

Abordagem Multidisciplinar para Ensino-Aprendizagem de Projetos de Sistemas Computacionais com Apoio do CompSim

Edson B. Lisboa¹, Guilherme Álvaro R. M. Esmeraldo², Robson Gonçalves F. Feitosa², Eduardo Carlos P. da Silva Proto², Edna Natividade da S. Barros³, Ingrid Sofia V. de Melo⁴

¹Instituto Federal de Sergipe (IFS) *campus* Aracaju – Aracaju, SE – Brazil

²Instituto Federal do Ceará (IFCE) *campus* Crato – Crato, CE – Brazil

³Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – Recife, PE – Brazil

⁴Instituto Federal de Alagoas (IFAL) *campus* Maceió – Maceió, AL – Brazil

edson.lisboa@academico.ifs.edu.br,
{guilhermealvaro,robsonfeitosa}@ifce.edu.br, ecpsproto@gmail.com,
ensb@cin.ufpe.br, ingrid.melo@ifal.edu.br

Abstract. *With technological evolution, the teaching-learning processes in the design of computational systems had to follow the complexity of the new systems. In the scientific literature, computational simulators have been used as a pedagogical support tool, but they are not prepared to meet these new educational demands. Thus, this work proposes a multidisciplinary teaching-learning approach in design of computational systems, which is supported by computational simulation and practices with real electronic components, to promote meaningful learning, considering methodological aspects that drive professional and technological training.*

Resumo. *Com a evolução tecnológica, os processos de ensino-aprendizagem em projetos de sistemas computacionais tiveram que acompanhar a complexidade dos novos sistemas. Na literatura científica, tem-se utilizado os simuladores computacionais como ferramenta de apoio pedagógico, porém os mesmos não estão preparados para atender a essas novas demandas educacionais. Assim, este trabalho propõe uma abordagem de ensino-aprendizado multidisciplinar em projetos de sistemas computacionais, que tem como apoio a simulação computacional e práticas com componentes eletrônicos reais, para promover uma aprendizagem significativa, considerando aspectos metodológicos que impulsionam a formação profissional e tecnológica.*

1. Introdução

Os cursos técnicos, tecnológicos e de engenharia nas áreas de Elétrica/Eletrônica e Computação, em geral, trazem em seus currículos um conjunto de disciplinas que abordam um amplo espectro de conhecimentos relacionados, mas não limitados, a: sistemas digitais, arquitetura e organização de computadores, programação próxima ao hardware (ou programação de baixo nível), linguagens de programação, sistemas embarcados, sistemas operacionais, avaliação de desempenho de sistemas computacionais, dentre outros [Lisboa et al. 2019].

Para abordar de forma eficiente o processo de ensino-aprendizagem nesses cursos é fundamental uma carga horária de atividades e desenvolvimento de experimentos práticos, combinados a uma sólida base teórica, com o objetivo de desenvolver habilidades imprescindíveis ao exercício profissional, além de ratificar a compreensão dos diferentes conteúdos abordados teoricamente [Esmeraldo et al. 2019]. Tais atividades podem ser desenvolvidas de diferentes formas no contexto dos projetos pedagógicos, com suas vantagens e desvantagens, considerando eficácia, eficiência e custos: 1) processos de simulação (virtualização); 2) ambientes laboratoriais especializados em montagens eletrônicas e robótica (manipulação física efetiva); 3) virtualização e manipulação física concomitantemente, ou seja, integrando processos de simulação com montagens físicas; e, 4) laboratórios remotos de aprendizagem que, atualmente, são objeto de estudo do estado da arte em experimentações em estruturas de cursos técnicos e engenharias [Hayashi e Hayashi 2020].

Diante desse contexto, um cenário ideal procura mesclar o uso de simuladores de software e laboratórios de eletrônica bem equipados, que possam interagir de forma concomitante dentro de uma metodologia de curso para prover eficiência e eficácia no processo de ensino-aprendizagem de áreas de alta complexidade científica, técnica e tecnológica [Esmeraldo et al. 2019].

