresentar um simulador educacional, com a aplicação de algoritmos genéticos, para simular um pequeno ecossistema com diferentes espécies interagindo entre si, além de possibilitar sua modificação pelo usuário alterando a cadeia alimentar ao inserir novas espécies e também simulando queimadas, desmatamentos e períodos de seca. Desse modo, espera-se contribuir para aulas mais dinâmicas e lúdicas, além de promover discussões sobre os impactos dessas alterações em um dado ecossistema.

Palavras-chave—simulador educacional, impactos ambientais, ciências biológicas, inteligência artificial

I. INTRODUÇÃO

Em um contexto cada vez mais globalizado é natural o amplo uso da tecnologia nas mais variadas áreas. O ambiente escolar é uma dessas áreas, um lugar destinado ao desenvolvimento e à aprendizagem e que vem exigindo novas formas e recursos para a melhoria da qualidade desse processo [1].

Também se destaca a importância da maior conscientização sobre os impactos ambientais causados aos diversos ecossistemas e todo esse contexto não só deve ser trabalhado como faz parte das competências propostas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [2].

De acordo com [3], o indivíduo possui um papel ativo perante às influências do meio e sempre procura se adaptar a elas como uma atividade organizadora. O autor defende que o aluno é um ser pensante e com desenvolvimento próprio e que o professor deve atuar como facilitador da aprendizagem, criando situações motivadoras.

Para [4], o indivíduo não é apenas ativo, mas também interativo, pois constrói conhecimento e contribuiu com relacionamentos social e pessoal. Desse modo, as tecnologias podem ser utilizadas como aliadas ao processo de aprendizagem, possibilitando ao professor explorar conceitos e situações em sala de aula, visando que o aluno participe mais ativamente desse processo.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é apresentar um simulador de impactos ambientais em um ecossistema virtual (SimIA), buscando tornar-se uma ferramenta útil para professores de Biologia do Ensino Fundamental ao possibilitar explorar e simular o conceito de cadeia alimentar, situações de extinção de espécies, de

consequências do desmatamento, entre outras, e praticar o pensamento crítico com os alunos ao analisar essas situações. Para a construção desse ecossistema virtual, a técnica de Algoritmos Genéticos foi utilizada, permitindo simular um ecossistema com algumas espécies distintas interagindo entre si. O usuário pode modificar esse ecossistema ao inserir novas espécies, alterando a cadeia alimentar, além de simular impactos causados pelo homem.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta conceitos básicos deste trabalho.

A. Ecossistemas e impactos ambientais

Um ecossistema é uma unidade básica de estudo em Ecologia, que pode ser definido como um sistema composto por um meio natural e pela comunidade de seres vivos, animais e vegetais, assim como as inter-relações entre eles [5]. Este sistema é reproduzido inúmeras vezes com diferentes espécies e biomas, e a diversidade criada por eles é importante para a manutenção do meio ambiente.

A introdução de uma nova espécie em um ecossistema causa alterações significativas tanto à fauna como à flora, trazendo alguns problemas ao ecossistema [6]. Além dos problemas causados por espécies adicionadas artificialmente a um ecossistema, existem também aqueles causados diretamente por humanos, como as queimadas, que ressalta a importância de desenvolver uma maior conscientização e consequente redução dos impactos ambientais [7].

B. Ensino de Ciências Biológicas

O senso ecológico e a importância da biodiversidade estão inseridos na BNCC de Ciências Biológicas dos últimos anos do Ensino Fundamental, particularmente no 7º ano, na unidade temática "Vida e evolução" e sendo separados em objetos de conhecimento como: Diversidade de ecossistemas; Fenômenos naturais e impactos ambientais e Programas e indicadores de saúde pública.

Jogos e ferramentas digitais vêm sendo utilizados em aulas de Ciências com resultados positivos ao integrá-los às atividades já realizadas pelo professor em suas aulas, além de contar com grande participação dos alunos nesse processo, o que reforça a importância do uso desses recursos em sala de aula. [8][9][10].

