

## LabEAD: Laboratório Eletrônico de Ensino à Distância durante o Distanciamento Social

Victor T. Hayashi<sup>1</sup>, Fabio H. Hayashi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais  
Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo, SP – Brasil

<sup>2</sup>Laboratórios Didáticos Secos – Universidade Federal do ABC (UFABC)  
Santo André, SP – Brasil

victor.hayashi@usp.br, fabio.hayashi@ufabc.edu.br

**Abstract.** *This paper describes a comparative study among solutions for electronic lab activities during social distancing imposed by coronavirus crisis. Registered data, simulators, and proposed remote lab alternatives are compared based on student accessibility and learning aspects, and cost for school. A survey (n=28) was applied to obtain different perspectives from technicians, students and teachers. Results show higher interest for remote lab alternative, and teacher uneasiness with stable internet connection availability for students.*

**Resumo.** *Este artigo descreve um estudo comparativo entre soluções para a execução de atividades de laboratório de eletrônica durante o distanciamento social imposto pela crise do coronavírus. Alternativas de dados tabelados, o uso de simuladores, e a abordagem proposta de laboratório de ensino à distância são comparados sob aspectos de acessibilidade e aprendizagem do aluno, e custo para a escola. Um questionário (n=28) foi aplicado para obter diferentes perspectivas de técnicos, estudantes e professores. Resultados evidenciam maior interesse pela alternativa de laboratório à distância, e a preocupação de professores com a disponibilidade de internet estável aos alunos.*

### 1. Introdução

Segundo Junior et al. (2012) e Guimarães et al. (2013), a realização de experimentos práticos é um aspecto importante na aprendizagem de ciências pelos alunos, sendo uma atividade indispensável para o ensino de engenharia, conforme Pereira et al (2018). As principais alternativas aos laboratórios presenciais são simulações virtuais e laboratórios de acesso remoto.

No caso das simulações virtuais, o aluno pode executar programas construídos nas mais diversas linguagens em seu computador (e.g. Labview, Simulink), e apesar de apoiar o ensino à distância e entendimento de conceitos básicos, é um substituto incompleto dos trabalhos em laboratórios presenciais, uma vez que os modelos construídos são uma aproximação da realidade [Junior et al 2012].

Conforme Guimarães et al. (2013), os laboratórios de acesso remoto permitem que os alunos controlem equipamentos de um laboratório real, de forma que os

experimentos ocorrem em local diferente de onde são manipulados. Neste caso, o aluno deve ter acesso à Internet, e a abordagem permite que recursos possam ser compartilhados entre diversas instituições de ensino e pesquisa. Outras vantagens são o custo reduzido da execução dos experimentos por aluno e a maior disponibilidade do laboratório, que não fica limitado aos horários fixos de laboratório presencial [Junior et al 2012; Pereira et al 2018].

O ambiente de laboratório de acesso remoto WebLab foi proposto inicialmente para a realização de experimentos em tempo real como apoio ao ensino público da disciplina de Física no Brasil, e estudou a arquitetura de um laboratório remoto com Redes de Petri Coloridas, especificamente na questão de gerenciamento otimizado de uso dos recursos [Junior et al 2012].

O laboratório remoto VISIR (Virtual Systems in Reality) do Instituto de Tecnologia de Blekinge busca apoiar o ensino de circuitos elétricos e eletrônicos, e vêm sendo expandido em universidades de diversos países (e.g. Portugal, Espanha, Áustria, Índia, Argentina). No Brasil, o projeto VISIR+ suporta a instalação, configuração e uso de instâncias do VISIR, conforme Pereira et al. (2018). Resultados empíricos de dois anos sobre efeitos na aprendizagem relacionada à eletrônica analógica usando o VISIR estão presentes no trabalho de Garcia-Zubia et al. (2016). Dentre as diversas funcionalidades suportadas, o serviço de osciloscópio remoto está descrito por Gustavsson et al. (2008); o osciloscópio desenvolvido pelo projeto LabEAD busca ser uma alternativa de baixo custo e de código aberto, que pode ser integrado a plataformas maiores em trabalhos futuros. Outro resultado do uso do VISIR na literatura mostrou melhores resultados em disciplinas básicas do que em disciplinas mais avançadas [Viegas et al 2018].

