

Ferramentas Computacionais de Ensino de Inteligência Artificial como Forma de Mitigar Lacunas entre Perfil de Estudante e de Profissional de TI

Laura Cristina Espírito Santo
Universidade Estadual de Londrina
Brazil
lauracristinaes@gmail.com

Jacques Duilio Brancher
Universidade Estadual de Londrina
Brazil
jacques@uel.br

RESUMO

Este artigo visa levantar e analisar demandas de ensino, especificamente em Computação e IA que podem ser amenizadas ou sanadas através do uso de ferramentas computacionais. Com o avanço de sistemas inteligentes que automatizam diversos setores, suprimindo profissões e causando uma migração de profissionais principalmente em direção às atividades de criação, desenvolvimento e manutenção destas tecnologias, percebe-se a necessidade de analisar as lacunas do ensino na área. E assim, apresentar as características que suprem as expectativas de mercado e como desenvolvê-las desde o ensino com auxílio de ferramentas computacionais. Também apresenta uma proposta de ferramenta que visa essas lacunas e que tem como objeto de estudo a técnica de IA: Algoritmo Genéticos.

Author Keywords

Ferramenta de Ensino; Inteligência Artificial; Algoritmo Genético.

INTRODUÇÃO

Durante a primeira metade do século XX, em meios às guerras mundiais, se disseminava o ensino em computação em um período tecnicista da pedagogia, onde a busca por eficiência e produtividade no mercado de trabalho demandava uma aprendizagem objetiva e operacional [1]. Assim, desenvolveu-se uma área de estudos e pesquisas em que a finalidade era que uma técnica fosse desenvolvida da mesma maneira pelos principiantes da mesma forma que por seus precursores. Não é difícil relacionar a isto o porquê a inovação e criatividade eram características raras no raiar da era computacional, resultando em histórias impressionantes que revolucionavam os paradigmas da área como os inícios da Microsoft e da Apple, por exemplo.

Inicialmente visto como mais um maquinário que necessitava um operador, o computador atualmente é parte de nossas atividades quase que em sua totalidade. Não mais um simples equipamento de fazer contas, operações e relatórios, podemos considerar computação o que se passa no celular, no relógio e até na geladeira. Com a Internet das Coisas e a Inteligência Artificial, a informática ganha um novo patamar e traz consigo novos desafios.

As tarefas operacionais serão deixadas para as máquinas e isto logo incluirá as próprias técnicas que usamos para

desenvolver estas máquinas. Já podemos presenciar esse novo paradigma com os geradores de códigos e a indústria cada vez com mais partes de seu ciclo automatizados. Logo, a nova conjuntura mundial faz emergir a inevitabilidade de se conviver com destreza com as tecnologias, mas também de se desenvolver atributos que se sobressaiam às máquinas cada vez mais funcionais e inteligentes.

Neste contexto que aflora a discussão de um ensino com objetivo de enaltecer e aperfeiçoar características humanas mais intrínsecas, como a criatividade e criticidade [1]. Percebe-se então, uma lacuna entre o que é ensinado em computação em todos os níveis, em especial a graduação, e a necessidade real de aprendizado sobre o tema para viver, trabalhar e destacar-se nesta realidade cada vez mais tecnológica.

Este artigo visa apresentar essas lacunas e levantar em que pontos e através de quais recursos podemos mitigá-las. Também apresenta algumas ferramentas que apresentam alguns recursos com essas finalidades e uma proposta de um sistema específico para Algoritmos Genéticos que foi inicialmente pensado com este foco.

LACUNAS NO ENSINO E FORMAS DE MITIGÁ-LAS

Em uma pesquisa exploratória sobre o assunto encontramos dados sobre uma educação superior direcionada às técnicas e metodologias operacionais específicas de um recorte de mercado que possui tamanha dinamicidade que já se encontrará avançado quando o graduando o alcançar, ou seja, é exigido uma desenvoltura e atualização constante que não é estimulada em um ensino que não traz autonomia e criticidade [2].

Algumas lacunas específicas levantadas foram:

- Trabalho em Equipe: Em estudos como [3] pode-se encontrar disparidades entre habilidades desenvolvidas durante graduação em áreas de TI e o perfil exigido no mercado de trabalho, principalmente no que contempla a rotina individualista ao qual não se encaixa na realidade de trabalho em equipes necessária para alcançar os resultados. Enquanto o ensino fundamenta-se em métricas individuais e no desestímulo ao compartilhamento de trabalhos entre os alunos, o profissional deve se sobressair em equipes, trazendo um resultado maior para o todo e não apenas para si.