C. Inteligência Artificial

A Inteligência artificial (IA) é uma vasta área da computação, que não possui uma única definição, por conta da rápida evolução e aplicação das tecnologias de ponta, além da natureza interdisciplinar da área [11]. Pode-se dizer que a IA tem por objetivo, não apenas entender, mas também

criar entidades inteligentes com capacidades e comportamentos considerados essencialmente humanos.

Uma das técnicas de IA são os Algoritmos Genéticos, técnica adotada nesse trabalho, que também busca reproduzir o comportamento da natureza, porém a partir da teoria da evolução. Como na genética, os indivíduos possuem cromossomos que carregam seus atributos e que são passados para seus sucessores [12]. Em uma simulação, o passo inicial é formar a primeira população, com indivíduos com cromossomos gerados aleatoriamente. Em seguida, cada indivíduo recebe um valor de *fitness* (FIT), indicando o quão apto aquele indivíduo está no ambiente simulado. Para continuar a simulação, os indivíduos são ranqueados por esse valor FIT e passam por uma seleção natural. Definidos aqueles que passarão para a próxima etapa, ocorre então a reprodução, em que os indivíduos passam pelos processos de *crossover*, onde os genes são mesclados entre dois indivíduos; e de mutação, no qual os genes são modificados de forma aleatória, controlada por taxas e chances de mutação. No *crossover* simples, os genes são separados em um ponto específico e trocados entre si gerando um novo gene. Passadas essas etapas, uma nova população é formada e novos *fitness* são atribuídos a cada indivíduo e então todo o processo de formação de novas populações recomeça, sendo repetido até que o objetivo se satisfaça ou o número máximo de comunidades seja alcançado [13].

III. TRABALHOS RELACIONADOS

Esta seção tem por objetivo apresentar uma visão geral de jogos e simuladores desenvolvidos para o contexto de ecossistemas e impactos ambientais.

Pereira e colaboradores[14] desenvolveram o EcosAR, um aplicativo para Android capaz de simular um ecossistema em realidade aumentada e que permite a interferência do usuário no sistema para alterar a temperatura e a velocidade do vento no ambiente. Para visualizar e controlar o simulador, o usuário utiliza cartões simbolizados para serem reconhecidos pela câmera e então demonstrarem o ecossistema e os controladores. Na interface é possível visualizar os atributos, como a temperatura. Além do controle destes atributos, um sistema de ciclo circadiano se encontra presente, para que não só o usuário tenha controle de quantos dias se passaram, como visualize as alterações causadas pelo dia e pela noite no sistema biológico. Este simulador não apresenta animais ou diferentes tipos de biomas, o que reduz a quantidade de simulações possíveis.

Em [15] um aquário virtual é apresentado para reproduzir um ambiente marinho virtual. O usuário pode inserir objetos na cena: um aquário, um tubarão e uma sardinha. O aquário representa o ecossistema e, a partir dele, os animais podem ser inseridos. Seus comportamentos básicos são de perseguir e fugir e cada um deles possui um campo de visão para desempenhar suas funções. O usuário pode controlar quantos animais estarão presentes no ambiente, no entanto, os animais não podem ser multiplicados automaticamente.

Ocean Simulator foi desenvolvido para auxiliar no aprendizado sobre ecossistemas marinhos e suas peculiaridades. Os animais foram implementados com uma máquina de estados finita para que seu comportamento seja automatizado. Cada estado representa um estado real, como “comendo”, “caçando” ou “fugindo”. Plantas são geradas com o tempo para servirem de alimento para consumidores primários, enquanto eles se reproduzem para servir de

alimento para os consumidores secundários. A função básica do simulador é inserir as espécies no ecossistema. Além disso, o usuário pode adicionar um barco que mata animais por onde passa, representando o impacto ambiental causado[16].