Assim, este trabalho propõe uma abordagem multidisciplinar para apoiar o processo de ensino-aprendizagem em projetos de sistemas computacionais, por meio do uso do simulador computacional CompSim, para o suporte ao desenvolvimento de atividades práticas. O objetivo é permitir explorar os recursos de simulação integrados do CompSim no desenvolvimento de atividades com componentes físicos, possibilitando uma abordagem metodológica flexível e com interdisciplinaridade.

Este artigo está estruturado como segue: a Seção 2 apresenta o estado da arte, apontando uma análise sistemática para a escolha adequada de ambientes virtuais aplicados em simulações de sistemas computacionais; o simulador CompSim é apresentado na Seção 3; a abordagem proposta é descrita na Seção 4; a Seção 5 apresenta resultados preliminares de aplicação da abordagem aqui proposta; e, por fim, na Seção 6, as conclusões e trabalhos futuros são demarcados.

2. Ambientes Virtuais de Simulação

Após realizar uma ampla pesquisa sobre a literatura científica [Esmeraldo et al. 2019], o ponto de partida para a concepção e desenvolvimento do presente trabalho foi a percepção de uma lacuna existente entre o estado da arte em ambiente virtuais de simulação e os requisitos essenciais para que se dispusesse de uma ferramenta ampla o suficiente para: o suporte aos experimentos nas área de computação e eletrônica; e, que considere diferentes níveis do conhecimento, profundidade e interdisciplinaridades, convergindo conceitos e conhecimentos em um único ambiente.

Muitos simuladores estão disponíveis na literatura, onde cada um possui suas próprias particularidades. Observa-se, inicialmente, que o processo de aquisição e utilização desses simuladores pode variar tanto em termos de formato (fechado ou aberto), quanto de custo (gratuitos ou com licenças comerciais).

Além disso, a escolha e definição de qual ferramenta usar torna-se um desafio importante, podendo ser um fator de sucesso, na medida em que otimiza o processo de ensino-aprendizagem e possibilita uma aprendizagem significativa. Assim, a literatura científica apresenta alguns trabalhos de pesquisa, com análises e comparações que auxiliam o processo de escolha e adoção de ambientes virtuais de simulação para conteúdos de computação e eletrônica. Akram e Sawalha (2016), por exemplo, apresentam uma ampla revisão a respeito de propostas de simuladores computacionais, considerando diferentes parâmetros de classificação, tais como: processo de simulação, o escopo do sistema (simulação de arquiteturas totais ou parciais), baseado nas entradas de dados, multiprocessadores, dentre outras características. Com base nessas definições, um conjunto de simuladores foi apresentado e os resultados embasam especialistas a alinharem os seus propósitos no processo de ensino-aprendizagem com as ferramentas pretendidas.

Ainda com base na literatura e considerando as diretrizes da Sociedade Brasileira de Computação, que definem currículos para Computação, com ênfase à área de Arquitetura e Organização de Computadores [Rocha et al. 2005], e as disciplinas e conteúdos dos cursos técnicos em eletrônica e informática, Esmeraldo et al. (2019) apresentaram uma análise comparativa detalhada sobre simuladores computacionais.

Esses estudos demonstraram a importância dos simuladores, suas funcionalidades e potencialidades para possibilitar a virtualização de atividades práticas que têm sido exaustivamente exploradas, essencialmente em tempos de distanciamento e isolamento social. No entanto, essas ferramentas, a despeito do atual contexto social, nem sempre implementam funcionalidades e recursos que permitam as práticas virtuais com conexão a componentes reais, de forma a não perderem a essencialidade das construções práticas em cursos técnicos e de engenharia, pois o uso exclusivo de processos de simulação, por mais próximo do real que uma ferramenta possa levar o usuário/estudante, há sempre um nível de abstração que não pode ser desconsiderado numa formação técnica/profissionalizante.