- **Proatividade:** Em outro estudo [2], identificou-se como uma das características mais valorizadas por gestores e empresas de TI a proatividade enquanto os professores da área colocaram diversas outras atribuições técnicas com mais valor em seus trabalhos com os alunos. A própria estrutura de professorado empregada de forma a ditar as atividades e determinar todas as margens aos quais deve-se manter não permite espaço para que os discentes possam se adiantar ou mesmo estender o escopo de trabalho de seus professores. Suprime-se uma das características mais importantes aos profissionais atuais, principalmente em TI por conta de sua alta circularidade de linguagens e tecnologias, ao manter-se diretrizes padronizadas e restritas durante o processo de ensino

- **Visão Sistêmica:** Apesar do alto nível técnico exigido pelas novas tecnologias, os profissionais da área devem agregar conhecimentos sobre o âmbito ao qual a aplicação interage. A exploração de grandes quantidades de dados para predição de padrões futuros pode ser aplicada para diagnósticos médicos ou determinar desenvolvimentos econômicos de empresas e países, assim apenas entender a tecnologia não é suficiente para atender os requisitos que o profissional necessita [4]. Necessita-se de pessoas capacitadas à trafegar entre departamentos e identificar os processos que podem ser automatizados ou auxiliados através de novas tecnologias [5]. Enquanto isso, ainda há dificuldades em manter uma rotina interdisciplinar nas graduações que possuem suas disciplinas com ementas alheias umas às outras.

- **Criticidade:** A inovação acontece ao romper com a modo rotineiro de solucionar ou mitigar um determinado problema, exatamente por isso que a educação já começa a ser descrita como enfatizadora do pensamento crítico [6]. Em vários estudos sobre lacunas entre ensino de TI e exigência profissional de TI [2, 5, 3] citaram-se a relevância que a criticidade possui e como não há indícios de seu incentivo no ensino. O modelo de aprendizagem que traz o professor como emissor do conhecimento e o aluno como receptor veda uma abertura às críticas que deveriam ser estimuladas, portanto a conjuntura atual traz a inevitabilidade de restabelecer o professor como orientador da busca pelo conhecimento e não mais provedor do mesmo [1].

Para solucionar toda e cada falha do nosso ensino são muitos os estudos e trabalhos em diversas áreas a serem realizados, o que não condiz com o escopo deste trabalho que visa encontrar nas ferramentas computacionais de ensino um meio de mitigar as lacunas enquanto as mudanças estruturais e profundas não são ou estiverem sendo realizadas.

Desde sua elaboração, uma ferramenta computacional didática deve objetivar a abordagem prática e abrangente do conteúdo a ser ensinado a fim de despertar o interesse do aluno-usuário. Alguns pontos em que as ferramentas

computacionais de ensino podem mitigar algumas das lacunas específicas que se tratou neste artigo são:

- **Democratização de Acesso:** Inicialmente utilizadas apenas para educação à distância, as ferramentas computacionais se dispõem a levar o ensino para regiões em que a estrutura física fosse mais complexa de serem estabelecidas. Esse perfil de acessibilidade acompanha o uso de recursos em outras modalidades de ensino ao estender a sala de aula e possibilitar aos alunos contato com o objeto de estudo a qualquer momento. A utilização de softwares livres também pode ser citada como algo que aproxima a gama de oportunidades de alunos independente de suas diferenças sociais e econômicas.

- **Visualizar Conceitos Abstratos:** Há décadas já se estuda como a observação de animações e simulações aumentam a aprendizagem [7], isso se referindo a utilização destes recursos de forma passiva. Já há provas através de estudos e testes [8] que determinam resultados positivos no aprendizado através de atividades práticas em simuladores que possuem representações gráficas permitindo ao aluno entender de maneira visual como os conceitos, até então abstratos, funcionam na prática.

- **Abordagem Personalizada:** O acompanhamento contínuo e específico à cada aluno constitui um elemento chave para que o processo de aprendizagem se desenvolva como esperado. Porém, a quantidade de alunos e de tempo disponível para interações diretas em aula são obstáculos grandes neste processo. Em um ramo de estudo mais específico encontra-se o uso de Sistemas Inteligentes que utilizam das técnicas de IA para adaptar seu leque de opções e planejar individualmente quantos e quais conteúdos serão apresentados a cada usuário [9]. De maneira mais simples e já disposta em diversos recursos, a possibilidade do professor ou tutor acompanhar o nível do aluno através de dados como a quantidade de acessos a cada conteúdo ou a frequência com que desenvolve ou resolve exercícios permite uma visão mais assertiva de quem necessita mais atenção e acompanhamento.