Com o intuito de inserir mais realidade nos jogos, Clua e colaboradores[17] apresentaram um jogo de simulação de evolução de espécies utilizando algoritmos genéticos, em que o usuário cria um mapa do mundo onde os seres vivos do jogo habitam com diferentes tipos de terreno para, posteriormente, inserir os animais que sofrerão evolução. O jogador pode controlar um dos animais enquanto os outros são gerados aleatoriamente. Cada animal possui atributos necessários para a sua sobrevivência. Os animais não são controlados pelo usuário e evoluem sozinhos assistidos por probabilidade. Após essa etapa, ocorre a etapa de formação de uma nova população, seguindo os procedimentos de *crossover* e mutação. O sistema não permite alterar variáveis do ambiente após a criação do mundo, reduzindo o ecossistema às interações entre os seres vivos.

Todos esses trabalhos contribuíram para o trabalho aqui apresentado, mas foram identificados pontos de melhoria em cada um deles com relação ao uso de diferentes tipos de biomas, possibilidade de alteração das variáveis do ambiente pelo usuário, entre outros. A partir disso, algumas características foram levantadas como importantes de serem analisadas nesse contexto:

- Permitir que o usuário afete o ecossistema alterando atributos e/ou causando modificações artificiais.
- Utilizar agentes autocontrolados como forma de simular os animais.
- Inserir técnicas de IA no funcionamento do programa.
- Apresentar mensagens informativas para o usuário, com informações relevantes e educacionais.
- Oferecer design agradável para o referido público.
- Definir equipamento/tecnologia necessários para executar o sistema.

IV. DESENVOLVIMENTO

Com base na análise de trabalhos relacionados, alguns pontos de melhoria foram identificados. Nesse contexto, o simulador SimIA foi projetado, em versão *desktop*, para auxiliar o processo de aprendizado nessa área.

A. Tecnologias adotadas

O desenvolvimento do simulador ocorreu principalmente com o uso da engine Unity[18], amplamente utilizada na área de jogos, onde foram criados o menu inicial e o mundo simulado, com a linguagem de programação C# na IDE Visual Studio[19]. Os recursos visuais foram criados utilizando o software Aseprite[20].

B. O simulador SimIA

O simulador possibilita ao professor explorar com seus alunos os impactos ambientais em um ecossistema, possibilitando a escolha de biomas, a inserção de animais e a provocação de impactos causados por interferências que o ser humano geralmente causa em ecossistemas reais. O SimIA apresenta uma tela inicial que foi desenvolvida em 2D para o usuário ter um controle inicial sobre a simulação e modificar suas características, acessar as instruções de uso ou encerrar a execução do ambiente, caso deseje, como pode ser visualizada na Fig. 1. A escolha visual e artística para o

ambiente foi feita baseada em jogos influentes e considerados tendência entre as crianças do público alvo, como o Minecraft[21].

Ao selecionar o botão “Simular”, a simulação será iniciada, apresentando o mundo que estará presente com os animais e interações possíveis. Na área de configurações, o usuário acessa uma janela para alterar a criação do mundo e da simulação. O usuário pode mudar o bioma do ecossistema artificial para: padrão, um bioma plano com árvores e água; floresta, muito parecido com o padrão, porém com elevações no terreno; montanhoso, sem água e árvores, com alto relevo; deserto, semelhante ao montanhoso, porém feito unicamente de areia; e taiga, uma floresta com neve (Fig. 2). O usuário também pode selecionar se os animais já serão criados ou se o mundo será criado sem eles.