A proposta de Gontean et al. (2009) para execução remota de experimentos com hardware combinou componentes de câmera web, hardware específico e LabView, e tornou possível a execução de experimentos pelos alunos a partir de navegador *web*. O LabEAD emprega as câmeras de forma similar, para o monitoramento de LEDs e placas durante a realização dos experimentos de eletrônica.

O RMCLab de Universidade de Patras na Grécia, descrito por Karadimas e Efstathiou (2007) tem como objetivo apoiar experimentos reais à distância para a Engenharia Elétrica; e utiliza dispositivos FPGA para garantir maior versatilidade no uso de recursos de hardware. Circuitos analógicos reconfiguráveis foram desenvolvidos no projeto LabEAD para reconfiguração de um experimento com amplificador operacional.

O modelo de avaliação para laboratórios remotos de Tokdemir e Bilgen (2008) disserta sobre a importância de integração com ferramentas de gestão de cursos, e avaliação baseada em aspectos ambientais e organizacionais. A comparação de Mougharbel et al. (2006) entre modelos de laboratório remoto considerou suporte a autenticação, gerenciamento de horário, vídeos, dados, colaboração, concorrência e administração do sistema. Balamuralithara e Woods (2009) discutiram aspectos pedagógicos, econômicos, grau de realidade, acessibilidade, e apoio do corpo discente e docente para o sucesso da abordagem.

Pelo exposto, fica fundamentada a oportunidade de pesquisa em laboratório à distância para apoiar disciplinas de Graduação de Engenharia no Brasil. Neste artigo é explorada uma discussão sobre soluções para apoio à disciplina prática de eletrônica em instituição de ensino superior no contexto de manutenção das medidas de distanciamento social decorrentes da pandemia do coronavírus.

## 2. Materiais e Métodos

As ferramentas de software utilizadas para construção do projeto LabEAD foram Fritzing, Arduino, Python, HTML/CSS e javascript. Interfaces humano-computador personalizadas, infraestrutura de comunicação em arquitetura cliente-servidor e protocolo serial foram desenvolvidos para suporte aos experimentos de eletrônica.

Quanto ao hardware, além de Arduino Uno ou Arduino Mega, componentes eletrônicos discretos foram utilizados, conforme Tabela 1.

**Tabela 1. Hardware utilizado (visão geral)**

Item	Item
Arduino Uno ou Arduino Mega	Cabo USB
Amplificadores Operacionais LM324	Transistor BC548
Diodo 1N4148	Capacitor poliéster 47 nF
Capacitor eletrolítico 10uF 25V	Resistores de carbono ¼ W
Barra de pinos	Módulo de relés
Fonte de 9V	Protoboard
Fios para protoboard	Placa padrão de circuito integrado

Uma avaliação qualitativa entre cinco abordagens é proposta. As abordagens consideradas foram o laboratório presencial existente para comparativo; a alternativa de fornecer dados já registrados para os alunos; uso de simuladores; abordagem híbrida de bancada com componentes reais integradas com simulador; bancada remota, solução proposta pelo projeto LabEAD. Os aspectos considerados são: acessibilidade do aluno, se o aluno precisa de internet de boa qualidade ou computador de boa capacidade computacional; aprendizagem do aluno: fidelidade dos experimentos realizados com comportamento real, se o aprendizado é ativo e se suporta a funcionalidade de uso do laboratório fora do expediente comercial; custo para escola: se necessita de módulo customizado de hardware e se faz uso de desenvolvimento em padrão aberto; e se necessita de presença física do aluno no laboratório.

