



**INSTITUTO
FEDERAL**
Alagoas

**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS MACEIÓ
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM DOCÊNCIA NA EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL**

EDSON BARBOSA LISBOA

**UMA PLATAFORMA DE HARDWARE E SOFTWARE PARA SUPORTE AO
PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE TECNOLOGIAS
COMPUTACIONAIS NO CONTEXTO DA EPT**

**MACEIÓ – AL
2022**

EDSON BARBOSA LISBOA

UMA PLATAFORMA DE HARDWARE E SOFTWARE PARA SUPORTE AO
PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE TECNOLOGIAS
COMPUTACIONAIS NO CONTEXTO DA EPT

Artigo científico apresentado ao curso de Especialização em docência na educação profissional do Instituto Federal de Alagoas, campus Maceió, como requisito para a obtenção do título de especialista.

Orientador(a): Prof^a Dr^a Ingrid Sofia Vieira de Melo

MACEIÓ – AL
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Maceió
Biblioteca Benevides Monte

**INSTITUTO
FEDERAL
Alagoas**

-
- L769u Lisboa, Edson Barbosa.
Uma plataforma de hardware e software para suporte ao processo de ensino-aprendizagem de tecnologias computacionais no contexto da EPT / Edson Barbosa
Lisboa. – Maceió : IFAL, 2022.
21 f. : il.
- Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Ingrid Sofia Vieira de Melo.
Artigo (Especialização em Docência na Educação Profissional) – Instituto Federal de Alagoas /UAB- Polo Maceió, 2022.
- Um arquivo digital no formato PDF do trabalho acadêmico.
- 1 Sistemas computacionais. 2. Ambientes virtuais de simulação. 3. Educação Profissional e Tecnológica. I. Título.

CDD: 378.013

Nalva Maria Amaral
Bibliotecária – CRB-4/989

**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS – IFAL
PRÓ-REITORIA DE ENSINO
DIRETORIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA
SISTEMA UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM DOCÊNCIA NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL**


TERMO DE APROVAÇÃO

Edson Barbosa Lisboa

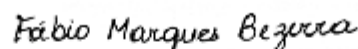
Título do trabalho: Uma plataforma de hardware e software para suporte ao processo de ensino-aprendizagem de tecnologias computacionais no contexto da ept.

Aprovado em: 23/03/22

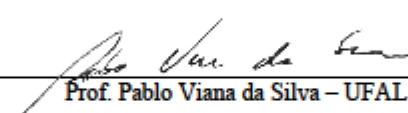
Banca Examinadora:


Prof. Dra. Ingrid Sofia V. de Melo
CPF: 504.910.231/201
IFAL

**Prof. Dra. Ingrid Sofia Vieira de Melo - IFAL
Presidente/a/Orientadora**



**Prof. Fábio Marques Bezerra – IFAL
(Membro 1 - Interno)**


Prof. Pablo Viana da Silva – UFAL
(Membro 2- Externo)

Maceió/AL, 23 de 03 de 2022.

RESUMO

Com a evolução tecnológica, os sistemas computacionais têm se tornado mais complexos. Isso tem impactado diretamente nos processos de ensino-aprendizagem em projetos de sistemas computacionais, uma vez que os conteúdos envolvidos refletem tal complexidade. Na literatura científica, os simuladores computacionais têm sido utilizados como ferramentas base para apoio ao aprendizado em projetos de sistemas computacionais. No entanto, percebe-se que, mesmo com uma diversidade de recursos, os simuladores não estão preparados para atender às novas demandas diante dessa rápida evolução tecnológica, essencialmente quando se trata de interdisciplinaridade e adequação aos diferentes níveis de cursos; além de promover uma aprendizagem significativa, considerando aspectos metodológicos que impulsionem a educação e a formação profissional e tecnológica para um mercado que se inova constantemente. Assim, esse trabalho propõe um ambiente de Hardware e Software que possibilite a virtualização de atividades práticas ao mesmo tempo em que potencializa o desenvolvimento de habilidades com componentes de eletrônicos reais, com aplicação em diferentes níveis e modelos de cursos, baseando-se na metodologia pesquisa-ação, com resultados significativos no processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: Sistemas Computacionais, Ambientes Virtuais de Simulação, Educação Profissional e Tecnológica.

ABSTRACT

The technological evolution has made the computational systems more complex. This has had a direct impact on the teaching-learning processes in design of computational systems, since the contents involved reflect such complexity. In the scientific literature, computational simulators have been used as basic tools to support learning in design of computational systems. However, it is clear that, even with a diversity of resources, simulators are not prepared to meet the new demands in the face of this technological evolution, essentially when it concerns interdisciplinary and adaptation to different levels of courses; in addition to promoting significant learning, considering methodological aspects that promote education as well as professional and technological training for a market that is constantly innovating. Thus, this work proposes a Hardware and Software environment that allows the virtualization of practical activities while enhancing the development of skills with real electronic components, with application at different levels and models of courses, based on the research-action methodology, with significant results in the teaching-learning process.

Keywords: Computational Systems, Virtual Simulation Environments, Professional and Technological Education.

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 do conhecimento relacionado, mas não limitado, 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 (ESMERALDO, G; LISBOA, E. 2017).

Adicionalmente, com a crescente evolução tecnológica, novos conceitos e aplicações surgem, tais como automação, robótica, Internet das Coisas (IoT) e *cyber-physics systems* (LEE, 2017), ampliando assim o conjunto de conhecimento a ser tratado e explorado por tais cursos. Trata-se de um conjunto de conhecimento denso e de alta complexidade, desafiando continuamente metodologias do processo de ensino-aprendizagem. Como descrito por Lisboa (2017) “A soma desses fatores resulta em grandes desafios para o processo de ensino-aprendizagem nessa área e demanda novas abordagens, métodos e ferramentas de hardware e software, inclusive, fazendo uso de artefatos resultantes das inovações tecnológicas.”