Iniciando a simulação, o usuário poderá ver o mundo gerado proceduralmente e uma interface para que ele interaja com o mesmo. A proposta é que o simulador seja uma apresentação lúdica e atrativa para os estudantes. Como a construção do mundo é aleatória, a vegetação, os rios e a distribuição dos animais também são feitas de forma que o mundo pareça novo a cada simulação. A escolha do bioma é feita pelo usuário, tornando alto o número de possibilidades e combinações com os atributos escolhidos. O ecossistema padrão é baseado na cadeia alimentar constituída pelo Bugio, pelo gavião *Harpyia* e pelo bicho preguiça. Cada agente é controlado por IA e suas necessidades são baseadas no comportamento do animal real. Os agentes são máquinas de estados finitas, possuindo cinco estados: saciado, faminto, sedento, reprodutivo e perigo.

No estado saciado, o animal se movimenta aleatoriamente pelo mapa e não tem nenhum objetivo maior do que sua caminhada. Todos seus atributos estão em harmonia e ele não se encontra em perigo. Quando o nível de fome alcança o valor mínimo para sentir fome, seu estado passa para faminto, fazendo-o buscar por fontes de alimento próximos a ele, como representado na Fig. 3. As linhas brancas representam o trajeto do macaco ao seu destino. No caso do herbívoro, sua fonte de alimento são as frutas e, para comê-las, é necessário que ele escale a árvore e permaneça nela. Enquanto ele se encontra na copa da árvore, toda vez que sente fome é retirada uma fruta da lista de frutas da árvore e sua fome é restaurada. Ele sai da árvore quando as frutas acabam, geralmente por competição com outros herbívoros, ou a árvore começou a pegar fogo. Por outro lado, os carnívoros alimentam-se dos herbívoros. A caça funciona da seguinte forma: quando seu estado se torna faminto, o carnívoro busca por herbívoros próximos e, ao encontrá-lo, voa até sua presa em maior velocidade e a devora no instante em que toca nela.



Fig. 1. Tela inicial do SimIA

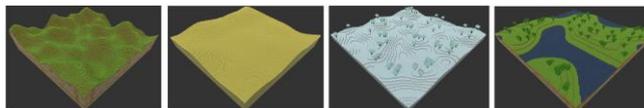


Fig. 2. Exemplos de biomas.



Fig. 3. Exemplo de simulação de macacos com fome.

Com relação ao estado sedento, o nível de sede aumenta conforme o tempo e, ao atingir o nível mínimo, o animal busca por um rio para beber água e restabelecer seu nível de sede. Ao entrar no estado reprodutivo, o agente procura um parceiro do sexo oposto para se reproduzir. Com o objetivo de tornar o ecossistema mais diverso, a reprodução dos animais ocorre por meio da implementação de algoritmo genético.

Por fim, a máquina de estados apresenta mais um estado: em perigo. Este estado é ativado quando o animal se aproxima de um perigo. Os herbívoros têm seus consumidores como perigo, fugindo deles quando entram em seu campo de visão, e o fogo, perigo compartilhado entre todos os animais.

O usuário pode interferir diretamente na simulação desempenhando papéis distintos e cada papel pode levar o ecossistema a um colapso, reproduzindo o que aconteceria em uma situação real. Ele pode inserir animais manualmente, adicionar focos de incêndio e desmatar árvores. Essas modificações são causadas quando seus ícones são arrastados do menu de interações (Fig. 4) para o mundo, gerando a alteração na posição do cursor do mouse.

A inserção de animais na simulação pode representar um desequilíbrio ecológico e possui dois momentos diferentes. Caso o mundo tenha sido gerado sem animais, essa adição terá pouco ou nenhum impacto, pois o ecossistema se encontrava em estado nulo e não havia agentes. Já quando a adição ocorre com uma simulação com agentes em andamento, uma cadeia de consequências se formará, podendo chegar à extinção de espécies.

Como forma de representar a interferência em um habitat direta e indiretamente, o simulador apresenta dois impactos ambientais: incêndio e desmatamento. Arrastando-se o ícone de fogo para uma localização do mundo, um foco de incêndio é gerado produzindo calor em uma área esférica e a distância do foco altera a quantidade de calor gerado. Quando o nível de calor está alto há uma probabilidade de outro foco de incêndio ser gerado próximo a ele. No caso das árvores, o fogo aumenta seu calor e, ao atingir o nível máximo, elas entram em chamas, tornando-se um novo foco de incêndio. Usando o ícone de desmatamento, o usuário tem o poder de remover uma árvore da simulação, retirando uma fonte de alimento para os herbívoros.