- **Estímulo à Criticidade:** Com o objetivo de despertar o interesse do aluno, as ferramentas computacionais podem usufruir desta atenção para levar o aluno às suas próprias buscas e pesquisas [6]. Desde recursos simples como indicar suas bibliografias utilizadas para elaboração da ferramenta até indicar termos, sites e conteúdos externos para uma continuidade e aprofundamento do ensino. Permitir ao usuário configurar suas próprias técnicas, sugestões de soluções e até mesmo dar margem para testar opções de simulação de dados fora dos padrões da bibliografia da área são recursos que traz mecanismos de entender e expressar seus próprios pensamentos sobre o objeto de estudo e visualizar além dos conceitos propostos.

- **Retorno do Aluno:** A possibilidade de desenvolver algo e apresentar todas etapas através das ferramentas

computacionais traz uma interação maior entre aluno e professor. O uso da internet para divulgar os trabalhos e dúvidas através de recursos como fóruns e mensagens já presentes em várias ferramentas de ensino também estimula contribuição tecnológica para a sociedade integrando ideias através de contatos online trazendo maior alcance público aos trabalhos desenvolvidos.

METODOLOGIA

Para ilustrar a aplicabilidade do uso das ferramentas computacionais para mitigar as lacunas no ensino de computação foi definido o escopo das técnicas de Inteligência Artificial (IA).

As técnicas de IA são objetos de estudos há décadas, mas apenas atualmente as aplicações chegaram ao nosso cotidiano. Isso se deve a aceleração sem precedentes em gerar, armazenar e analisar dados [5]. Um sistema inteligente aprende a partir de informações coletadas em grandes quantidades de dados identificando padrões e conectando conceitos a fim de gerar um novo conhecimento. Assim, quanto mais dados disponíveis, mais rápida e melhor será a curva de aprendizagem.

Com a difusão de estudos, de testes, desenvolvimentos e aplicações em IA reacende a preocupação com a automação dos campos de trabalho. Algumas projeções apontam que até 40% dos postos de trabalho nos EUA serão automatizados nos próximos 20 anos, chegando a 30% na Inglaterra e até 77% na China [10]. Apesar de não conter dados sobre o Brasil pode-se perceber que os índices mais altos de automação estão em países emergentes e em desenvolvimento como é o caso do nosso. Simultaneamente a automação, surgem novas profissões e postos de trabalho para suprir a demanda por estas tecnologias já se eleva a procura por profissionais como cientistas de dados, analistas de segurança da informação e engenheiros de software. Como a maior parte da força de trabalho não atua ou mesmo tem condições de preparação para tais postos [10], logo os esforços para fortalecer e democratizar os estudos para a área de IA é de necessidade imediata e talvez até atrasada.

Em um primeiro momento, optou-se por uma pesquisa exploratório sobre os sistemas disponíveis no ensino de IA com foco na graduação. Foram identificados 13 trabalhos que condizem com o objetivo de pesquisa e também um mapa sistemático [11] que citava cerca de 24 ferramentas de ensino para IA. Dentre estas, escolheu-se 4 para compor uma amostra que apresentasse alguns dos recursos levantados neste trabalho para auxiliar a aproximação do ensino às lacunas de postos de trabalho.

A partir disso, desenvolveu-se uma ferramenta para ensino de Algoritmo Genético que apresenta recursos levantados e identificados como necessários e já em funcionamento com sucesso em outras ferramentas ainda que de outras técnicas de IA.

FERRAMENTAS DE ENSINO DE IA

A maior parte das ferramentas de ensino em IA são sistemas desenvolvidos em universidades como forma de aprimorar e treinar alguma técnica específica, ao apresentar resultados mantêm-se o progresso em direção ao ensino.

Algumas ferramentas voltadas para este tema, identificadas de maneira não-exaustiva e que trouxeram algumas particularidades e recursos que fomentam a criatividade, criticidade, entre outras.

NeuroFurg

Com foco em Redes Neurais Artificiais, a ferramenta NeuroFURG foi desenvolvida no Rio Grande do Sul e possibilita a geração automática de código através da configuração da Rede Neural pelo usuário através de uma interface.

