



Desenvolvendo Competências Técnicas e Comportamentais de Engenharia no Contexto Integrador e Extensionista das Disciplinas de Laboratório de Eletrônica Digital

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6228

Autores: ANTONIO VIEIRA DA SILVA NETO, GABRIEL STEPHANO SANTOS, EDSON TOSHIMI MIDORIKAWA, PAULO SÉRGIO CUGNASCA, REGINALDO ARAKAKI, JORGE LUIS RISCO BECERRA, JOÃO BATISTA CAMARGO JUNIOR

Resumo: As disciplinas de Laboratório de Eletrônica Digital são pioneiras em prover aos alunos da graduação em Engenharia da Computação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo uma visão integradora de projetos de Engenharia. Especificamente no oferecimento de 2025, essas disciplinas passam a ter duas atualizações importantes: a inclusão de atividades extensionistas e a realização de autoavaliações periódicas, pelos alunos, sobre o grau de maturidade das competências trabalhadas. Neste artigo, são relatados os métodos utilizados para realizar essas atividades e os resultados já obtidos na disciplina `Laboratório Digital I`, oferecida no primeiro quadrimestre de 2025 com a temática extensionista de `Objetos Educacionais Digitais para o Espectro Autista`. Verificou-se que os projetos desenvolvidos por todos os alunos atenderam plenamente o tema extensionista e que tanto os docentes quanto os próprios alunos perceberam evolução notável nas habilidades técnicas e comportamentais.

Palavras-chave: Atividade Extensionista, Desenvolvimento de Competências, Laboratório de Eletrônica Digital

DESENVOLVENDO COMPETÊNCIAS TÉCNICAS E COMPORTAMENTAIS DE ENGENHARIA NO CONTEXTO INTEGRADOR E EXTENSIONISTA DAS DISCIPLINAS DE LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA DIGITAL

1 INTRODUÇÃO

A graduação em Engenharia de Computação, provida pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP) desde meados da década de 1980, tem como objetivo formar profissionais habilitados a atender as demandas crescentes da sociedade por soluções baseadas em sistemas computacionais (USP, 2025). Em tempos recentes, o uso de inteligência artificial, o desenvolvimento de cidades inteligentes e a provisão de meios de integração social exemplificam aplicações efervescentes que envolvem diretamente a atuação de Engenheiros de Computação (Adewopo; Elsayed, 2024; Yenduri *et al.*, 2023).

Atualmente, o curso tem duração ideal de cinco anos, subdivididos em duas fases: um período semestral de dois anos, com disciplinas generalistas e introdutórias da Engenharia de Computação, e um período quadrimestral de três anos, em que se alterna um quadrimestre acadêmico (i.e., com disciplinas de graduação) e um quadrimestre de estágio em período integral (USP, 2025). As disciplinas de Laboratório de Eletrônica Digital, ministradas no primeiro e no terceiro quadrimestres do terceiro ano ideal, situam-se entre as primeiras que trabalham as competências técnicas (*hard skills*) e comportamentais (*soft skills*) dos discentes com uma visão integradora de Engenharia de Sistemas. Essas disciplinas, denominadas “Laboratório Digital I” (PCS3635) e “Laboratório Digital II” (PCS3645), existem há mais de cinco décadas, remontando à época em que habilidades técnicas de computação eram parte apenas de outras graduações em Engenharia Elétrica da Poli-USP, e são periodicamente atualizadas para fomentar a formação de profissionais com competências alinhadas ao estado da arte dos avanços científicos e tecnológicos correlatos (Cugnasca *et al.*, 2024).

A partir de 2025, tornaram-se vigentes duas atualizações nas disciplinas de Laboratório Digital. A primeira delas é a inclusão curricular de atividades extensionistas (AEXs), tal como estabelecido no Projeto Pedagógico da graduação em Engenharia de Computação (USP, 2025). Ademais, os docentes das disciplinas de Laboratório Digital também incorporaram, proativamente, interações para os alunos realizarem, ao longo da disciplina, autoavaliações periódicas, voluntárias e anônimas de suas competências técnicas e comportamentais. Com isso, dispõe-se de meios para mensurar a evolução das competências e identificar melhorias.

O objetivo deste trabalho é apresentar como as AEXs e a avaliação das competências dos alunos foram exploradas no oferecimento de 2025 da disciplina de Laboratório Digital I. Não pertence ao escopo deste trabalho abordar a disciplina de Laboratório Digital II porque o primeiro oferecimento com as novas diretrizes ocorrerá apenas em Setembro/2025.

Para tanto, o artigo está estruturado em três seções além desta introdução. Na seção 2, relata-se a ementa da disciplina de Laboratório Digital I, com foco na inclusão das AEXs, nas competências técnicas trabalhadas e na autoavaliação delas pelos alunos. Na seção 3, apresentam-se os resultados do oferecimento de 2025, com a análise dos projetos extensionistas dos alunos e da evolução de suas competências. Por fim, a seção 4 contém as conclusões do trabalho e sugestões para desenvolvimentos futuros.

2 AULAS E COMPETÊNCIAS DESENVOLVIDAS NA DISCIPLINA DE LABORATÓRIO DIGITAL I COM PROJETO EXTENSIONISTA

Em 2025, a mesma estrutura de duas partes – experiências e projeto dirigido – foi mantida na disciplina de Laboratório Digital I porque acomoda as AEXs introduzidas em 2025

sem afetar os benefícios já observados, em anos anteriores, no desenvolvimento das habilidades dos alunos. Dessa forma, a disciplina segue alinhada à estratégia de Aprendizado Baseado em Problemas (PBL – *Problem-Based Learning*) (Cugnasca *et al.*, 2024), com o projeto dirigido, antes de tema livre, agora inserido em uma aplicação específica para as AEXs.