Para abordar de forma eficiente o processo de ensino-aprendizagem nesses cursos técnicos, tecnológicos e de engenharias é fundamental uma carga horária de atividades e desenvolvimento de experimentos práticos, relacionados a uma sólida base teórica, com objetivos de desenvolver diversas habilidades imprescindíveis ao exercício profissional, além de ratificar e contribuir para a compreensão dos diferentes assuntos abordados teoricamente (ESMERALDO et al. 2019). Tais atividades podem ser desenvolvidas de diferentes formas no contexto dos projetos pedagógicas, com 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 (o estado da arte em experimentações em estruturas de cursos técnicos e engenharias).

Com a evolução do poder computacional e de ferramentas de software cada vez mais sofisticadas, a utilização de simuladores para o apoio e aprendizado a projeto de sistemas eletrônicos e computacionais tem sido muito explorada e pode ser considerada de baixo custo, principalmente se a ferramenta de software for livre (ESMERALDO et al. 2020). O emprego de simuladores de alta qualidade possibilita o desenvolvimento de experimentos, em geral, de forma flexível e com a possibilidade de variações rápidas nos experimentos, aumentando a produtividade e ampliando a exploração do conteúdo em questão. Por outro lado, o uso de simuladores aumenta a abstração das atividades práticas, excluindo detalhes, o que, em alguns casos, pode ser indesejável. Assim, experimentos físicos, com componentes reais, são fundamentais.

O projeto e montagem de laboratórios especializados envolvem a especificação e aquisição de ferramentas, instrumentos de testes e medição, componentes, placas eletrônicas, kits didáticos, dentre outros, que são imprescindíveis para prover experimentos de alta qualidade e proporcionar um aprendizado profundo e detalhado em determinadas disciplinas e conteúdos. Em geral, essa solução demanda suporte técnico especializado e tem um alto custo. E para melhor aproveitamento dos recursos, principalmente em condições de acesso restritas e/ou impedimento, o conceito de laboratório remoto tem sido implementado como solução para maior disponibilidade e diversidade de aplicações experimentais. Estes usam TICs para disponibilizar acesso funcional e estrutural a um conjunto de experimentos (CAETANO, 2019).

Um cenário ideal procura mesclar o uso de simuladores de software e laboratórios 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. Segundo Esmeraldo (2019, p. 68) “a metodologia ideal deve empregar o uso de bons simuladores que apresentem cenários próximos aos reais, mas que possibilitem a interação com o hardware real para o desenvolvimento de habilidades práticas plenas.”

A manutenção e disponibilização de toda a infraestrutura dos cursos técnicos, tecnológicos e de engenharia para o desenvolvimento de atividades práticas se configuram em um grande desafio, principalmente com relação às instalações físicas laboratoriais das Instituições. Em geral, os laboratórios estão disponíveis em horários determinados e em aulas obrigatórias, com o suporte de servidores especializados, restringindo o acesso, comprometendo a disponibilidade e conseqüentemente a produtividade do ambiente.

Adicionalmente, em atividades práticas que exigem preparações e montagens dos experimentos, que empregam o uso de equipamentos e componentes especializados, demandam um maior tempo para a execução dos mesmos. Uma vez montados e realizados todos os procedimentos da atividade, a mesma é desmontada, em geral, para liberar espaços, de forma que outras atividades possam ocorrer nesse mesmo local. Em outras situações, os equipamentos não ficam expostos em bancadas por questões de segurança do patrimônio. A baixa taxa de disponibilidade e a pouca flexibilidade impactam no potencial de exploração desses ambientes, restringindo a metodologia empregada em atividades práticas em cursos que, em tese, deveriam primar pela exploração massiva do “aprender fazendo” em práticas de laboratórios.

Além disso, em tempos de pandemia como os atuais, as Instituições permanecem fechadas e todos os equipamentos e materiais de ensino-aprendizagem necessários estão inalcançáveis por estudantes e professores. O valor desse prejuízo é incalculável, tanto material, quanto com relação aos danos trazidos às iniciativas de ensino remoto, que tendem a negligenciar os aspectos práticos ou se resumem a processos de simulação ou algo equivalente e, em alguns casos, muito superficial.

Assim, pode-se perceber a carência de uma abordagem Integrada de Hardware e Software, customizável e escalável, que dê suporte ao processo de ensino-aprendizagem do complexo e vasto conteúdo nas áreas de Eletrônica, computação e informática.

Para reduzir essa lacuna, este projeto de pesquisa propõe uma abordagem para implementar o conceito de Laboratórios Virtuais de aprendizagem (LAV), utilizando tecnologias de informação e comunicação (TICs) para prover suporte ao ensino-aprendizagem em atividades práticas, que serão previamente projetadas e parcialmente montadas, relacionadas aos conteúdos de eletrônica e computação, essencialmente àqueles vinculados às ementas de atividades práticas em sistemas digitais, arquitetura e organização de computadores, linguagem de programação de baixo nível e robótica.

1.1. Objetivos Gerais e Específicos

O objetivo geral foi desenvolver uma plataforma de hardware e software para implementar o conceito de laboratórios virtuais de aprendizagem, disponibilizando de forma on-line diversos experimentos que podem ser realizados à distância, com suporte de um portal especializado e ferramentas de discussão e suporte de aprendizagem ativa e significativa. Como objetivos específicos têm-se:

- Elaborar e desenvolver um conjunto de experimentos, considerando diferentes funcionalidades e tecnologias;
- Gerenciar e mensurar a exploração de experimentos virtuais mesclados aos componentes físicos;
- Ampliar a disponibilidade do uso de equipamentos, componentes e demais artefatos laboratoriais com o suporte de software para seu uso;
- Aumentar a número de experimentos através de uma base conhecimentos de forma controlada por acesso remoto;
- Avaliar metodologicamente o aproveitamento do acesso remoto em disciplinas práticas;
- Expandir o conceito e as funcionalidades de laboratórios virtuais para desenvolver inovação e conceitos inéditos nesse contexto.