É uma ferramenta desktop, técnica, que facilita a configuração treinamento e geração de código de uma RNA. Outro ponto é a geração gráficos sobre o treinamento da RNA e informações sobre estes treinamentos a partir de logs em texto [12].

Restrito a utilização para neurônios com até duas entradas e nos modelos Adaline e Perceptron, traz a possibilidade do usuário modificar modelo, pesos iniciais, bias ou polarizador, entradas de treinamento, além de documentar e identificar as alterações.

Assim, a autonomia do usuário pode configurar sua rede sem se preocupar com a linguagem de programação ou as estruturas das funções permite descobertas e testes de variações que trarão uma aprendizagem mais crítica e eficaz. Os elementos visuais também trazem uma visão mais concreta da abstração dos conceitos técnicos apresentados sobre o assunto.

HeuristicLab

É um ambiente de otimização e extenso e genérico, desenvolvido em Linz, na Áustria. Desenhado para lidar com diferentes tipos de problemas e algoritmos de otimização, se destaca por desenvolver conceitos próprios na definição de operadores abstratos na interação entre algoritmos e problemas [13].

É desenvolvido em C#, com framework .NET. Oferece plugins com diversas técnicas como Algoritmos Genéticos, Ant Colony Optimization, Simulated Annealing, Tabu Searching, entre outros.

Com estrutura idealizada principalmente para que o aluno possa implementar seus próprios problemas e algoritmos, ou suas versões destes, sem se preocupar com

particionamentos de código, salvar e recuperar configurações, ler e escrever arquivos ou desenvolver uma interface com usuário.

I-om (Intelligent Optimization)

Desenvolvida em Porto, Portugal, é um framework a proposta de desacoplar o máximo o processo de otimização do objetivo final da aplicação e permitir acesso remoto através de portabilidade e interoperabilidade entre as ferramentas de otimização e as visualizações das aplicações [14].

Possui estruturas para implementação e visualização de Algoritmos Genéticos, Hill Climbing, Simulated Anneling e módulos em desenvolvimento para Tabu Search, Ant Colony Optimization e Particle Swarm Optimization.

GraphEA

É uma ferramenta desktop que permite criar Algoritmos Genéticos de maneira gráfica. Desenvolvida em Coimbra, Portugal permite a criação de AGs para três tipos de problemas: Knapsack Problem, Function Optimization Problem (FOP) e o Problema do Caixeiro Viajante.

Descrito como uma ferramenta para demonstrar graficamente o poder deste tipo de técnica [15], oferece visualização 3D e personalização de algumas configurações dos algoritmos, além disso conta com acesso online as estatísticas entre outras informações.

Esta ferramenta auxilia no entendimento dos conceitos abstratos por possuir vários recursos gráficos que permite a visualização do funcionamento da técnica, além disso traz autonomia ao usuário que pode reconfigurar seus AGs. Possui um alto grau de complexidade ao tratar de apenas problemas específicos e com aplicações reais, ou seja, é um recurso voltado à usuários que já conhecem e trabalham com esta técnica e querem testar e verificar variações de AGs específicos.

Athena

Desenvolvida no Nordeste do Brasil, na Universidade Federal do Piauí, a ferramenta Athena teve um objetivo primário de auxiliar pesquisadores ao desenvolver seus SI. Seu uso em ensino foi percebido durante um teste de validação com usuários [16].

Disponibiliza editor gráfico, com funções de arrastar-e-soltar, e customizável e inspirada visualmente em circuitos digitais utilizando o framework Vision Blocks. Possui alguns exemplos disponibilizados e possibilita trabalhar com diversas técnicas de IA como Lógica Fuzzy, K-Means, Ant-System, entre outras.

Em um dos testes com usuário [11], entre graduandos, mestrandos com e sem experiência de mercado de trabalho, foi constatado uma redução no tempo e esforço na implementação de SI, além de uma menor quantidade de erros ao comparar com os sistemas desenvolvidos sem apoio da ferramenta. Porém não se apresenta alteração na eficácia dos sistemas desenvolvidos, ou seja, o uso da

ferramenta facilita e acelera os alunos, pesquisadores e profissionais na otimização do desenvolvimento de um SI ao qual já estão capacitados para desenvolver.

Athena é uma ferramenta web robusta, fácil acesso e utilização. No momento está em desenvolvimento uma segunda versão.