Ressalta-se, ainda, que as seis camadas da taxonomia de Bloom, já exercitadas em anos anteriores (Cugnasca *et al.*, 2024), são exacerbadas no projeto extensionista. Nele, os alunos devem, inicialmente, estudar o tema e interagir com as partes interessadas para compreender a área de aplicação. Na sequência, analisam os problemas existentes, avaliam possíveis soluções e, entre as alternativas elencadas, desenvolvem o projeto. Esse processo não só os faz relembrar e aplicar o conhecimento adquirido nas experiências e nos estudos iniciais, mas também os desafia a criar soluções para problemas até então não abordados em outras fases da graduação em Engenharia de Computação. Por fim, analisam e avaliam se os resultados atingidos são soluções adequadas para resolver o problema da área extensionista.

No oferecimento de 2025, o tema do projeto extensionista foi o de “Objetos Educacionais Digitais para o Espectro Autista”. Esse tema foi selecionado, primeiramente, pela importância da educação como instrumento de inclusão social de pessoas no espectro autista. Além disso, considerou-se que os alunos poderiam, dentro das restrições de tempo e recursos da disciplina, produzir soluções que, exercitassem suas habilidades e fossem eficazes para atender, de forma efetiva, pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA).

Para que a temática extensionista fosse assimilada pelos alunos e conduzisse a projetos com aplicabilidade real, três categorias de atividades foram executadas pelos alunos: (i.) pesquisas bibliográficas de publicações científicas correlatas ao tema, (ii.) visitas guiadas dos representantes discentes a uma instituição de ensino especializada na educação de crianças e jovens com TEA, e (iii.) compartilhamento voluntário de experiências com TEA.

A equipe envolvida no oferecimento de 2025 de Laboratório Digital I consistiu em quatro docentes, quatro monitores (um Mestrando e três alunos de Graduação) e dois técnicos. O reforço da equipe – com um docente e dois monitores a mais do que anos anteriores – decorre (i.) do aumento da quantidade de alunos na graduação em Engenharia de Computação, (ii.) de realimentações de anos anteriores sobre a importância da monitoria da disciplina e (iii.) dos desafios da implantação das AEXs. Além disso, houve apoio de educadores da Escola de Educação Especial São Judas – Unidade São Paulo (EESJ-SP), que se dispuseram a receber docentes, monitores e representantes discentes do Laboratório Digital em visitas guiadas e a acompanhar o escopo extensionista dos projetos dirigidos.

Outra novidade introduzida em 2025 foi a realização de autoavaliações periódicas das competências dos alunos. Essas autoavaliações, realizadas via formulários digitais preenchidos voluntária e anonimamente pelos alunos, tiveram o objetivo de capturar a percepção discente sobre a contribuição da disciplina para sua formação e possíveis pontos de atenção, como aflições de aprendizado, controle de tempo e saúde. As autoavaliações basearam-se em questões objetivas sobre as competências, medidas em gradação da escala de Likert, e em questões subjetivas, de preenchimento livre, para comentários adicionais. Ao todo, três iterações foram realizadas: (i.) no início da disciplina, para coletar expectativas e percepções de aprendizado nas disciplinas teóricas subjacentes, (ii.) na transição entre as fases de experiências e projeto dirigido, para avaliar o grau de evolução alcançado com as experiências, e (iii.) ao final da disciplina, para mensurar os avanços gerais.

Nas próximas subseções, detalham-se as atividades realizadas no oferecimento de 2025 de Laboratório Digital I e como as competências dos alunos foram tratadas e avaliadas.

2.1 Primeiro Contato com os Alunos

A primeira metade da aula inaugural de Laboratório Digital I foi dedicada à interação omnilateral entre docentes, monitores e alunos. Nela, abordaram-se a disciplina, a fase

quadrimestral da graduação em Engenharia de Computação como um todo e as AEXs. Essa interação foi realizada em uma roda de conversa com as seguintes atividades:

- Os docentes apresentaram aos alunos conceitos e exemplos de competências técnicas e comportamentais, exemplificando e ilustrando a relevância delas para a atuação profissional em Engenharia de Computação;
- Os docentes esclareceram a relevância das AEXs, explicando como elas devem ser realizadas e como são abordadas nas disciplinas, incluindo Laboratório Digital;
- Os docentes apresentaram o método de trabalho da disciplina de Laboratório Digital I, detalhando (i.) as competências a serem desenvolvidas, (ii.) a dinâmica das fases de experiências e de projeto dirigido e (iii.) os critérios de avaliação;
- Os alunos tiveram plena liberdade para participar de dinâmicas guiadas pelos professores e intervir com perguntas ou considerações. Os monitores da disciplina, egressos dela entre 2022 e 2024, também compartilharam suas experiências;
- Os alunos organizaram-se em trios para realizar as atividades da disciplina. Esses grupos simbolizam, em um contexto real, diferentes equipes de engenheiros.

Por fim, os alunos foram introduzidos à primeira rodada de autoavaliação de competências, tal como descrito na seção 2. Essa atividade ficou disponível aos alunos por duas semanas e teve como objetivo coletar as expectativas dos alunos em relação à disciplina e à graduação como um todo. Também consistiu em uma medida da percepção inicial dos alunos sobre a maturidade das competências que são exercitadas no Laboratório Digital.

2.2 Parte 1 – As Experiências

A primeira fase da disciplina é composta por experiências idealizadas para os alunos exercitarem e aprimorarem a base conceitual das disciplinas teóricas de “Sistemas Digitais”, cursadas nos dois primeiros anos da graduação em Engenharia de Computação. As habilidades técnicas e comportamentais trabalhadas nas experiências constam na Tabela 1.

Tabela 1 – Lista de Habilidades Exercitadas nas Experiências

Habilidades Técnicas (<i>Hard Skills</i>)	Habilidades Comportamentais (<i>Soft Skills</i>)
Planejamento de Projetos	Comunicação Interpessoal
Projeto de Sistemas Digitais – Fluxo de Dados	Comunicação e Interação com Público Técnico
Projeto de Sistemas Digitais – Unidade de Controle	Resolução de Conflitos
Descrição de Hardware em Verilog	Definição Dinâmica de Prioridades
Montagem Física de Projeto de Hardware	Controle de Tempo
Especificação de Plano de Testes	Autoavaliação Crítica
Testes de Não Regressão	Autoavaliação Cruzada
Habilidades de Depuração de Hardware	Reação e Resiliência a Mudanças
Verificação e Validação de Sistemas Digitais	Controle de Sentimentos
Gestão de Configuração	Controle de Saúde Pessoal

Fonte: Autoria própria.