Assim, tais diretrizes apontaram para o concepção e construção de uma plataforma computacional, com suporte de hardware (HW) e software (SW), que possibilite tanto o desenvolvimento de práticas totalmente virtuais com a conexão com componentes físicos e sistemas completos reais, auxiliando o processo de aprendizagem sem perder o foco na apropriação de habilidades práticas tão importantes na formação técnica, tecnológica e de engenharia.

3. O Simulador CompSim

Apesar da grande diversidade de ferramentas e ambientes de simulação nos contextos de sistemas computacionais e eletrônica, há uma carência de um ambiente virtual que disponibilize funcionalidades e recursos, de forma que: 1) dê suporte a múltiplos níveis de formação em disciplinas de cursos técnicos e superior de forma integrada; 2) ao mesmo tempo, possibilite o desenvolvimento de atividades práticas virtuais, desenvolvidas remotamente; 3) permita interação com os componentes e sistemas reais em laboratórios, dando suporte no processo de ensino-aprendizagem nos pilares institucionais de ensino, pesquisa e extensão; 4) incentive a aplicação de metodologias ativas e com aprendizagens significativas em áreas tão relevantes.

Assim, com foco em alguns dos pontos levantados anteriormente, nasceu o projeto CompSim, que é composto por um portal Web¹ e um ambiente de simulação para dar suporte ao desenvolvimento dessas atividades práticas.

O portal Web foi concebido para dispor e divulgar as informações técnicas do projeto; materiais didático-pedagógicos, tais como: tutoriais em vídeos (integrados a um canal da plataforma Youtube), livro didático e muitos exemplos práticos; adicionalmente, um fórum de discussão e grupo do Telegram estão disponíveis para diálogo, dúvidas e sugestões sobre assuntos de abrangência de projeto em sistemas digitais e computacionais de forma geral, bem como sobre o próprio CompSim [Esmeraldo and Lisboa 2017].

Nesse portal, os usuários interessados, em sua maioria estudantes, têm a opção de escolher a versão da ferramenta mais adequada para o seu sistema operacional (MS Window ou GNU/Linux, 32 ou 64-bits) e realizar seu download e instalação. A Figura 1 apresenta a interface gráfica do CompSim. Trata-se de um ambiente integrado com diversos recursos gráficos para a simulação de uma plataforma computacional completa.