O questionário online criado com a ferramenta Google Forms foi usado para investigar as percepções sobre as alternativas consideradas. Um total de 28 respostas foram coletadas entre 29 de abril de 2020 e 13 de maio de 2020. O formulário online integrou as seguintes perguntas iniciais:

- 1) Qual sua instituição de ensino? (UFABC, USP, UNICAMP, UNESP, IFSP)
- 2) Qual sua posição? (Técnico, Estudante, Professor)

Três alternativas (A, B, C) para a execução de um experimento de caracterização de diodo foram apresentadas, em conjunto com imagens explicativas (Figuras 1, 2 e 3):

- a) Alternativa A: Em experimento de caracterização de diodo, dados experimentais tabelados são fornecidos aos alunos, e a execução do experimento consiste em cálculos para completar a tabela, análise dos resultados obtidos e construção do gráfico.

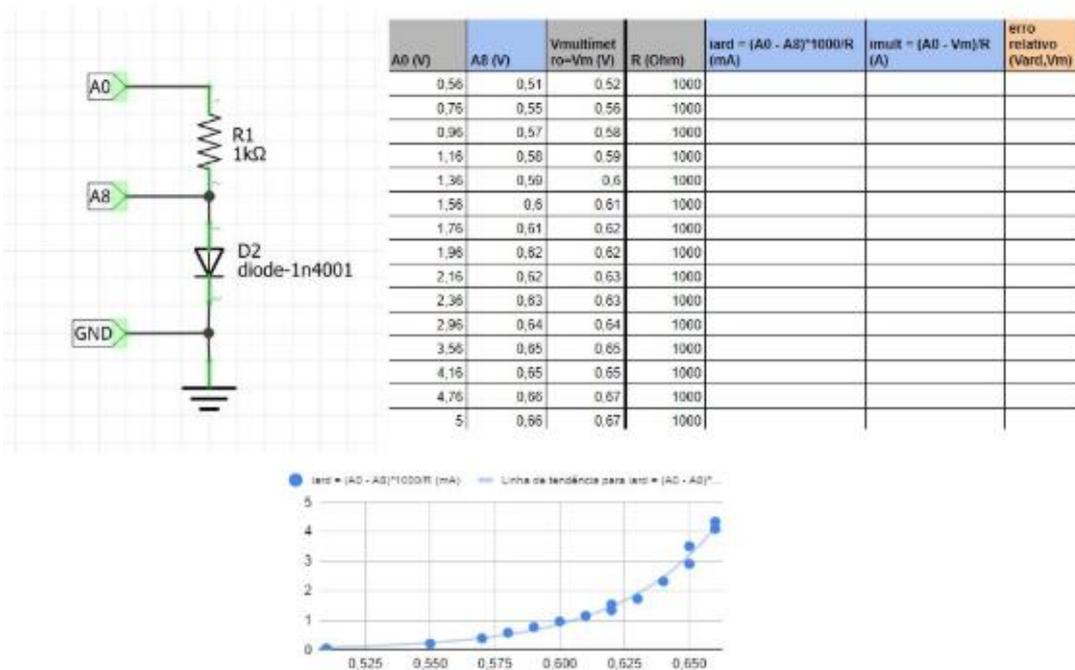


Figura 1. Esquema do questionário para alternativa A

b) Alternativa B: Em experimento de caracterização de diodo, os alunos podem acessar o laboratório remotamente, e obter os dados experimentais a partir de uma interação com interface em navegador, e a execução do experimento consiste na obtenção de dados experimentais a partir do controle de equipamentos do laboratório, cálculos para completar a tabela, análise dos resultados obtidos e construção do gráfico.