Por fim, esse artigo está estruturado como segue: na seção 2 é discutido o percurso metodológico seguido na concepção e desenvolvimento do projeto; a seção 3 apresenta o estado da arte, apontando uma análise sistemática de alguns dos principais ambientes virtuais aplicados em simulações de sistemas computacionais em todo ou em parte; o ambiente CompSim, proposto e desenvolvido nesse projeto, é apresentado na seção 4; um percurso metodológico possível e alguns experimentos aplicados são apresentados na seção 5; algumas análises do processo de uso do CompSim em diferentes contextos e níveis de aprendizagem são mostrados na seção 6; e por fim, as conclusões e trabalhos futuros são mostrados na seção 7.

2. PERCURSO METODOLÓGICO

Para desenvolver a abordagem proposta, considerando os seus aspectos técnicos, tecnológicos e educacionais, a metodologia está ancorada nos pressupostos da pesquisa-ação colaborativa, conforme explanado por Cavalcanti (2017). Essa metodologia mostra-se adequada à medida que a plataforma e os artefatos produzidos poderão alterar significativamente a práxis do processo de ensino-aprendizagem no contexto experimental de sistemas digitais e Robótica, e colaborativa na medida em que se estabelece uma ampla e forte parceria em todas as etapas de construção, validação e aplicação da abordagem proposta. Cabe ressaltar que esse projeto tem parcerias estabelecidas com outros grupos de pesquisa. Nesse contexto, a metodologia está estruturada para abranger as diferentes dimensões do projeto e delineada, nas seguintes fases e atividades:

1. Levantamento bibliográfico do Estado da arte em ambientes virtuais específicos, apresentando estudos comparativos de acordo com os requisitos essenciais para o projeto, buscando o aprofundamento das novas tecnologias e conceitos para as atuais arquitetura e organização de computadores, seus impactos nas áreas correlatas e no processo de ensino-aprendizagem; bem como uma profunda análise dos respectivos conjuntos de experimentos implementados por eles;
2. Concepção, projeto e desenvolvimento da plataforma de Hardware e Software:
 - a) Levantamento de requisitos;
 - b) Especificação da Arquitetura Computacional;
 - I. Especificação de Hardware;
 - II. Especificação de Software;
 - c) Projeto e Desenvolvimento;
 - d) Integração;
 - e) Testes.
3. Levantamento, Especificação e implementação de hardware e software em função do conjunto de experimentos a serem disponibilizados e tecnologias envolvidas;
 - a) Implementação, testes e validação;
4. Levantamento e Desenvolvimento da metodologia educacional a fim de incorporar a aplicação e uso de experimentos remotos em função dos cursos, ementas e conteúdos;
5. Análises qualitativas e quantitativas.

3. ESTADO DA ARTE: AMBIENTES VIRTUAIS DE SIMULAÇÃO

Conforme apontado no percurso metodológico, o ponto de partida para a concepção e desenvolvimento do projeto foi a percepção de uma lacuna existente entre o estado da arte em ambientes virtuais de simulação e os requisitos essenciais para que se dispusesse de uma ampla ferramenta que pudesse dar suporte aos experimentos nas áreas de computação e eletrônica, considerando diferentes níveis do conhecimento, profundidade e interdisciplinaridades, convergindo conceitos e conhecimentos em um único ambiente. Para isso foi realizada uma ampla pesquisa sobre o estado da arte.

Muitos simuladores estão disponíveis tanto em formato livre e aberto, sem custos para os usuários, quanto em formato comercial, em que há um custo para uso da ferramenta. Este custo pode variar em função dos recursos e tecnologias disponibilizados pela plataforma de software. Assim, a escolha e definição de qual ferramenta usar é um desafio importante porque pode ser um fator de sucesso, pois pode otimizar o processo de ensino-aprendizagem e possibilitar uma aprendizagem significativa; ou, por outro lado, pode ser um grande empecilho, caso as ferramentas escolhidas não sejam adequadas ao nível do curso, ou a complexidade de sua operação e uso, dentre outros fatores, se sobreponha aos objetivos dos conteúdos trabalhados, ou seja, a ferramenta passa a dificultar o processo de ensino-aprendizagem. Assim, a literatura apresenta alguns trabalhos de pesquisa, análise e comparação que ajudam sobremaneira o processo de escolha e adoção de ambientes virtuais de simulação para conteúdos de computação e eletrônica. Por exemplo, Akram e Sawalha (2016) 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 estão detalhados no artigo, que embasam especialistas a alinharem os seus propósitos no processo de ensino-aprendizagem com as ferramentas pretendidas.

Com base na literatura e considerando as diretrizes da Sociedade Brasileira de Computação que definem currículos para Computação, dentre elas a área de arquitetura de computadores (Rocha et al. 2005), e as disciplinas e conteúdo dos cursos técnicos em eletrônica e informática, Esmeraldo et al. (2019) apresentam uma análise comparativa detalhada de simuladores. Esse levantamento foi essencial para se extrair e se definir o presente projeto de pesquisa.

Esses estudos mostraram 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 disponíveis, 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 perder 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 a ferramenta possa levar o usuário/estudante, há sempre um nível de abstração que não pode ser desconsiderado numa formação técnica/profissionalizante.