Em 2025, as sete experiências da disciplina foram estruturadas conforme o roteiro subsequente. Elas envolvem o projeto incremental de um “Jogo do Desafio da Memória” inspirado no modo de jogo “O Desafio de Genius” do brinquedo Genius (Estrela, 2024). O “Jogo do Desafio da Memória” foi escolhido pela relevância dele para o tema extensionista (Malpartida; Rodrigues, 2024), servindo como base para os projetos dirigidos.

- Experiência 1 – Desenvolvendo um Circuito Digital;
- Experiência 2 – Um Fluxo de Dados Simples;
- Experiência 3 – Projeto de uma Unidade de Controle;
- Experiência 4 – Desenvolvimento de Projeto de Circuitos Digitais em FPGA;
- Experiência 5 – Projeto de um Jogo de Sequências de Jogadas;

- Experiência 6 – Projeto Base do Jogo do Desafio da Memória;
- Experiência 7 (Prova Prática Individual) – Projeto do Jogo do Desafio da Memória.

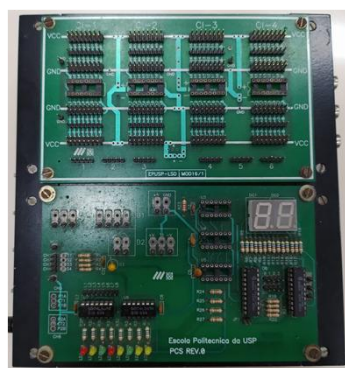
Na “Experiência 1”, os alunos projetam, montam e testam o cerne da lógica de sequência de jogadas por meio de Circuitos Integrados (CIs) digitais da família 74XXX (contadores e comparadores). Nas aulas seguintes, o projeto do jogo é direcionado para um desenvolvimento programável em FPGA (*Field-Programmable Gate Array*) com descrições de hardware redigidas em Verilog, culminando na finalização do “Jogo Base do Desafio da Memória” na Experiência 6. Comparativamente ao oferecimento da disciplina de 2024, duas experiências com CIs da família 74XXX foram fundidas em uma, e a Experiência 5 foi adicionada para suavizar a evolução entre a Experiência 4 e a Experiência 6 – que, antes, eram consecutivas (Cugnasca *et al.*, 2024). O modo de jogo do brinquedo Genius, utilizado como inspiração para o “Jogo do Desafio da Memória”, também foi alterado.

A partir da Experiência 2, os alunos acessam o material didático das experiências ao menos cinco dias antes das aulas e devem preparar um conjunto de artefatos que compõem o “planejamento” da experiência. Esse planejamento deve conter (i.) o projeto lógico da solução do problema proposto, (ii.) o plano de testes criado para aferir o projeto lógico, (iii.) simulações do projeto lógico conforme o plano de testes, (iv.) a análise crítica dos resultados obtidos, e (v.) um plano de atividades de laboratório, como testes e estratégias de depuração.

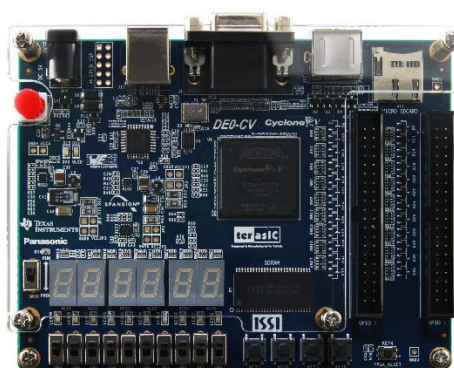
O objetivo do planejamento é permitir que os alunos, analogamente a um projeto real de engenharia, apliquem um método sistemático e organizado de desenvolvimento incremental, documentando-o e submetendo o material para a apreciação dos docentes antes da aula. Os professores, por sua vez, avaliam os planejamentos e realimentam os grupos também antes da aula, viabilizando possíveis ajustes e correções. Ao final de cada experimento prático, os alunos produzem um relato final, que consiste em uma versão atualizada do planejamento com os resultados da experiência, e realizam uma autoavaliação pessoal e do grupo sobre o desempenho atingido. Os docentes também avaliam os alunos com base no desempenho prático na aula e na qualidade da documentação técnica final.

Embora o acesso aos recursos do laboratório não seja necessário para as atividades de planejamento, suas dependências são abertas aos alunos em períodos específicos (*open lab*) caso desejem utilizá-las. Os recursos incluem as placas experimentais representadas na Figura 1, equipamentos de bancada para geração e monitoramento de sinais elétricos (Digilent AnalogDiscovery Versões 1 e 2, multímetro e osciloscópio) e microcomputadores com softwares para a simulação de projetos lógicos (ModelSim Intel FPGA Edition) e para o desenvolvimento de sistemas digitais e a programação da placa FPGA (Intel Quartus Prime).

Figura 1 – Placas Experimentais do Laboratório Digital: (a) Painel de CIs e (b) Placa FPGA terasic DE0-CV



(a)



(b)

Fonte: Cugnasca *et al.* (2024)

A Experiência 7, por sua vez, consiste em uma Prova Prática Individual. Nela, cada aluno utiliza o “Jogo Base do Desafio da Memória” de seu grupo para realizar quatro atividades

instruídas e acompanhadas pelos docentes: testes físicos, simulações, projeto lógico e implementação de novas funcionalidades. O objetivo da prova individual é avaliar o grau de maturidade das habilidades de cada aluno sem o apoio *in loco* de seus colegas de equipe.