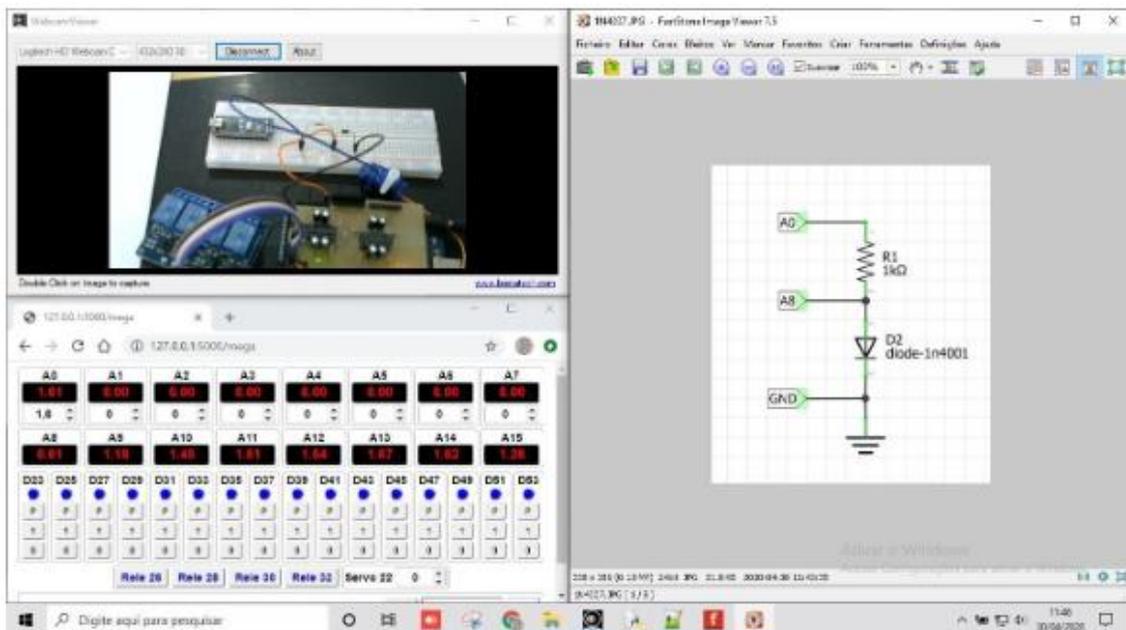


Figura 2. Esquema do questionário para alternativa B

- c) Alternativa C: Em experimento de circuito série-paralelo, os alunos podem acessar o laboratório remotamente, e obter os dados experimentais a partir de uma interação com interface em navegador, e a execução do experimento consiste na obtenção de dados experimentais a partir do controle de equipamentos do laboratório, cálculos para completar a tabela, análise dos resultados obtidos e construção do gráfico, além da modificação do circuito entre série e paralelo por meio de relé.