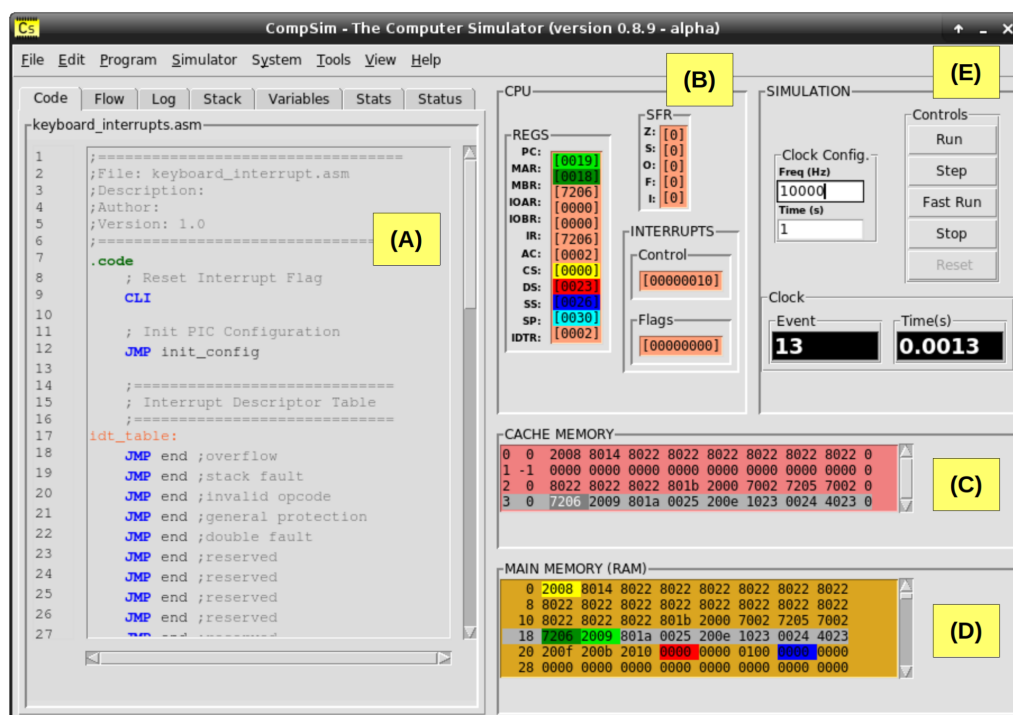


Figura 1: Dinâmica de simulação da plataforma computacional.

A interface de software apresentada na Figura 1 representa graficamente os componentes de uma plataforma computacional real que o ambiente CompSim simula. A plataforma simulável, conhecida por “Mandacaru”, é composta pelos seguintes componentes: um modelo de processador conceitual, Figura 1 (B), e memórias Cache,

¹ CompSim - The Computer Simulator. Disponível em: <<http://compsim.crato.ifce.edu.br/index.html>>. Acesso em: 14 jul. 2022.

Figura 1 (C), e RAM, Figura 1 (D), interligados pelo barramento de sistema; um subsistema de entrada/saída, que está conectado ao processador através de um barramento de periféricos, e que permite a conexão com dispositivos virtuais de entrada (Teclado) e outro de saída (Vídeo), bem como físicos, tal como uma placa de prototipação de projetos eletrônicos Arduino UNO [McRoberts 2018].

A interface gráfica do CompSim foi projetada ainda para apoiar as atividades de: configuração da plataforma Mandacaru; programação do processador, através de um editor de códigos-fonte em linguagem de baixo nível, Figura 1 (A); configuração e gerenciamento de simulação, Figura 1 (E); bem como, visualização da simulação e análise de desempenho de uma aplicação, como é citado em [Esmeraldo et al. 2018].

4. Proposta de Abordagem Pedagógica com Apoio do CompSim

A Figura 2 ilustra o fluxograma que apresenta a abordagem metodológica aqui proposta, para dar suporte ao aprendizado interdisciplinar em projetos de sistemas computacionais com o apoio do CompSim. A abordagem aqui proposta é uma extensão daquela apresentada em [Lisboa et al, 2019], que foi aplicada em diferentes turmas da disciplina de Arquitetura e Organização de Computadores em um curso superior de bacharelado, podendo, segundo os autores, ser explorada de forma personalizada, a depender dos objetivos e metodologias adotados.

A metodologia aqui proposta permite a distribuição de conteúdos e a personalização do seu aprofundamento, além de favorecer a interdisciplinaridade com suporte de funcionalidades do mesmo ambiente virtual, que se pode trabalhar com e entre outras disciplinas. Por exemplo, em um curso técnico de eletrônica, em que a matriz curricular é composta por disciplinas tais como: Infraestrutura de Hardware e Software (análogas às de Arquitetura e Organização de Computadores e Sistemas Operacionais), Linguagem de Programação Aplicada (diferentes níveis de programação), Sistemas Digitais (Eletrônica Digital Combinacional e Sequencial), Eletrônica Analógica e Sistemas Programáveis (Plataformas Programáveis Embarcadas, que inclui, por exemplo, Arduino), pode-se arquitetar um conjunto de atividades a serem trabalhadas de forma interdisciplinar, com o objetivo de solidificar conceitos e aprofundar uma aprendizagem significativa entre áreas e conhecimentos correlatos e complementares. Tal interdisciplinaridade está apontada na Figura 2, por partes destacadas em vermelho; onde as disciplinas/áreas estão contidas em caixas vermelhas (Linguagem de Programação, Sistemas Digitais e Analógicos e Sistemas Programáveis).