Adicionalmente às atividades experimentais, os alunos receberam, na Experiência 4, uma realimentação dos resultados coletivos da primeira autoavaliação de competências (seção 2.1). Nessa realimentação, os alunos conheceram as expectativas de seus pares sobre a disciplina e sobre a graduação como um todo. Ademais, após a Experiência 7, foi iniciada uma segunda rodada de autoavaliação, na qual os alunos responderam a perguntas sobre (i.) o grau de desenvolvimento das habilidades da Tabela 1 nas experiências e (ii.) sobre eventuais ajustes de expectativas e aflições com a disciplina e com a graduação. Essa autoavaliação permaneceu aberta aos alunos por uma semana.

2.3 Parte 2 – O Projeto Dirigido Extensionista

O projeto dirigido da disciplina de Laboratório Digital I tem como objetivo fomentar o protagonismo dos alunos na atuação profissional em projetos de Engenharia, permitindo que os alunos definam os rumos do projeto a partir de orientações e restrições estabelecidas pelos docentes. No oferecimento de 2025, o projeto dirigido foi contextualizado de forma inédita com AEXs na área de “Objetos Educacionais Digitais para o Espectro Autista”. As habilidades técnicas e comportamentais trabalhadas no projeto dirigido extensionista incluem não só as já apresentadas na Tabela 1, mas também as listadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Lista de Habilidades Exercitadas Exclusivamente no Projeto Dirigido Extensionista

Habilidades Técnicas (<i>Hard Skills</i>)	Habilidades Comportamentais (<i>Soft Skills</i>)
Integração com Sensores e Atuadores (LEDs, botões, <i>buzzer</i>)	Comunicação com Público Não Técnico
Integração entre Hardware e Software (se aplicável ao projeto)	
Elaboração, Atualização e Negociação de Especificação	Compreensão de Problemas Sociais
Atualização Iterativa de Requisitos, Arquitetura e Cronograma	
Estimativa e Definição de Custos e Recursos de Projeto	Liderança e Proatividade
Verificação e Validação de Requisitos	Empatia em Relações de Trabalho em Equipe
Rastreabilidade de Requisitos	

Fonte: Autoria própria.

As atividades do projeto dirigido extensionista, ilustradas no fluxograma da Figura 2, são subdivididas em três fases: especificação (Semanas 0.1 até 0.3), desenvolvimento (Semanas 1 até 4) e apresentação em feira de projetos (Semana 5). A fase de especificação ocorre concomitantemente com a Experiência 7, intercalando-se os alunos envolvidos para evitar conflitos e garantir a representação de todos os grupos (Cugnasca *et al.*, 2024).

Em 2025, alguns elementos da dinâmica e do escopo do projeto dirigido foram adaptados para introduzir as AEXs. Na fase de especificação, foram incluídas atividades em grupo e pesquisas bibliográficas sobre a temática extensionista. Essa atividade tem o objetivo de permitir que os alunos compartilhem experiências de vida sobre o tema e consultem artigos científicos disponíveis em bases de pesquisa científica prestigiadas, como *Engineering Village*, *Scopus* e *Web of Science*, e que caracterizem o estado da arte da área.

Na Semana 0.1, os alunos discutiram o tema da AEX e realizaram uma busca em largura para identificar e entender os problemas existentes na literatura para, partindo deles, propor um tema para o projeto. Esse tema serve como base para as atividades já previstas na Semana 0.1: estimar os recursos necessários para o projeto, propor a arquitetura preliminar da solução e iniciar a especificação de requisitos (Cugnasca *et al.*, 2024).

Na Semana 0.2, os alunos refinam a especificação da Semana 0.1 com realimentações dos docentes e com uma segunda rodada de discussões e de revisão de literatura. A segunda

Figura 2 – Fluxograma de Atividades do Projeto Dirigido Extensionista



Fonte: Autoria própria.

iteração da pesquisa bibliográfica baseia-se em uma busca em profundidade de trabalhos científicos com maior grau de similaridade com o projeto proposto e serve tanto para refinar a relevância do projeto, diferenciando-o de trabalhos preexistentes, quanto para delinear a contribuição para a área extensionista. Por fim, os alunos atualizam a especificação do projeto com as atividades antevistas para a Semana 0.2: finalizar a especificação de requisitos, refinar a arquitetura do projeto e estabelecer o cronograma das Semanas 1 até 4, rastreando, para cada uma delas, os requisitos a serem contemplados (Cognasca *et al.* 2024).

No calendário letivo de 2025, acomodou-se uma atividade de especificação opcional, definida na Figura 2 como “Semana 0.3”, em uma semana não letiva (Carnaval). Ela consistiu em uma sessão de *open lab* virtual para esclarecer dúvidas sobre a especificação do projeto.

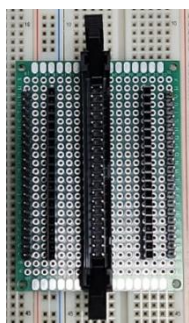
Já em relação ao escopo, os alunos foram instruídos a idealizar, especificar e desenvolver os projetos de tal forma a atender as diretrizes e restrições listadas a seguir.

- Utilizar a placa FPGA DE0-CV (Figura 1(b)) para a lógica central do projeto;
- Utilizar ao menos um tipo de sensor simples, como botões e chaves, e de um atuador simples, como LEDs, matriz de LEDs e *buzzers* com volume ajustável, para a interação dos usuários do projeto. Especial atenção deveria ser dada ao conforto do público-alvo com TEA aos estímulos visuais e sonoros;
- Reaproveitar componentes e lógica do “Jogo do Desafio da Memória”, tanto pela relevância dele para a AEX quanto para otimizar recursos;
- Recomendável calcular e exibir métricas sobre o funcionamento do projeto, de tal forma a propiciar o uso dessas informações no acompanhamento do público-alvo com TEA;
- Recomendável desenvolver uma maquete simples, que evidencie a viabilidade de um protótipo utilizável por usuários;
- Recomendável dimensionar a quantidade de entradas e saídas e desenvolver a maquete de forma modular, permitindo que as conexões dos sensores e atuadores externos com a placa DE0-CV fossem facilitadas com o uso da placa da Figura 3.