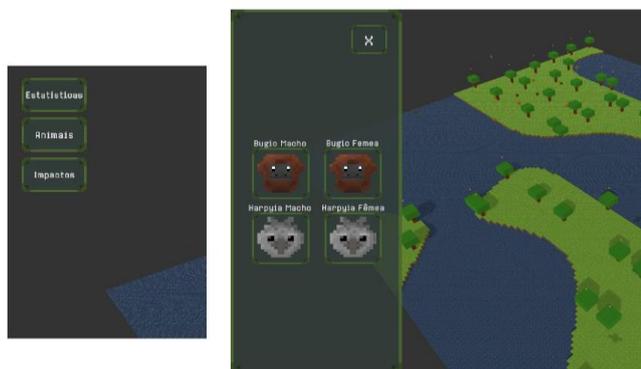


Fig. 4. Menu de interações e ícones

Com relação ao uso de dicas no ambiente de simulação, alguns eventos podem desencadear no aparecimento do Guia, um bombeiro com dicas flutuantes para o usuário com informações do funcionamento do ecossistema.

Uma das características para enriquecer o simulador é a apresentação de estatísticas em tempo real após o término da simulação. Os números são apresentados em forma de gráficos e sliders para uma representação mais visual. O simulador também conta com uma linha temporal dos eventos ocorridos durante a simulação, ressaltando os momentos notórios. Com a tela de estatísticas finais também é possível acessar os dados dos animais. A quantidade inicial e a quantidade total de um espécime demonstram o que ocorreu na população ao longo da simulação.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de tecnologias na educação tem se mostrado um importante recurso no processo de ensino e aprendizagem. Este trabalho foi realizado com o intuito de facilitar o ensino de Ciências Biológicas no Ensino Fundamental. A ferramenta foi desenvolvida com o uso de algoritmos genéticos, permitindo simular um restrito ecossistema, gerado de forma aleatória com diferentes espécies interagindo entre si e possibilitando sua modificação pelo usuário, como a alteração da cadeia alimentar com a inserção de novas espécies e a simulação de queimadas, desmatamentos e períodos de seca.

Durante uma aula de cadeia alimentar, o professor pode apresentar o Sim IA para uma visualização mais prática do que ocorre na natureza. Com o uso da aplicação, o profissional poderia demonstrar o fluxo de energia presente no ecossistema. No exemplo de ecossistema padrão, o fluxo de energia iria das frutas das árvores para o macaco e consequentemente para o gavião, representando a cadeia trófica e as transições energéticas nela presentes.

Além das aulas no contexto biológico, o professor também pode usufruir do simulador no ensino de ciências da natureza, como na Geografia. Ao inserir focos de incêndio no simulador, é possível explorar sobre as queimadas e como elas afetam o ecossistema em questão.

Na busca de trabalhos correlatos, algumas características nesse tipo de simulador foram levantadas e implementadas nessa ferramenta. Pode-se destacar a apresentação de dicas, que auxilia o usuário em um melhor entendimento das simulações, o uso de um personagem nesta interação com o

usuário e o controle de fatores ambientais, que visa melhorar a simulação da ação humana sobre um ecossistema.