SISTEMA IMPLEMENTADO

A ferramenta em desenvolvimento apresentada é parte de uma dissertação de mestrado e será explorado apenas alguns recursos que visam mitigar as falhas de ensino em IA em um mercado cada vez mais exigente.

A proposta visa apresentar o desenvolvimento da técnica de Algoritmos Genéticos de forma simplificada e intuitiva, permitindo ao usuário modificar e testar variações de formato, funções e até configurações específicas de codificação sem a exigência de conhecimentos prévio em programação ou linguagens em particular.

O projeto é voltado para utilização na comunicação entre professores e alunos, onde ambos podem apresentar possíveis problemas e suas soluções com a técnica de AGs. Oferece ao professor um ambiente para aplicar exercícios em formato de problemas a serem modeladas soluções pelos alunos ou transmitir conceitos demonstrando possíveis respostas para problemas conhecidos. Ao aluno, o sistema oferta o livre acesso a informações e conteúdos sobre a técnica e permite testes de modelagens e aplicações de AGs que podem ou não ficar registrados para futuros acessos.

possa ser integrado à Ambientes Virtuais de Aprendizagem - AVA -, de forma a agregar novas alternativas e possibilidades em aulas que já se utilizam de interações online, sejam como complemento ou cursos EAD.

Para manter uma flexibilidade de plataformas para integração, será utilizado o padrão LTI - Learning Tools Interoperability ou Interoperabilidade entre Ferramentas de Ensino, em tradução livre - nas comunicações entre a ferramenta e os AVAs.

A ideia principal é oferecer um espaço para cadastrar problemas específicos e que cada usuário possa modelar, configurar e executar uma possível solução para um problema em alto nível, ou seja, sem contato direto com o código. No formato original oferece apenas modelagem para aplicação de Algoritmos Genéticos, mas a estrutura do sistema permite futuras atualizações para oferecer outras opções de soluções.

O Sistema de Simulação de AG traz uma apresentação abstrata e liberdade de modelagem inicial dos elementos de AG permitindo um entendimento da lógica da técnica independente da codificação necessária. Ainda permite ao usuário a definição de formato dos indivíduos, tamanho das populações, função desempenho e forma de cruzamento.

Apresenta população final e/ou a cada iteração a escolha do usuário.

O objetivo principal do sistema é permitir ao usuário a maior liberdade possível para configuração do AG sem precisar considerar as alterações a nível de código.

Visualizando essas possibilidades em formulários, como na figura 1. Observa-se a viabilidade de escolha de qualquer tamanho de população e quantidade de cromossomos que cada indivíduo apresentará. Há também como configurar o cromossomo, definindo sua tipagem, seu tamanho ou mesmo um intervalo de valores viáveis.