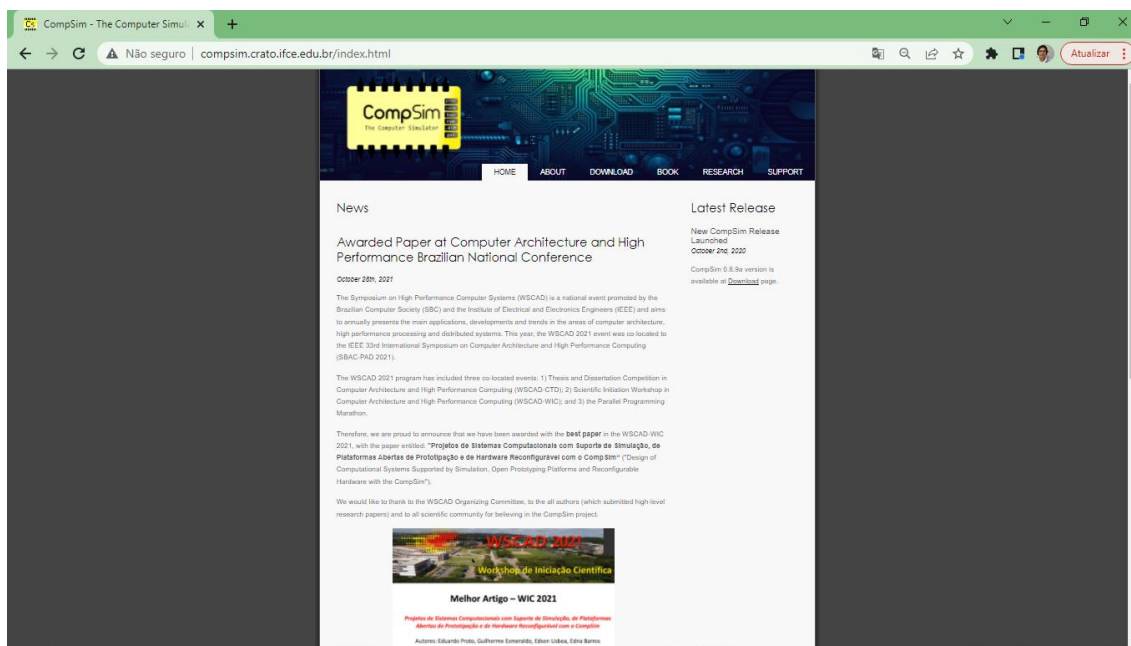
Assim as diretrizes apontaram para o concepção e construção de uma plataforma computacional, com suporte de hardware (HW) e software (SW), que possibilite tanto o desenvolvimento de práticas totalmente virtuais com a conexão com componentes físicos e sistemas completos reais, auxiliando no desenvolvimento de aprendizagem sem perder o foco do desenvolvimento técnico tão importante na formação técnica, tecnológica e de engenharia.

4. COMPSIM: RECURSOS DE HARDWARE E SOFTWARE

Diante da constatação de que, apesar da grande diversidade de ferramentas e ambientes de simulação nos contextos de sistemas computacionais e eletrônica, há claramente uma carência de um ambiente virtual que disponibilize funcionalidades e recursos, de forma que: 1) dê suporte a múltiplos níveis em disciplinas de cursos técnicos, tecnológicos e superior de forma integrada; 2) possibilite, ao mesmo tempo, 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 diferentes pilares institucionais: 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. Este projeto é composto por um portal Web e um ambiente de simulação para dar suporte ao desenvolvimento das atividades práticas.

Figura 1: Portal CompSim

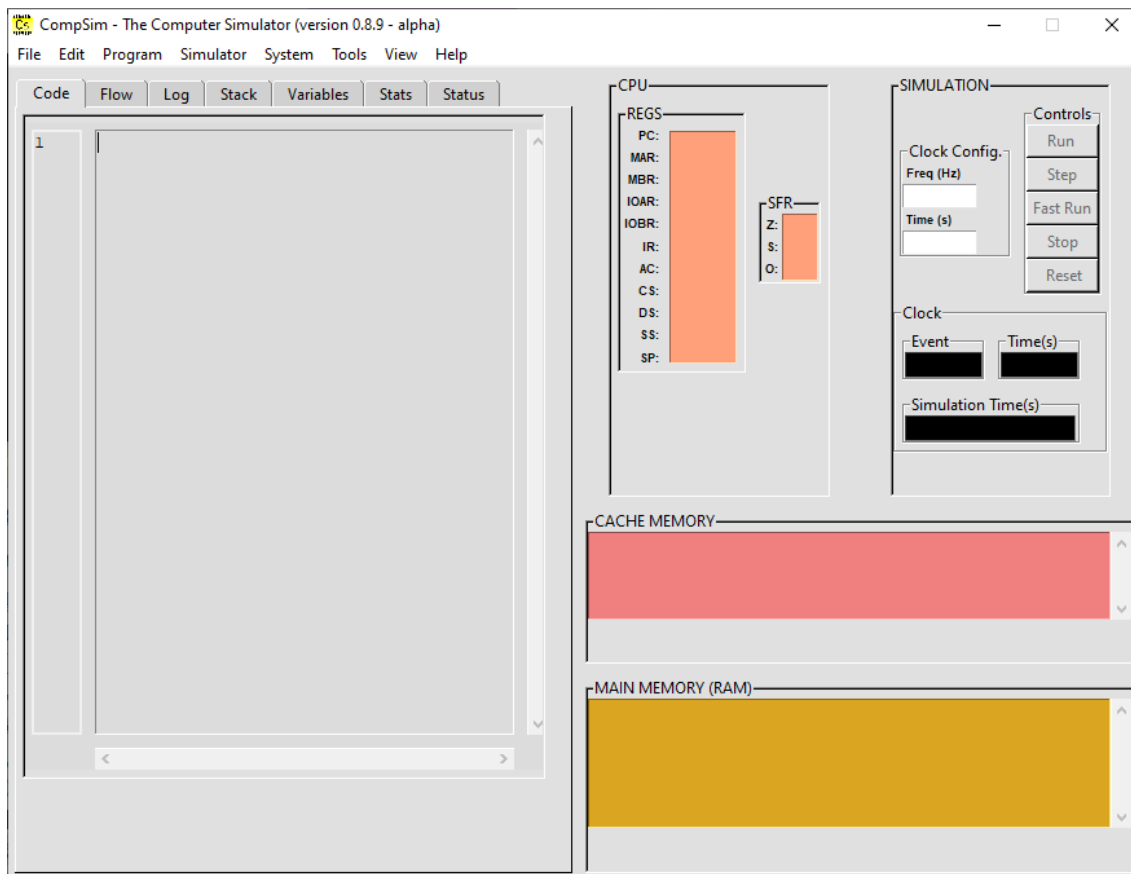


Fonte: O autor (<http://compsim.crato.ifce.edu.br/index.html>).

A figura 1 a seguir apresenta o portal web. Ele foi concebido para armazenar e divulgar as informações técnicas do projeto; materiais didático-pedagógicos, tais como vídeos (integrados a um canal do youtube), livro didático e muitos exemplos práticos; adicionalmente, um fórum de discussão está disponível para diálogo, dúvidas e sugestões sobre todos os assuntos de abrangência de projeto em sistemas digitais e computacionais de forma geral, bem como sobre o próprio compsim.