Comparativamente à edição de 2024, os esforços adicionais demandados pelas AEXs foram financiados pela redução de escopo de sensores e atuadores e pela simplificação das maquetes. Os alunos foram orientados a evitar elementos a serem estudados em Laboratório Digital II, como comunicação serial, sensores ultrassônicos de distância e motores.

As aulas de desenvolvimento do projeto (Semanas 1 a 4) transcorreram de forma análoga aos oferecimentos de anos anteriores (Cognasca *et al.*, 2024): antes das aulas, cada grupo prepara o planejamento das atividades da semana e submete-o à avaliação do

Figura 3 – Placa de Interfaces Externas: (a) Vista Superior e (b) Conexão com Placa DE0-CV



(a)



(b)

Fonte: Autoria própria.

docente, que realimenta os discentes antes da aula. Durante a aula, os alunos realizam uma apresentação *elevator pitch* para expor à turma, em cerca de dois minutos, os temas notáveis da semana (avanços e dificuldades), executam as atividades práticas no laboratório e relatam-nas atualizando a documentação. Sessões de *open lab* foram abertas aos grupos que desejassem aprimorar seus projetos em horários sem quaisquer compromissos acadêmicos.

A documentação técnica do projeto, por sua vez, é construída de forma incremental pelos relatos de cada semana e por artefatos técnicos que incluem projeto lógico, esquemas elétricos, listas de materiais, planos de testes e fotos e vídeos de demonstração incremental. Além disso, entre a Semana 1 e a Semana 2, a EEESJ-SP organizou uma visita guiada de docentes, monitores e representantes discentes às suas instalações, permitindo contato com integrantes da comunidade TEA e fornecendo novas recomendações sobre os projetos.

Por fim, a Feira de Projetos da Semana 5 também ocorreu nos mesmos moldes de anos anteriores: os alunos montam os projetos antes da aula e, durante a feira, são avaliados por bancas avaliadoras constituídas por docentes e monitores da disciplina e por convidados externos (Cugnasca *et al.*, 2024). Educadores da EEESJ-SP foram convidados a participar do evento; contudo, compromissos conflitantes inviabilizaram essa presença. Por outro lado, os educadores da EEESJ-SP comprometeram-se a assistir aos vídeos de demonstração dos projetos para avaliar como eles se adequam e se aplicam às atividades dos alunos com TEA.

Já em relação às autoavaliações de competências, pontuam-se os seguintes eventos:

- a) A realimentação da segunda iteração, realizada no final da Experiência 7 (seção 2.2), foi apresentada e discutida em roda de conversa no início da aula da Semana 2. Nessa rodada, os alunos avaliaram as habilidades da Tabela 2 nas Semanas 0.1 até 0.3;
- b) O formulário da terceira e última iteração foi disponibilizado aos alunos durante a Feira de Projetos e permaneceu aberto a respostas por um período de uma semana.

2.4 Finalização da Disciplina: Premiação dos Melhores Projetos e Realimentação da Autoavaliação 3

Na última semana do quadrimestre letivo, duas semanas após a Feira de Projetos, foi realizado um evento de conclusão da disciplina de Laboratório Digital I com os docentes, monitores, técnicos e alunos de Laboratório Digital I. Esse evento teve duas partes.

Na primeira, discutiu-se com os alunos os resultados da última rodada de autoavaliações de competências (seção 2.3). Essa comunicação foi realizada em uma roda de conversa guiada pelos professores e aberta à manifestação dos demais presentes.

A segunda parte do evento consistiu em uma cerimônia de premiação dos cinco melhores projetos da disciplina, agraciados com um certificado de menção honrosa e, especificamente para o melhor projeto, com uma medalha simbólica. Essa cerimônia não se restringe a reconhecer apenas os melhores projetos, mas também em valorizar o esforço de todos os grupos e promover uma confraternização que coroa o término do quadrimestre letivo.

3 RESULTADOS DO OFERECIMENTO DE 2025 DA DISCIPLINA

O objetivo desta seção é detalhar os principais resultados observados no oferecimento da disciplina de Laboratório Digital I em 2025. Ela é estruturada em quatro partes:

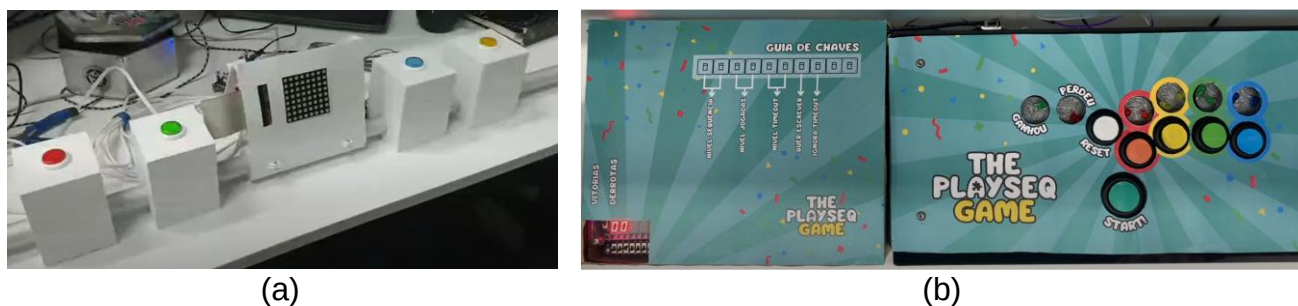
- Na seção 3.1, apresenta-se um panorama dos projetos extensionistas desenvolvidos pelos grupos. Nela, evidencia-se como o tema de “Objetos Educacionais Digitais para o Espectro Autista” foi tratado pelos alunos e exemplifica-se isso com dois projetos;
- Na seção 3.2, compilam-se os resultados quantitativos das autoavaliações discentes sobre suas competências técnicas e comportamentais;
- Nas seções 3.3 e 3.4, os resultados da seção 3.2 são analisados para não só aferir a percepção dos próprios alunos sobre a formação de suas habilidades, mas também o impacto das ações e atividades da disciplina sobre elas.