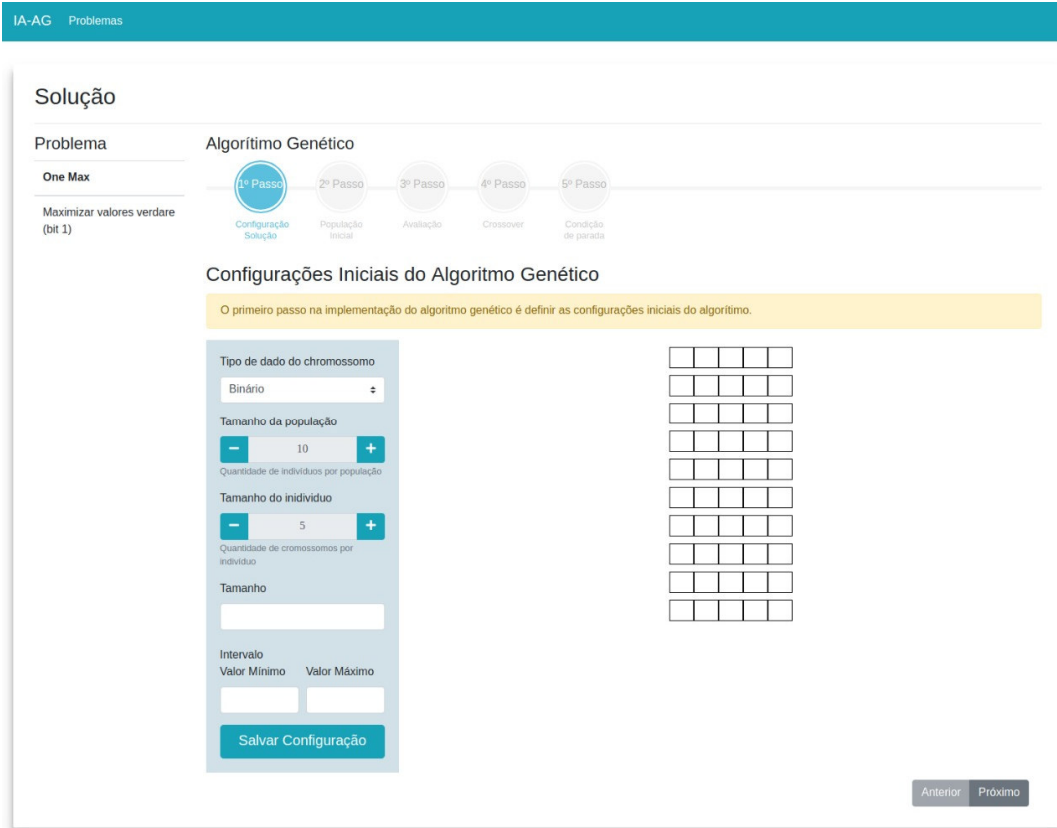


Figure 1. Tela do Sistema mostrando a configuração de AGs.

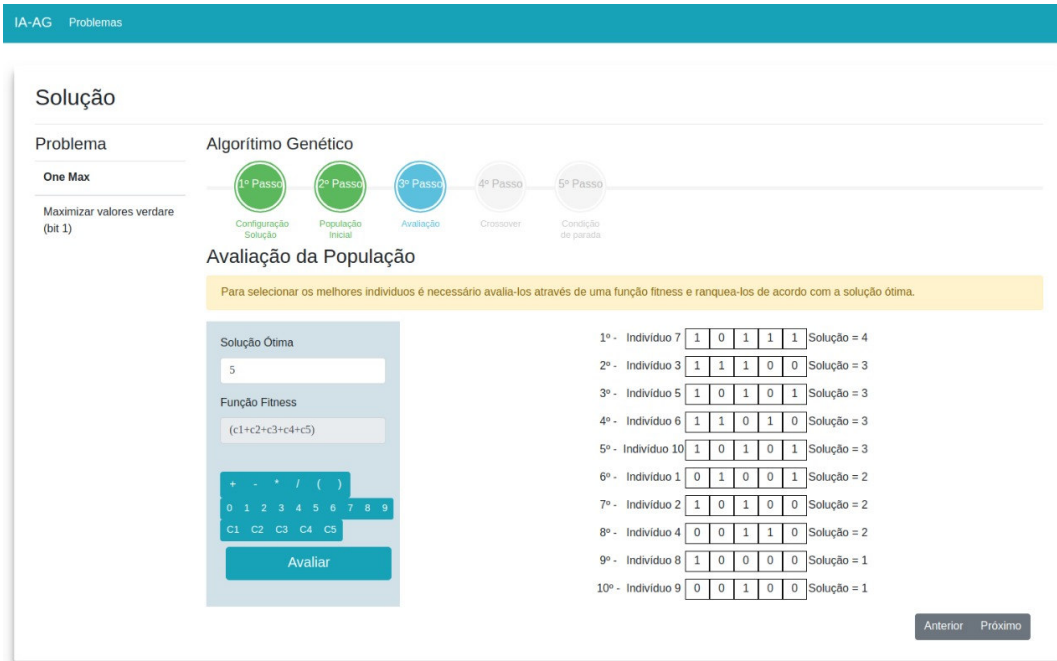


Figure 2. Tela do Sistema mostrando a configuração da avaliação do AG e formato de exibição.