Nesse portal, os usuários interessados, em sua maioria estudantes, têm a opção de escolher a ferramenta para o seu sistema operacional adequado, fazer o download e instalação da mesma. A figura 2 apresenta a interface do ambiente de simulação computacional CompSim. Trata-se de um ambiente integrado com diversos recursos gráficos para a simulação de uma plataforma computacional completa.

Figura 2: Interface Gráfica do CompSim



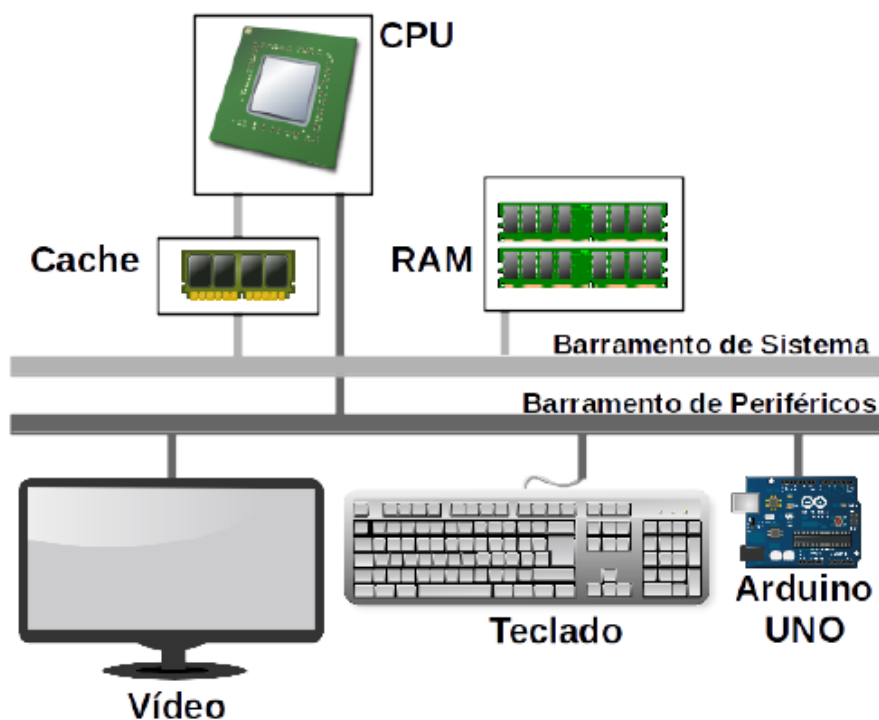
Fonte: O autor

A interface de software apresentada na figura 2, representa graficamente os componentes de uma plataforma computacional real que o ambiente CompSim simula. Esta plataforma de hardware é apresentada na figura 3. A plataforma simulável, conhecida por "Mandacaru", que é composta pelos seguintes componentes: um modelo de processador conceitual,

memórias cache e RAM, barramentos de sistema e de periféricos, um dispositivo virtual de entrada (Teclado) e outro de saída (Vídeo).

O processador nomeado de “Cariri” é conceitual, ou seja, não existe no mercado de componentes eletrônicos e foi concebido apenas para aspectos didáticos, com características que privilegiam a simplicidade para facilitar o processo de ensino e aprendizagem em aspectos de sistemas digitais e arquitetura de computadores (ESMERALDO et al., 2018). Os componentes propostos para memória cache e RAM, assim como no processador Cariri, incluem características de componentes reais, as quais foram definidas para suportar o estudo de hierarquia e organização de memórias, técnicas de mapeamento e políticas de atualização/substituição de cache e cálculo de tempos de acesso aos dados. Conforme mostra a figura 3.