3.1 Exemplos de Projetos Extensionistas Desenvolvidos

Foram desenvolvidos 27 projetos dirigidos no oferecimento de 2025 da disciplina de Laboratório Digital I, com temas variando de jogos sérios voltados para o desenvolvimento cognitivo, motor ou memória até aplicações específicas ao ensino e aprendizagem de alunos com TEA. A avaliação dos professores da disciplina e das bancas avaliadoras da Feira de Projetos mostrou que todos os projetos atenderam os requisitos estabelecidos para as AEXs.

A partir da aplicação de critérios técnicos e recomendações à premiação dos membros das bancas avaliadoras da Feira de Projetos, dois projetos foram classificados como os melhores: *Memory Rhythm Maxxing* (Siqueira; Scavone; Ribeiro, 2025) e *PlaySeq* (Murad; Ribeiro; Barnes, 2025). Ambos os projetos empataram nos critérios de avaliação e se destacaram pelo desenvolvimento de sistemas digitais cujas interações com pessoas com TEA buscaram desenvolver, de forma lúdica, aspectos motores, de memória e de ritmo dos movimentos. Os protótipos desses projetos, exibidos na Figura 4, foram construídos de forma modular, com robustez mecânica e usabilidade aprimorada com componentes como botões amplos e de toque suave (*soft touch*), LEDs com cor e brilho confortável (discretos ou em matriz) e *buzzer* com controle de volume.

Figura 4 – Protótipos dos Melhores Projetos: (a) *Memory Rhythm Maxxing* e (b) *PlaySeq*

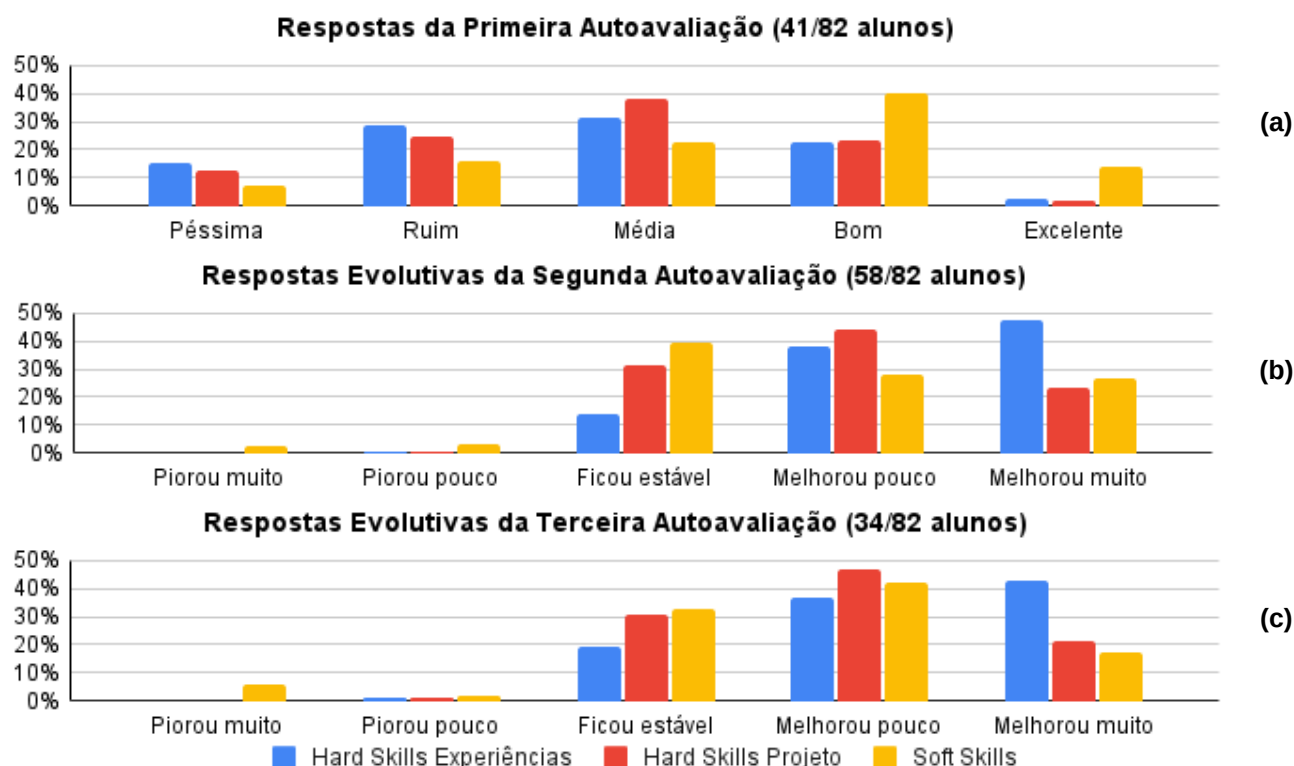


Fonte: (a) Siqueira, Scavone e Ribeiro (2025); (b) Murad, Ribeiro e Barnes (2025).

3.2 Dados de Evolução das Competências Técnicas dos Alunos

Os resultados das três iterações de autoavaliação das competências técnicas e comportamentais dos alunos foram reunidos e expostos nos gráficos da Figura 5.

Figura 5 – Respostas das Autoavaliações: (a) Primeira Iteração, (b) Segunda Iteração, (c) Terceira Iteração



Fonte: Autoria própria.

Cabem as seguintes ressalvas em relação aos dados e gráficos:

- Como as autoavaliações são voluntárias, há variação na quantidade de participantes de cada iteração. Dos 82 alunos matriculados nas turmas da disciplina, 41 participaram da primeira iteração, 58, da segunda e 34, da terceira. O anonimato das autoavaliações também impede a rastreabilidade dos alunos que participaram de cada iteração;
- A fim de simplificar a representação gráfica sem comprometer a análise dos resultados, as habilidades foram agrupadas em três categorias: (i.) “*Hard Skills Experiências*” para as habilidades técnicas da Tabela 1; (ii.) “*Hard Skills Projeto*” para as habilidades técnicas da Tabela 2, e (iii.) “*Soft Skills*” para todas as habilidades comportamentais;
- Na primeira iteração (Figura 5(a)), as competências foram avaliadas em categorias absolutas. Na segunda iteração (Figura 5(b)), as competências foram avaliadas de forma relativa à primeira iteração. Analogamente, na terceira iteração (Figura 5(c)), as competências foram avaliadas de forma relativa à segunda iteração;
- Os valores dos gráficos correspondem, para cada categoria, ao percentual de respostas normalizadas em função do número de participantes da iteração.