Assim, ainda conforme ilustrado na Figura 2, nos Estágios 6, 7 e 8, em que se pode trabalhar conceitos de conjuntos de instruções e endereçamento de memórias, por exemplo, um banco de atividades e projetos podem ser desenvolvidos envolvendo a programação de máquina em baixo nível de sistemas eletrônicos de memória, os quais podem ser implementados de forma virtual, real ou das duas formas com o suporte do ambiente.

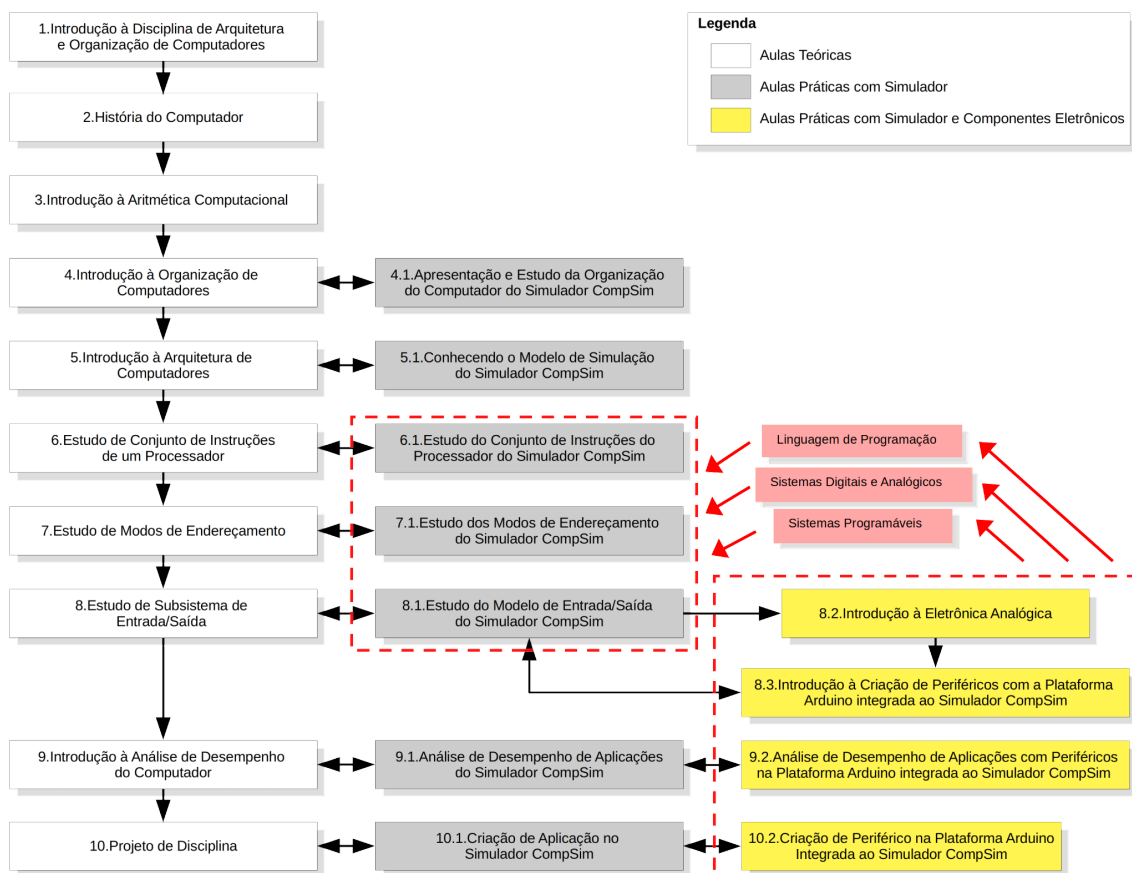


Figura 2: Fluxo Metodológico com Interdisciplinaridade.