Figura 3: Plataforma Computacional simulável

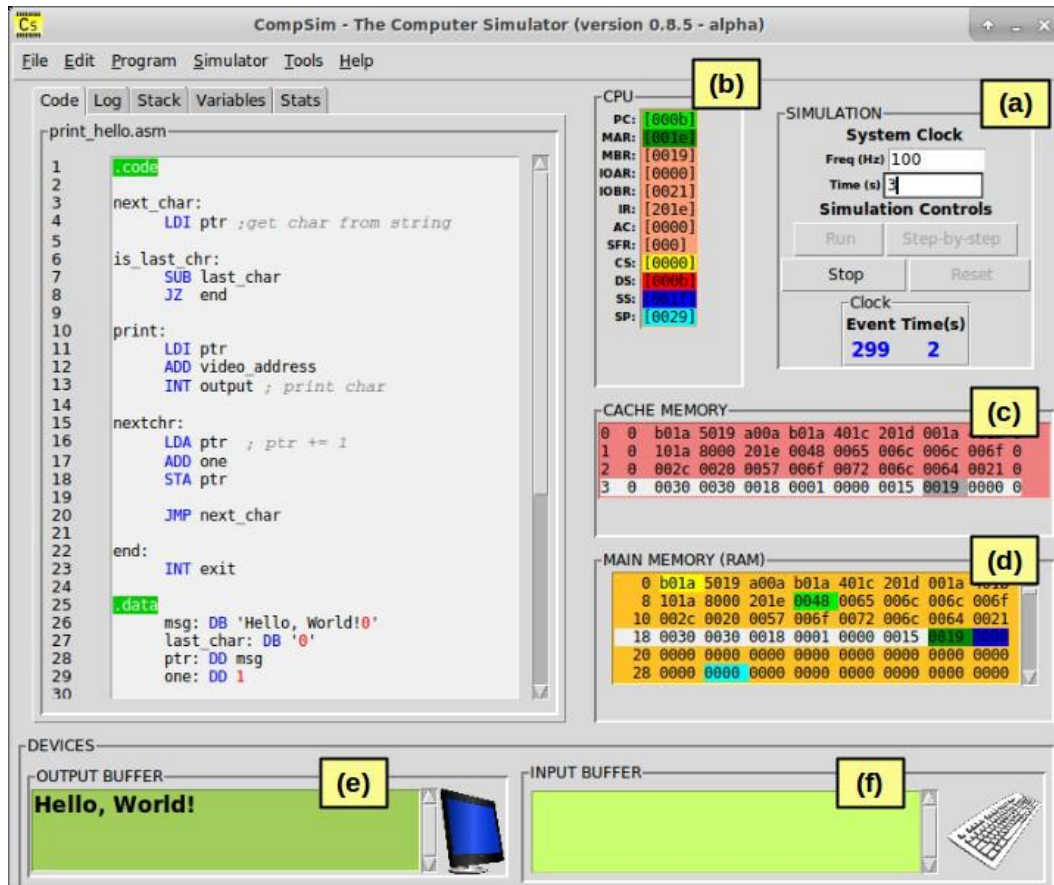


Fonte: O autor

O CompSim inclui também uma interface gráfica (*Graphical User Interface - GUI*) projetada para apoiar as atividades de configuração da plataforma Mandacaru, programação do processador Cariri, gerenciamento de simulação, visualização da simulação e análise de desempenho de uma aplicação. Durante uma simulação, é possível acompanhar os estados dos componentes de hardware, através dos componentes gráficos: 1) CPU (Figura 4(b)): exibe os estados dos registradores do processador e distingue, em cores diferenciadas, cada um dos registradores de endereçamento à memória; 2) CACHE (Figura 4(c)): exibe os estados das linhas de memória cache, em tempo de execução, destacando a linha e a coluna de acordo com palavra buscada pelo processador; 3) RAM (Figura 4(d)): exibe os dados nos diferentes

endereços da memória principal, destacando as posições referenciadas pelos registradores de endereçamento do processador Cariri, de acordo com as respectivas cores. É possível, através dos componentes *Input Bufer* (Teclado) (Figura 4(e)) e *Output Bufer* (Vídeo) (Figura 4(f)), interagir (Entrada/Saída) com uma aplicação, durante a simulação.

Figura 4: Dinâmica de simulação da plataforma computacional



Fonte: O autor

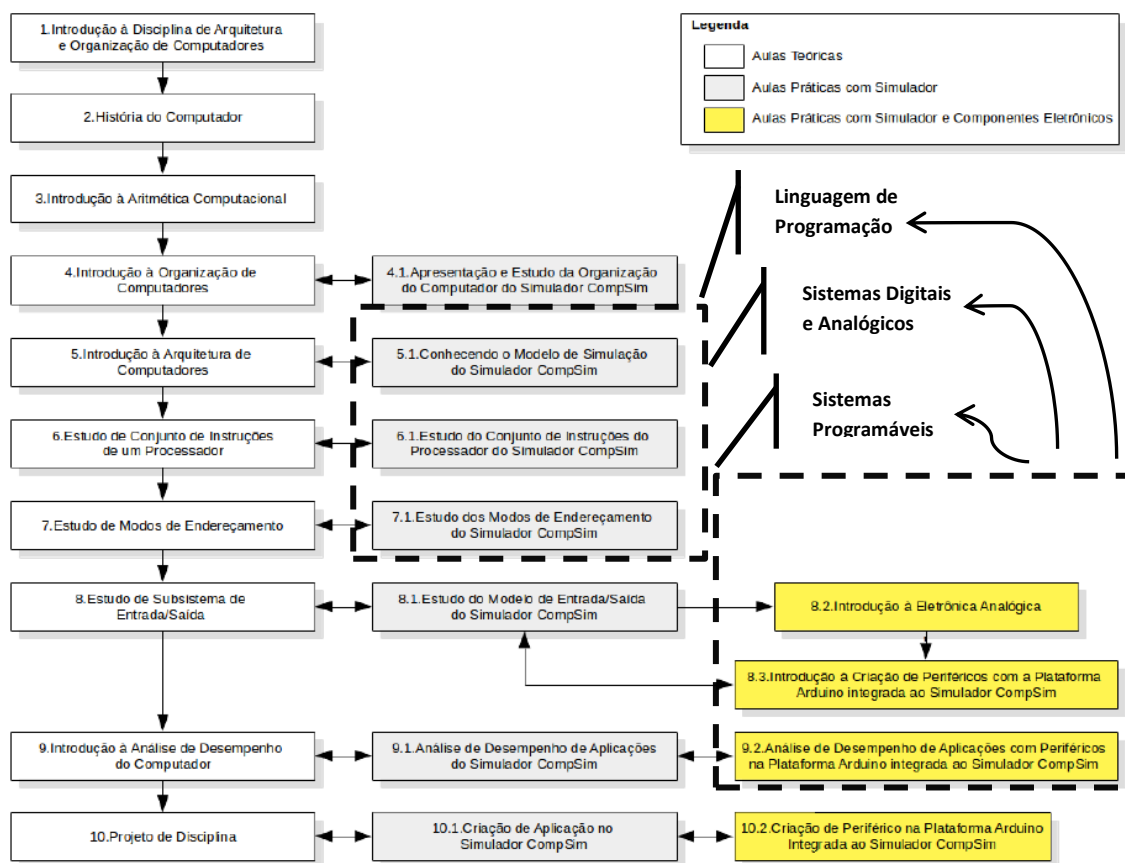
A plataforma Mandacaru possui ainda uma interface de Entrada/Saída (E/S) para integração com uma plataforma Arduino UNO e, com isso, interfacear com periféricos físicos reais. É por meio deste importante recurso que este ambiente permite experiências não só virtuais, por meio dos recursos de simulação, mas com componentes eletrônicos reais, desenvolvidos em bancadas e que interagem com o ambiente de simulação diretamente, permitindo assim, que os estudantes desenvolvam equipamentos reais completos com diferentes funcionalidades e focos.

Nas seções seguintes serão apresentados alguns exemplos de aplicações, com recursos de hardware real para demonstrar a potencialidade de aprendizagem significativa e integrada possibilitada pelo ambiente de simulação CompSim.