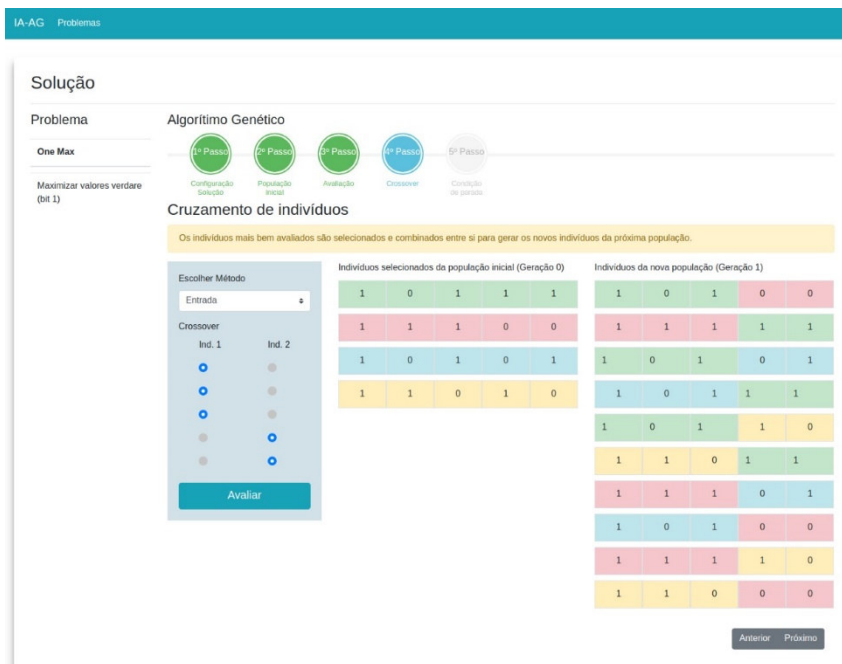


Figure 3. Tela do Sistema mostrando a configuração da avaliação do AG e formato de exibição.

Informações como função de desempenho (fitness) e pontos de corte para o cruzamento de indivíduos (crossover) podem ser definidas pelo usuário. Pode-se cadastrar uma solução ótima ou uma quantidade de populações a serem geradas (gerações). O cadastramento da função de desempenho é livre, possibilitando utilizar qualquer tipo de

relação matemática entre os cromossomos. Intenta-se manter em banco de dados as fórmulas utilizadas para que possam ser reutilizadas por outros usuários. Visualizamos essas informações na figura 2.

A representação da lógica da técnica é apresentada através de cores que permitem entender como ocorre a passagem de

dados entre as gerações. Visualizamos esse recurso na figura 3.

CONCLUSÕES

Com a automação de diversas funções, e conseqüentemente a supressão de algumas profissões, torna-se necessário democratizar o acesso ao ensino em áreas de ciência e tecnologia para o deslocamento da mão de obra no mercado. As tarefas que serão primariamente extintas são as que envolvem trabalho cognitivo rotineiro, seguindo instruções básicas e com trabalhos mentais bem estruturados e com resultados previsíveis; assim, as pessoas que necessitarão migrar de profissão serão as de baixo nível de capacitação.

Além de atrair e descomplicar o ensino em áreas relacionadas à implantação, manutenção e modificação das tecnologias inteligentes, outro foco deve ser aproximar o que é aprendido no ambiente acadêmico com as expectativas do mercado profissional. Precisa-se formar pessoas com sólidos conhecimentos científicos e que também entendam regras de negócio e comportamento de mercado, além de desenvolver características pessoais como trabalho em equipe e boa comunicação.

Utilizar tecnologias no ensino levanta debates sobre a utilidade pedagógica das ferramentas computacionais e se não se resumiria a pedagogias tecnicistas, onde apenas é transmitido um conhecimento operacional sem espaço para criar e superar barreiras já conhecidas. Porém, contemplamos estudos e conclusões sobre como as ferramentas de ensino podem ser utilizadas para mitigar problemas de supervisão e acompanhamento individual aos alunos [9], problemas de engajamento e desenvolvimento contínuo de habilidades [7, 17] e estreitar as trocas e comunicações entre aluno e professor.

Ao permitir ao usuário grande autonomia, possibilitando alterações e configurações próprias, as ferramentas computacionais de ensino incentivam a criatividade e o pensamento crítico. Quanto mais os operadores conseguirem ser abstratos, como na ferramenta HeuristicLab, por exemplo, mais o usuário pode desenvolver seus próprios algoritmos e testar e verificar a eficiência de novas abordagens ao mesmo problema.

A tecnologia, sejam ferramentas educacionais ou SIs, possuem a dualidade de interpretações. Porém, não são contempladas nem nos receios de substituição de funções do ser humano através da automação e nem nas características restritivas de servirem apenas à um ensino tecnicista que impede desenvolvimento crítico e criativo.

O desenvolvimento de uma nova ferramenta visa acrescentar as tecnologias existentes e apresentar os pontos de incentivo a criticidade e criatividade de maneira proposital, como seu objetivo primário.