3.3 Análise de Evolução das Competências Técnicas dos Alunos

Pela Figura 5(a), verifica-se que, no início da disciplina, os alunos avaliaram “*Hard Skills Experiências*” e “*Hard Skills Projetos*” de forma predominantemente média, com 31,1% e 37,8%, respectivamente. Na sequência, vêm as classificações “ruim” (28,5% e 24,4%), “bom” (22,6% e 23,4%), “péssima” (15,4% e 12,7%) e “excelente” (2,4% e 1,7%). Esses resultados indicam que os fundamentos conceituais, embora trabalhados nas disciplinas teóricas, foram considerados insuficientes para os alunos se sentirem confiantes a atuar em projetos práticos.

Na segunda autoavaliação (Figura 5(b)), realizada ao término das experiências e da especificação do projeto, evidenciam-se resultados notáveis de aprimoramento de “*Hard Skills Experiências*”, relatado por 85,3% dos participantes (47,6% “melhorou muito” e 37,8%

“melhorou pouco”). Também houve avanços nas “*Hard Skills Projeto*”, com melhorias notadas por 67,7% do público (23,3% “melhorou muito” e 44,4% “melhorou pouco”).

Por fim, a terceira autoavaliação (Figura 5(c)), realizada no final da disciplina, indicou uma progressão proporcional no avanço das habilidades técnicas durante o projeto. 79,1% dos alunos indicaram novos aprimoramentos em “*Hard Skills Experiências*” (42,6% “melhorou muito” e 36,5% “melhorou pouco”), ao passo que 67,7% sinalizaram avanços em “*Hard Skills Projeto*” (21,1% “melhorou muito” e 46,6% “melhorou pouco”).

Os comentários dos alunos nas respostas das questões subjetivas evidenciam que as principais evoluções observadas nas experiências do Laboratório Digital I relacionam-se ao conhecimento basal de projeto de sistemas digitais, com “aprendizado prático do conteúdo teórico”. Na fase de projeto dirigido, os alunos alegam que os avanços em “*Hard Skills Experiências*” resultam do aumento da autoconfiança nas habilidades conquistadas e na prática mais intensa de montagens de hardware. Já em relação às “*Hard Skills Projeto*”, as principais fontes de avanço foram em elaborar e atualizar especificações técnicas e em negociar, junto às partes interessadas, alterações de escopo e de cronograma.

Os alunos também reforçaram o papel dos professores, monitores e técnicos no avanço das habilidades técnicas. Assinalaram que a avaliação dos planejamentos pelos docentes, de forma antecipada às aulas, ajuda os grupos a corrigirem possíveis problemas de forma célere e eficaz, reforçando o aprendizado. Ademais, a assistência dos monitores e técnicos, tanto nas aulas quanto nas sessões de *open lab*, foi elogiada de forma unânime pelos alunos.

3.4 Análise de Evolução das Competências Comportamentais dos Alunos

No início da disciplina, os resultados da Figura 5(a) evidenciam que os alunos consideraram suas habilidades comportamentais como predominantemente boas (40,2%) e médias (22,9%). Julgamentos ruins (15,8%) e excelentes (14,1%) vêm na sequência, e avaliações péssimas têm representatividade menor (7,1%). Comparativamente às habilidades técnicas, portanto, parte-se de uma base predominantemente positiva ou neutra (77,1%).

Na segunda autoavaliação (Figura 5(b)), verifica-se que a contribuição das experiências e das atividades de especificação dos projetos trouxe avanços nas habilidades comportamentais de 54,6% dos alunos (26,6% “melhorou muito” e 28,0% “melhorou pouco”). Para 6,1% dos discentes, houve piora (3,4% “piorou pouco” e 2,7% “piorou muito”) – segundo eles, devido ao excesso de tempo investido na disciplina.

Os índices obtidos na terceira autoavaliação (Figura 5(c)) indicaram que, com o projeto dirigido completo, 59,4% dos alunos notaram nova melhoria das habilidades comportamentais (17,1% “melhorou muito” e 42,4% “melhorou pouco”). Respostas sugestivas de piora das habilidades também aumentaram para 8,0% (2,1% “piorou pouco” e 5,9% “piorou muito”) – igualmente sob a justificativa de dificuldade em realizar o projeto em tempo hábil. Alguns grupos mantiveram projetos com escopo ambicioso face aos prazos da disciplina mesmo com comentários de docentes e monitores sugerindo rotas alternativas para um produto minimamente viável. Alguns alunos justificaram os projetos trabalhosos como “autodesafio”; outros reconheceram que o ocorrido serviu como lição para melhorar habilidades correlatas.

Analogamente, as principais habilidades autoavaliadas com evolução positiva relacionam-se aos temas “Reação e Resiliência a Mudanças”, “Compreensão de Problemas Sociais” e “Comunicação”. Esses resultados reforçam a importância, respectivamente, do contexto prático de um projeto didático de engenharia, das AEXs e do acompanhamento dos docentes na comunicação escrita (documentação técnica) e oral (*elevator pitch* e conversas em aula).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pontua-se, inicialmente, que a disciplina de Laboratório Digital I é pioneira em tratar as AEXs dentro da graduação em Engenharia de Computação da Poli-USP – inclusive, servindo como referência para outras disciplinas. Especificamente em 2025, a temática extensionista foi a de “Objetos Educacionais Digitais para o Espectro Autista”, escolhida tanto pela sua importância social quanto por se encaixar à ementa integradora da disciplina.