Alguns pontos de melhorias e trabalhos futuros foram identificados, tais como: uso de modelos 3D mais elaborados para a representação das espécies, adição de novas espécies e biomas no simulador e avaliação do simulador por professores, além do acompanhamento do uso do simulador com os alunos. Espera-se, desse modo, poder avançar nesse contexto e contribuir para melhores experiências de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- [1] D. C. L. Alves, "Uso de novas tecnologias na sala de aula: percepção dos professores," In *Proc. CIET: EnPED*, São Carlos, Maio, 2018.
- [2] BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- [3] J. Piaget, "Comments on mathematical education," In *Proc. 2nd Int. Congr. on Mathematical Education*, A. Howson, Ed. 1975, pp. 79-87.
- [4] L. S. Vygotsky, "Concrete human psychology," *Soviet Psychology*, vol. 27, no. 2, pp. 53-77, 1989.
- [5] E. P. Odum and G. W. Barrett. *Fundamentos de ecologia*. São Paulo, Brasil: Thomson Learning, 2007.
- [6] C. A. da Rosa, H. Fernandes-Ferreira, R. R. N. Alves, "O manejo do javali (*Sus Scrofa Linnaeus 1758*) no Brasil: implicações científicas, legais e éticas das técnicas de controle de uma espécie exótica invasora," *Biodiversidade Brasileira*, vol. 8, no. 2, pp. 267-284, Ago. 2018.
- [7] P. Guimarães, S. Souza, N. C. Fiedler and A. Silva, "Análise dos impactos ambientais de um incêndio florestal," *Agrarian Academy*, vol. 1, no. 1, pp. 38-60, 2014.
- [8] A.F.S. Chagas, C.C. Anic, E.S. Andrade and M.F.F. Batista, "Ensinar cadeia trófica através do jogo didático: montando a cadeia alimentar. Uma proposta lúdica para o ensino da cadeia trófica," In *Proc. 7th CONNEPI*, Palmas, TO, 2012.
- [9] E. Richter, C.L. Klein, T. R. V. Fröhlich and R. I. C. Güllich, "Aprendendo e construindo saberes sobre teias e cadeias alimentares," *CCNEXT: Revista de Extensão*, vol. 3, pp. 59-64, 2016.
- [10] A.M. da Paz, I. Abegg, J.P.A. Filho and V.L.B. de Oliveira, "Modelos e modelizações no ensino: um estudo da cadeia alimentar," *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, vol. 8, no. 2, pp. 157-170, Jul./Dez. 2006.
- [11] S. Russell and P. Norvig, *Inteligência Artificial*, São Paulo, Brasil: Campus, 2013.
- [12] S. Lopes, *Bio*, São Paulo, Brasil: Editora Saraiva, 1999.
- [13] D. Whitley, "A Genetic Algorithm Tutorial," *Statistic and Computing*, vol. 4, pp. 65-85, 1994.
- [14] R. Pereira, D. Reis, R.A. Pereira and M. Lopes, "EcosAR: simulador de ecossistemas utilizando realidade aumentada," In *Proc. 8th CBIE*, Brasília, 2019, pp. 550-559.
- [15] K. E. Piske, "VISEDU – aquário virtual: simulador de ecossistema utilizando animação comportamental," Trabalho de conclusão de curso, Ciência da Computação, Univ. Reg. de Blumenau, Blumenau, SC, Brasil, 2015.
- [16] L.D.L. da Silva, A.G. Alves and L. Müller, "Educação museal com jogo de simulação de vida marinha," In *Proc. 27th SBGAMES*, Foz do Iguaçu, PR, 2018, pp. 1081-1087.
- [17] D.M.G. Clua, V.D. Betoni, R.A. Silva and F.S.C. Silva, "Aplicação de inteligência artificial em um simulador de evolução," In *Proc. 19th SBGAMES*, São Paulo, SP, 2007.
- [18] Unity, 2020, Disponível em: <https://unity.com/pt>, Acesso em: 02/05/2020.
- [19] Visual Studio, 2020, Disponível em: <https://visualstudio.microsoft.com/pt-br/>, Acesso em: 02/05/2020.
- [20] AEsprite, 2020, Disponível em: <https://www.aseprite.org/>, Acesso em: 02/05/2020.
- [21] Minecraft, 2020, Disponível em: <https://www.minecraft.net/pt-br>, Acesso em: 02/05/2020.