5. METODOLOGIA EDUCACIONAL COM O COMPSIM E O PROCESSO DE ENSINO-APREDIZAGEM

Como dito anteriormente, a plataforma CompSim para implementar recursos para dar suporte a diferentes percursos educacionais metodológicos e multinível. A figura 5 apresenta um fluxo metodológico com o suporte da plataforma proposta. Esse fluxo foi pensado e aplicado em disciplinas de arquitetura e organização de computadores em diferentes cursos e níveis, podendo ser explorado de forma personalizada, a depender dos objetivos e metodologias adotados (Lisboa, E. et al., 2019).

Figura 5: Fluxo Metodológico e Interdisciplinaridade



Fonte: O autor

Nesse fluxo, o uso do simulador CompSim inicia durante os estudos de organização de computadores, como indicado no estágio 4. O estudo da organização de computadores inclui uma análise detalhada da estrutura, funções, parâmetros de configuração, interfaces de comunicação e interconexões de cada um dos componentes da plataforma de hardware virtual do CompSim. É importante observar que o fluxo deixa claro quais etapas são realizadas de forma totalmente teórica, o conjunto de conhecimentos suportados pela plataforma CompSim de forma totalmente virtual, ou seja,

atividades práticas que são virtualizadas e executadas com o apoio do simulador para facilitar o entendimento de conceitos e aprofundamento de conteúdos. Adicionalmente, também é destacado um conjunto de atividades desenvolvidas com o auxílio da plataforma de simulação, mas que envolve a interação com componentes reais. Esse conjunto de atividades implica no desenvolvimento de hardware e software para aprofundar conceitos e desenvolver habilidades no manuseio de componentes eletrônicos que possibilitem o desenvolvimento de sistemas mais complexos e desafiadores.

Além de permitir a distribuição de conteúdos e a personalização do aprofundamento, este fluxo também explicita a interdisciplinaridade que se pode trabalhar com e entre outras disciplinas com suporte de funcionalidades do mesmo ambiente. 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 a Arquitetura 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, como 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. Essas interdisciplinaridades estão apontadas no fluxo da figura 5 pelas caixas tracejadas e as disciplinas/áreas especificadas.

Assim, por exemplo, nos estágios 6 e 7, em que se pode trabalhar conceitos de conjuntos de instruções e endereçamento de memórias, um banco de atividades e projetos podem ser desenvolvidos envolvendo a programação de máquina em baixo nível, sistemas eletrônicos de memória (que podem ser implementados de forma virtual, real ou das duas formas com o suporte do ambiente).

Da mesma forma, quando se estuda dispositivos de sistemas computacionais de entrada/saída (input/output), que na verdade são subsistemas complexos, muitas disciplinas áreas podem ser envolvidas nessas atividades de forma interdisciplinar utilizando recursos do mesmo ambiente. O projeto e desenvolvimento do dispositivo externo, como por exemplo, uma esteira industrial transportadora se com a plataforma simulável do CompSim, cujo o software controla os movimentos através de sensores e da plataforma programável do CompSim. Estes e outros experimentos têm sido desenvolvidos com estudantes dos cursos técnicos de Informática e Eletrônica do Instituto Federal de Sergipe (IFS), Campus Aracaju, tendo como substrato conhecimentos comuns obtidos em disciplinas correlatas dos cursos. Os resultados têm sido bem promissores com o uso da plataforma, como apontam as avaliações feitas na seção a seguir.

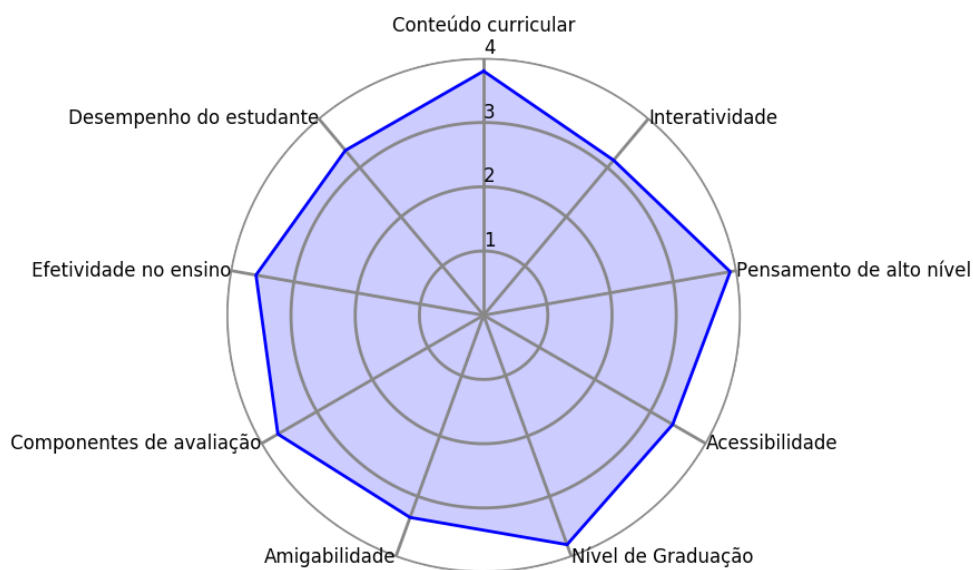
6. AVALIAÇÃO DA PLATAFORMA

A plataforma proposta foi aplicada em atividades experimentais em disciplinas de Arquitetura e Organização de computadores no curso de bacharelado em informática (Esmeraldo et al., 2018) e em atividades de Pesquisa junto a estudantes de cursos Técnicos Integrados de Eletrônica e Informática.

Os instrumentos de avaliação foram elaborados e aplicados de forma *on-line*, através de uma rubrica [Yuan and Recker 2015] com os seguintes indicadores: 1) Conteúdo curricular: relação entre as práticas realizadas com os componentes curriculares da disciplina; 2) Pensamento de alto nível: possibilidade de construção de novos conhecimentos, através da análise, avaliação e síntese; 3) Nível de Graduação: nível de conteúdos abordados no simulador é apropriado para o público alvo; 4) Componentes de avaliação: suporte para autoavaliação do nível de aprendizado dos estudantes; 5) Efetividade no ensino: suporte efetivo no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos abordados; 6) Desempenho do estudante: taxa de aprendizado atende às necessidades individuais dos estudantes; 7) Interatividade: relação entre a atividade do usuário com o sistema e o suporte ao estímulo/motivação para estudos; 8) Amigabilidade: design limpo, fácil de utilizar e dispõe de meios para auxílio ao estudante no aprendizado; 9) 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. 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 desenvolvidas com as turmas do nível superior, os resultados estão mostrados no gráfico da figura 6. A avaliação destes resultados segue o padrão de análise e comparação com o próximo gráfico.