Os resultados obtidos indicaram bom engajamento dos alunos nas atividades, fomentando o desenvolvimento de projetos didáticos com temática social e embasados em problemas documentados na literatura técnico-científica e confirmados na integração com educadores especializados em TEA. Os projetos desenvolvidos pelos alunos na disciplina são soluções interessantes para a área extensionista e foram executados com sucesso – algo reforçado pela aprovação meritória de todos os alunos matriculados no curso.

As autoavaliações de competências dos alunos, realizadas em três iterações ao longo da disciplina, tiveram como força motriz alavancar o importante papel dos próprios alunos em perceberem e reportarem, de forma guiada, o aprendizado das habilidades pretendidas. Essa autoavaliação tornou-se ainda mais importante devido ao ineditismo das AEXs na disciplina.

A participação dos alunos nas autoavaliações foi estimulada, sobretudo, com o anonimato das respostas, uma vez que ele reduz a inibição em relatar eventuais dificuldades de aprendizado ou, até mesmo, fazer críticas e sugestões para a equipe responsável pela disciplina. Os resultados das autoavaliações evidenciaram que os alunos tendem a iniciar a disciplina com dúvidas sobre o aprendizado adquirido nas disciplinas teóricas e que, após cursar Laboratório Digital I, sentem-se significativamente mais confiantes em afirmar que as habilidades foram aprendidas. Esse efeito ocorre com as habilidades comportamentais e é ainda mais exacerbado com as habilidades técnicas.

Por fim, verifica-se que possíveis melhorias podem ser realizadas já na disciplina de Laboratório Digital II, a ser oferecida aos mesmos alunos no terceiro quadrimestre de 2025. Entre os pontos passíveis de aprimoramento citam-se (i.) a melhoria da integração social nas AEXs, antecipando e aumentando pontos de contato e (ii.) o aumento de ao menos uma aula na fase de desenvolvimento do projeto dirigido. O calendário do primeiro quadrimestre de 2025 inviabilizou essa ação; contudo, essa estratégia já foi utilizada no oferecimento do Laboratório Digital II de 2024. Nessa ocasião, além de o desenvolvimento das habilidades discentes não ter sido prejudicado, os alunos elogiaram amplamente o tempo adicional para o projeto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Computação e Sistemas Digitais (PCS) da Escola Politécnica da USP o apoio nas disciplinas de Laboratório Digital. Agradecem também a todos os alunos, monitores e técnicos, cujos esforços e méritos foram essenciais para os relatos apresentados neste artigo.

Os autores também agradecem o acolhimento e o apoio da equipe de educadores da Escola de Educação Especial São Judas – Unidade São Paulo (SP). Esse suporte foi importante para aprimorar o conhecimento da equipe do Laboratório Digital sobre a temática extensionista do Transtorno do Espectro Autista (TEA).

REFERÊNCIAS

ADEWOPO, Victor; ELSAYED, Nelly. Smart City Transportation: Deep Learning Ensemble Approach for Traffic Accident Detection. **IEEE Access**, v. 12, p. 59134-59147, 2024. DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3387972.

CUGNASCA, Paulo Sérgio *et al.* O Papel do Laboratório de Eletrônica Digital como Disciplina Integradora de Competências para o Desenvolvimento de Projetos de Engenharia. *In:* 52º Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2024, Vitória. **Anais**. Vitória. DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5074.

ESTRELA. **Genius – Um Jogo Eletrônico Emocionante!**. 2024. Disponível em: <https://estrela.vteximg.com.br/arquivos/Manual-Jogo-Genius.pdf>. Acesso em 26 maio 2025.

MALPARTIDA, Katherin Felipa Carhuaz; RODRIGUES, Kamila Rios da Hora. Jogos Digitais Sérios usados para o Exercício de Habilidades do Pensamento Computacional em Crianças com Transtorno do Espectro Autista. *In:* 30th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web (WebMedia), 2024, Juiz de Fora. **Anais**. Porto Alegre. DOI: 10.5753/webmedia.2024.242211.

MURAD, Ana Vitória Abreu; RIBEIRO, Heitor Gama; BARNES, Yasmin Francisquetti. **PlaySeq**. 2025. Monografia (PCS3635 – Laboratório Digital I) – Graduação em Engenharia de Computação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2025.

SIQUEIRA, Enzo Akio Goro; SCAVONE, Gabriel Pasquale Rodrigues; RIBEIRO, João Ricardo Rodrigues. **Memory Rhythm Maxxing**. 2025. Monografia (PCS3635 – Laboratório Digital I) – Graduação em Engenharia de Computação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2025.

USP. **Jupiterweb – Informações da Graduação em Engenharia de Computação – Escola Politécnica**. Disponível em <https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/jupCarreira.jsp?codmnu=8275> (campos de busca: “Escola Politécnica – EP” e “Engenharia (Habilitação: de Computação) – Integral”). Acesso em 28 maio 2025.

YENDURI, Gokul *et al.* From Assistive Technologies to Metaverse – Technologies in Inclusive Higher Education for Students With Specific Learning Difficulties: A Review. **IEEE Access**, v. 11, p. 64907-64927, 2023. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3289496.

DEVELOPING HARD AND SOFT SKILLS FOR ENGINEERING WITHIN THE INTEGRATING AND EXTENSIONIST CONTEXT OF THE DIGITAL ELECTRONICS LABORATORY DISCIPLINES

Abstract: *The Digital Electronics Laboratory disciplines have pioneered in providing undergraduate Computer Engineering students at the Escola Politécnica da Universidade de São Paulo with an integrated, systems-level overview of engineering projects. These disciplines had two major updates starting in their 2025 offerings: the inclusion of extensionist activities and a periodic skill assessment by students per se. This paper reports the methods that were used to carry out these activities, as well as their underlying results, in the “Digital Laboratory I” discipline, offered throughout the first four months of 2025 with the extensionist theme of “Digital Educational Objects for the Autism Spectrum”. It was verified that the projects developed by all students fully met the extensionist theme and that professors and students themselves perceived a notable evolution in both hard and soft skills.*

Keywords: *Extensionist Activity, Skills Development, Digital Electronics Laboratory.*