Da mesma forma, quando se estuda a comunicação entre o sistema computacional e o meio externo, através dos dispositivos de entrada/saída, os quais, por sua vez, são subsistemas bastante complexos, muitas disciplinas/áreas podem ser envolvidas nessa atividade de forma interdisciplinar utilizando recursos do mesmo ambiente. Como exemplo prático, tem-se o projeto e desenvolvimento de uma esteira industrial transportadora, controlada a partir da plataforma simulável do ambiente CompSim: nesse sistema, o software que executa na plataforma simulável controla os movimentos da esteira através da leitura de sensores físicos, como mostra a Figura 3.

Este e outros experimentos têm sido desenvolvidos com estudantes dos cursos técnicos de Informática e Eletrônica do Instituto Federal de Sergipe (IFS) *campus* Aracaju, onde tais conhecimentos foram oriundos da interdisciplinaridade experimentada nas disciplinas desses cursos. Com o emprego da abordagem aqui proposta, outros resultados também têm se mostrado bastante promissores, conforme detalhado na próxima seção.

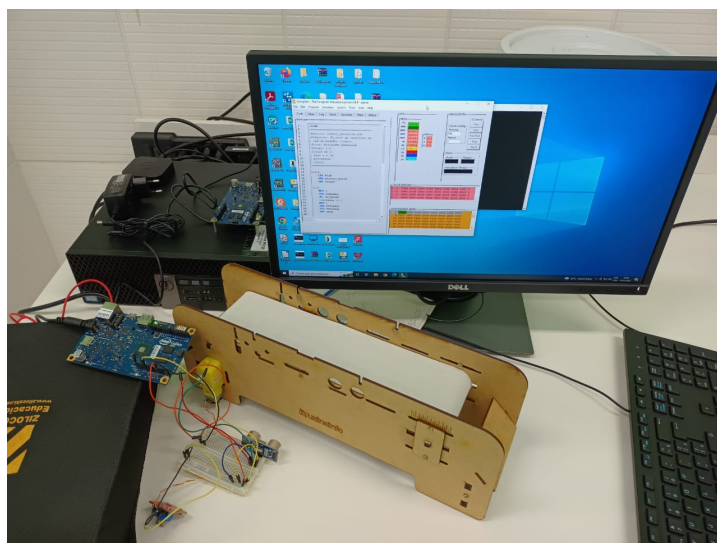


Figura 3: Esteira industrial transportadora controlada pelo simulador CompSim.

5. Resultados Experimentais

A abordagem proposta foi aplicada em atividades experimentais de Pesquisa Científica, no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica aos estudantes do ensino médio (PIBIC Jr.), que envolveu dez (10) estudantes de cursos Técnicos Integrados de Eletrônica e de Informática. Assim, para avaliar a experiência de uso do simulador, por estudantes do ensino médio técnico, para o aprendizado multidisciplinar, utilizou-se uma rubrica [Yuan and Recker 2015] como instrumento de avaliação que foi aplicada por meio de um formulário on-line.