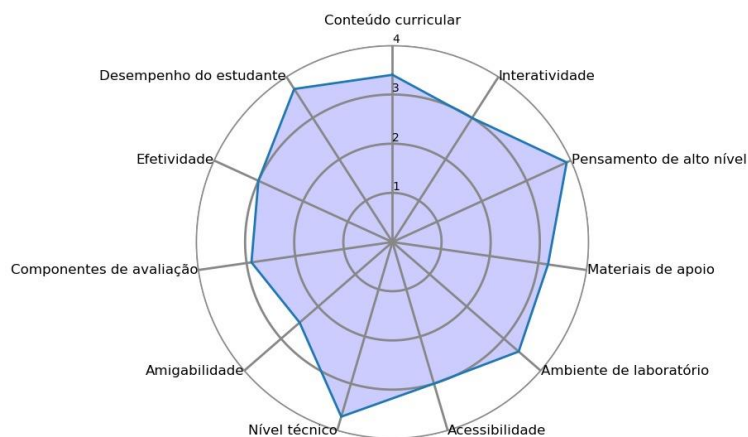
Figura 6: Resultados da Avaliação de Cursos superiores



Fonte: O autor

Para o conjunto de atividades e projetos desenvolvidos com estudantes de cursos técnicos integrados, os resultados são mostrados na figura 7.

Figura 7: Resultados da Avaliação com estudantes do ensino técnico integrado



Fonte: O autor

Os resultados 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 de ensino-aprendizagem com apoio da plataforma proposta. Por outro lado, os estudantes apontaram “Interatividade” como o de menor média (3,15) e fizeram algumas sugestões de melhorias, como a adição de maior *feedback* na interface e a possibilidade de inclusão de temas para personalização da interface gráfica, ambos para aumentar a qualidade da experiência de uso do simulador. Outro ponto importante destacado pelos estudantes do ensino médio integrado foi com relação à dificuldade do portal por estar em língua estrangeira (inglês), o que suscita a importância de se melhorar o domínio de línguas em nossas instituições.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou a plataforma CompSim, composta de um portal web e um ambiente de simulação de sistemas computacionais integrado a sistemas de hardware real, como uma abordagem para suporte ao aprendizado em projetos de sistemas computacionais, aplicada em diferentes níveis do processo de Ensino-aprendizagem com possibilidades de desenvolvimento interdisciplinar, buscando uma aprendizagem significativa para o público alvo. O ambiente de simulação proposto inclui plataforma computacional virtual e uma interface gráfica integrada, a qual permite simplificar a configuração dos

componentes de hardware, programação do processador, execução, visualização e avaliação de desempenho de novos sistemas computacionais. O CompSim foi utilizado nas práticas laboratoriais e avaliado por turmas de cursos superiores e de cursos técnicos integrados. Os resultados mostraram que a ferramenta proposta apresentou suporte educacional efetivo e qualidade na experiência de uso.

Portanto, a exploração de abordagens práticas produtivas e de alta qualidade é imprescindível para uma completa formação de profissionais que tendem a atuar em áreas críticas para atender às demandas da sociedade.

Os trabalhos futuros incluem: a adição de novos componentes à plataforma Mandacaru, para disponibilizar cenários reais e fluxo completo de projetos de sistemas computacionais; o suporte de diferentes tipos de dados, um compilador de linguagem de alto nível e um sistema operacional de tempo real para o processador Cariri; a inclusão de um processador comercial tipo ARM ou AVR; a implementação de funcionalidades com o objetivo de integração a 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).

CAETANO, T. C. Laboratório Remoto de Física: Uma Montagem para os Experimentos de Acústica e Hidrostática. Sisyphus Journal of Education Volume 7, Issue 02, p.92-118, 2019.

CAVALCANTI, R. J. S. Pesquisa-ação Colaborativa. Instituto Federal de Alagoas. Maceió - AL. Setembro, 2017.

ESMERALDO, G.; LISBOA, E. Uma Ferramenta para Exploração do Ensino de Organização e Arquitetura de Computadores. International Journal of Computer Architecture Education , v.6, p.68-75, 2017.

ESMERALDO, G.; Cartaxo, L. F. ; Mendes, C. S. R. ; Lisboa, E. B. . 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), 2018.

ESMERALDO, G. A. R. M.; MENDES, C. S. R. ; CARTAXO, L. F. ; LISBOA, E. B. Apoio ao Aprendizado em Arquitetura e Organização de Computadores: Um Estudo Comparativo entre Simuladores Computacionais. Revista Tecnologias na Educação, 2019.

ESMERALDO, G. A. R. M.; MENDES, C. S. R. ; CARTAXO, L. F. ; LISBOA, E. B. Simuladores de Arquitetura e Organização de Computadores: Potencialidades e Desafios no Processo de Ensino-aprendizagem. In: Patrício Moreira de Araújo Filho, Raimundo Luna Neres, Ernane Rosa Martins e Raimundo José Barbosa Brandão. (Org.). Educação 4.0: Tecnologias Educacionais . 1ed.São Luís: Editora Pascal, 2020, v. 1, p. 109-121.

LEE, E. A.; SESHIA, S. A. Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach, Second Edition, MIT Press, 2017.

LISBOA, E.; ESMERALDO, G. Um Ambiente Integrado para o Estudo e Projeto de Sistemas Computacionais Baseados em Plataformas. In: III Fórum de Educação em Engenharia da Computação (FEEC 2017) . XXX Symposium on Integrated Circuits and Systems Design. Chip on the Sands, 2017.

Lisboa, E. B. ; Cartaxo, L. F.; Mendes, C. S. R. ; Esmeraldo, G. A. R. M. . 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, 2019.

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., 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).