Em virtude de tudo que foi mencionado, conclui-se como é imprescindível que as ferramentas de ensino sejam planejadas de maneira robusta, inteligente e com objetivos

de aguçar a criatividade e criticidade, assim como os sistemas inteligentes sejam construídos por profissionais capacitados e preparados para gerenciar todo o potencial que a IA possui. Em ambos casos, prevalece a indispensabilidade de tratar dos problemas do ensino na área de computação e especificamente de IA aproximando a realidade acadêmica das exigências atuais e futuras de um mercado de trabalho em expansão.

REFERENCES

1. Nespoli, Z. B. (2004). CIÊNCIA, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E PÓS-MODERNIDADE. *Revista Diálogo Educacional*, 4(13), 31-42.
2. Neto, A. R. V., Lima, R. F., de Oliveira, H. C., & de Vasconcelos, C. R. M. (2014). Competências essenciais nos serviços de informática: análise das percepções entre profissionais, gestores e professores de graduação. *CONNEXIO-ISSN 2236-8760*, 4(1), 135-155..
3. Zanardi, F. (2014). Perfil dos profissionais e das empresas de Tecnologia da Informação (TI) da cidade de Frederico Westphalen-RS.
4. Lohr, S. (2012). The age of big data. *New York Times*, 11(2012).
5. de Rezende Francisco, E., Kugler, J. L., & Larieira, C. L. C. (2017). Líderes da transformação digital. *GV-executivo*, 16(2), 22-27
6. dos Santos, R. P., & Costa, H. A. X. (2006). Análise de Metodologias e Ambientes de Ensino para Algoritmos, Estruturas de Dados e Programação aos iniciantes em Computação e Informática. *INFOCOMP*, 5(1), 41-50. <https://www.youtube.com/watch?v=9bZkp7q19f0>
7. Garcia, I. C., Rezende, P. D., & Calheiros, F. C. (1997). Astral: um ambiente para ensino de estruturas de dados através de animações de algoritmos. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 1(1), 71-80.
8. Soares, T. C. A. P., Cordeiro, E. S., Stefani, I. G. A., & Tirelo, F. (2004). Uma Proposta Metodológica para o Aprendizado de Algoritmos em Grafos Via Animação Não-Intrusiva de Algoritmos. In *III Workshop de Educação Em Computação e Informática Do Estado de Minas Gerais (WEIMIG'2004)*. Belo Horizonte, MG, Brasil.
9. Pimentel, E. P., FRANÇA, V. F. D., & Omar, N. (2003). A caminho de um ambiente de avaliação e acompanhamento contínuo da aprendizagem em Programação de Computadores. In *II Workshop de Educação em Computação e Informática do Estado de Minas Gerais (WEIMIG'2003)*. Poços de Caldas, MG, Brasil.

10. Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P., & Dewhurst, M. (2017). *A Future that Works: Automation, Employment, and Productivity*. McKinsey Global Institute.
11. Braga, R., Oliveira, P., Souza, M., Neto, P. S., Rabêlo, R., & Britto, R. (2015). Ferramentas para desenvolvimento de sistemas baseados em inteligência computacional: Um mapeamento sistemático. *Anais do Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente*, 12.
12. Madsen, C. A., & Adamatti, D. F. (2011). NeuroFURG: uma ferramenta de apoio ao ensino de Redes Neurais Artificiais. *Brazilian Journal of Computers in Education*, 19(02), 14.
13. Wagner, S., & Affenzeller, M. (2005). Heuristicslab: A generic and extensible optimization environment. In *Adaptive and Natural Computing Algorithms* (pp. 538-541). Springer, Vienna.
14. Moreira, P. M., Reis, L. P., & de Sousa, A. A. (2010, June). i-om: Intelligent optimization: For computer graphics and visualization. In *Information Systems and Technologies (CISTI), 2010 5th Iberian Conference on* (pp. 1-6). IEEE.
15. Dinis, R., Simões, A., & Bernardino, J. (2013, July). GraphEA: a 3D educational tool for genetic algorithms. In *Proceedings of the 15th annual conference companion on Genetic and evolutionary computation* (pp. 1293-1300). ACM.
16. Oliveira, P., Souza, M., Braga, R., Britto, R., Rabêlo, R. L., & Neto, P. S. (2014, November). Athena: A visual tool to support the development of computational intelligence systems. In *Tools with Artificial Intelligence (ICTAI), 2014 IEEE 26th International Conference on* (pp. 950-959). IEEE.
17. Buzin, P. F. W. K. (2001). A epistemologia da Ciência da Computação: Desafio do Ensino dessa Ciência. *Revista de Educação, Ciência e Cultura*, 6(2).