A rubrica incluiu os seguintes indicadores: 1) Conteúdo curricular: relação entre as práticas realizadas com os componentes curriculares das disciplinas; 2) Interatividade: relação entre a atividade do usuário com o sistema e o suporte ao estímulo/motivação para estudos; 3) Pensamento de alto nível: possibilidade de construção de novos conhecimentos, através da análise, avaliação e síntese; 4) Materiais de apoio: existe disponibilidade de materiais complementares, como apostilas, vídeos, exemplos de aplicações, etc., que permitem auxiliar o aprendizado pelo uso do simulado; 5) Ambiente de laboratório: há espaço nas aulas em laboratório para desenvolvimento das atividades com o simulador; 6) Acessibilidade: informações gráficas são devidamente rotuladas, fontes são consistentes e fáceis de ler, e se estão sendo empregados diferentes estilos de aprendizagem e níveis de habilidade; 7) Nível técnico: nível de conteúdos abordados no simulador é apropriado para o público alvo; 8) Amigabilidade: design limpo, fácil de utilizar e dispõe de meios para auxílio ao estudante no aprendizado; 9) Componentes de avaliação: suporte para autoavaliação do nível de aprendizado dos estudantes; 10) Efetividade no ensino: suporte efetivo no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos abordados; e, 11) Desempenho do estudante: taxa de aprendizado atende às necessidades individuais dos estudantes. Cada um dos indicadores incluiu os seguintes aspectos de qualidade, com respectivos escores: Ruim (1 ponto), Razoável (2 pontos), Bom (3 pontos) e Excelente (4 pontos).

Para o conjunto de atividades e projetos desenvolvidos com tais estudantes dos cursos técnicos integrados, os resultados são mostrados na Figura 4. Eles mostram que, em média, os estudantes avaliaram a qualidade de todos os indicadores entre “bom” e “excelente”. Entre os indicadores, segundo os estudantes, “Pensamento de alto nível” obteve a maior média (3,9), indicando assim a efetividade da abordagem multidisciplinar proposta de ensino-aprendizagem com apoio da plataforma proposta. Por outro lado, os estudantes apontaram “Amigabilidade” como o de menor média (2,7) e fizeram algumas sugestões de melhorias, como a adição de maior *feedback* na interface, bem como a possibilidade de inclusão de novos temas para personalização da interface gráfica e novos recursos no editor de código, visando aumentar a qualidade da experiência de uso do simulador. Outro ponto destacado pelos estudantes consistiu na dificuldade inicial em compreender o conteúdo do portal Web por estar em língua estrangeira (inglês), o que suscita a importância de se aperfeiçoar o domínio de línguas estrangeiras no ensino médio. Por fim, para os estudantes, os materiais de apoio foram fundamentais para compreensão da dinâmica de uso do simulador.

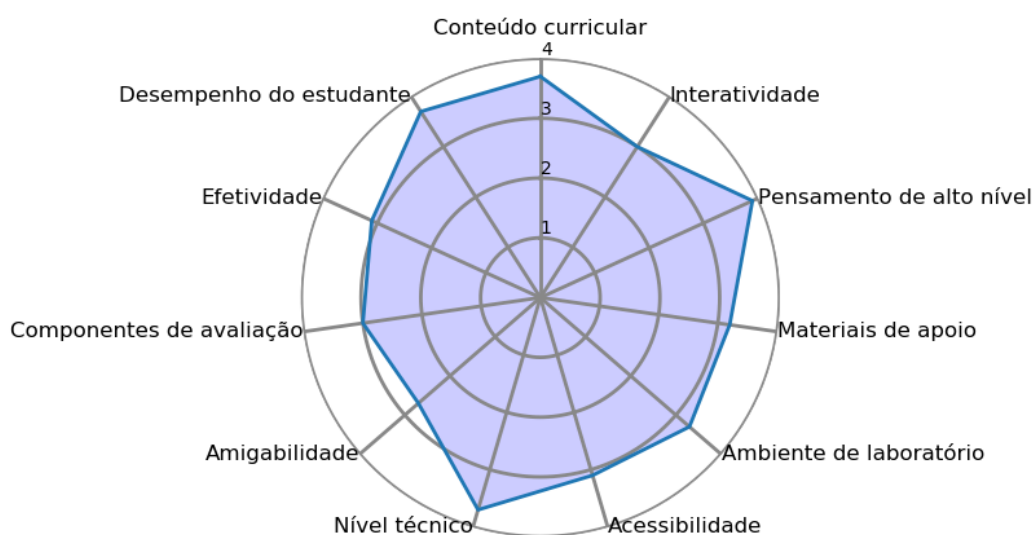


Figura 3: Resultados da Avaliação com estudantes do ensino técnico integrado.

6. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este artigo apresentou uma proposta de abordagem para apoio aos processos de ensino-aprendizagem multidisciplinares em projetos de sistemas computacionais. A abordagem proposta faz uso do CompSim, que é composto de um portal Web e um ambiente de simulação de sistemas computacionais integrado a sistemas de hardware real, e foi aplicada em atividades de pesquisa científica com estudantes de cursos Técnicos Integrados de Eletrônica e de Informática. Os resultados mostraram que, de acordo com os estudantes, a abordagem proposta favoreceu o suporte educacional

multidisciplinar, por meio de experiências consideradas satisfatórias no uso das ferramentas apresentadas.

Como trabalhos futuros espera-se validar a abordagem multidisciplinar aqui proposta para apoio ao ensino multidisciplinar, através da avaliação dos experimentos por docentes, e em outros cenários, através da concepção e aplicação dos experimentos em disciplinas de cursos de ensino médio integrado de eletrônica e informática. Para tanto, almeja-se: a adição de novos componentes à plataforma Mandacaru, para disponibilizar cenários reais e fluxo completo de projetos de sistemas computacionais; o suporte de um compilador de linguagem de alto nível e um sistema operacional de tempo real para o processador virtual; a inclusão de um processador comercial tipo ARM ou AVR; a integração do simulador com Laboratórios Remotos de Aprendizagem; e, a criação de cenários para o projeto de novos sistemas eletrônicos reais.

Referências

- Akram, A. and Sawalha, L. (2016). x86 computer architecture simulators: A comparative study. In: IEEE 34th International Conference on Computer Design (ICCD).
- Esmeraldo, G., Cartaxo, L. F., Mendes, C. S. R. and Lisboa, E. B. (2018). Um Simulador Educacional para Apoio ao Projeto de Sistemas Computacionais: Hardware, Software e suas Interfaces. In: XXVI Workshop sobre Educação em Computação (WEI 2018) - XXXVIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC 2018).
- Esmeraldo, G. and Lisboa, E. (2017). Uma Ferramenta para Exploração do Ensino de Organização e Arquitetura de Computadores. *International Journal of Computer Architecture Education*, v.6, p.68-75.
- Esmeraldo, G. A. R. M., Mendes, C. S. R., Cartaxo, L. F. and Lisboa, E. B. (2019). Apoio ao Aprendizado em Arquitetura e Organização de Computadores: Um Estudo Comparativo entre Simuladores Computacionais. *Revista Tecnologias na Educação*, 2019.
- Hayashi, V. T. and Hayashi, F. H. (2020). LabEAD: Laboratório Eletrônico de Ensino à Distância durante o Distanciamento Social. In: *Anais do V Congresso sobre Tecnologias na Educação*. p. 21-30. SBC.
- Lisboa, E. B., Cartaxo, L. F., Mendes, C. S. R. and Esmeraldo, G. A. R. M. (2019). Uma Metodologia Educacional para Aprendizado Prático de Organização e Arquitetura de Computadores com Apoio de Simulador Computacional. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, p. 31062-31068.
- McRoberts, M. (2018). *Arduino básico*. Novatec Editora.
- Rocha, M. da G. B., Nicoletti, M. do C., Fabbri, S. C. P. F., Barros, E. N. da S. and Frery, A. C. (2005). *Currículo de Referência da SBC para Cursos de Graduação em Bacharelado em Ciência da Computação e Engenharia de Computação*. Relatório Técnico, Sociedade Brasileira de Computação (SBC).

Yuan, M. and Recker, M. (2015). Not all rubrics are equal: A review of rubrics for evaluating the quality of open educational resources. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 16(5).