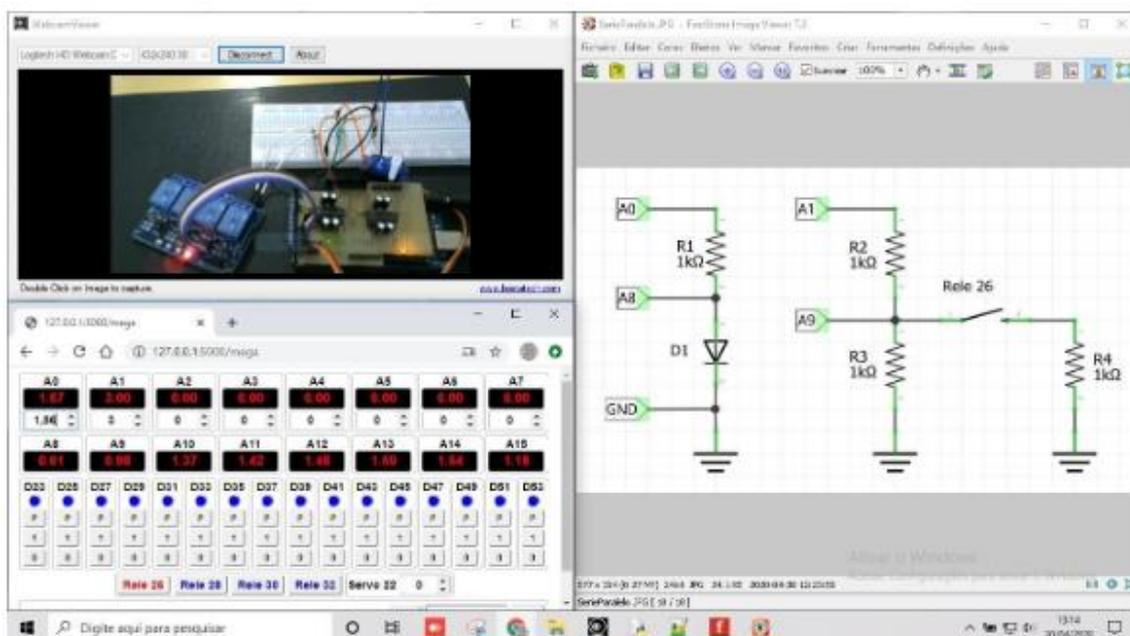


Figura 3. Esquema do questionário para alternativa C

Após a apresentação das três alternativas, foi requisitado a atribuição de notas para cada alternativa, de 1 a 5, pior e melhor nota, respectivamente. Por fim, uma seção de comentários livres segue ao final do questionário.

### 3. Discussão e Análise de Resultados

O resultado da avaliação qualitativa entre as alternativas para execução de atividades de laboratório de eletrônica estão apresentados na Tabela 2. O suporte ao ensino à distância adquiriu maior relevância com a implantação de medidas de distanciamento social, durante a pandemia do coronavírus.

O custo de tempo e transporte de alunos, técnicos e professores também deve ser considerado, além da possibilidade de maior acessibilidade para alunos portadores de necessidades físicas especiais.

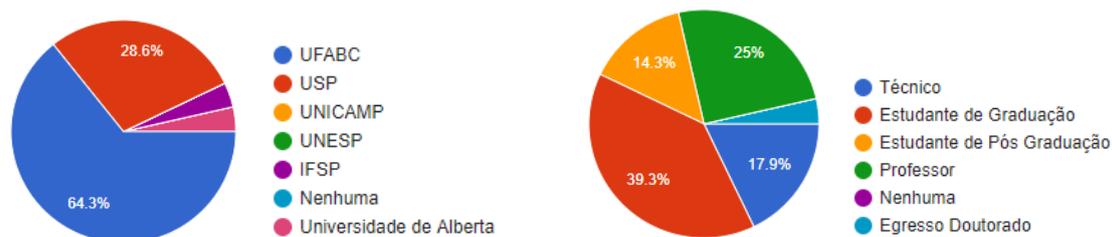
O acesso à internet estável também deve ser considerado, pois pode configurar um aspecto impeditivo à abordagem proposta. Por outro lado, o acesso a computadores que permitam a execução de simuladores possui importância similar. Em relação à aprendizagem do aluno: fidelidade com comportamento real é essencial pois permite alunos verificarem a diferença entre projeto e bancada real; um aprendizado ativo traz a oportunidade dos alunos participarem ativamente dos experimentos; e um laboratório aberto, acessível em horários estendidos que permitam maior flexibilidade aos alunos.

Por outro lado, os custos para a escola podem incluir hardware específico para cada experimento, e aspectos de suporte e manutenção da infraestrutura dos experimentos por meio de padrão aberto colaborativo em plataformas de código aberto.

**Tabela 2. Comparação entre soluções para laboratório**

Categoria	Aspecto	Laboratório Existente	Dados Tabelados	Simulador	Híbrido	Laboratório à distância
EAD	Requer presença física do aluno no laboratório	Não	Não	Não	Não	Sim
Acessibilidade do Aluno	Requer internet de boa qualidade	Não	Não	Não	Parcial	Sim
	Requer computador com boa qualidade	Não	Não	Sim	Sim	Não
Aprendizagem do Aluno	Fidelidade com comportamento real	Sim	Não	Parcial	Parcial	Sim
	Aprendizado ativo	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
	Laboratório aberto	Parcial	Não	Sim	Parcial	Parcial
Custo para Escola	Requer hardware específico	Sim	Não	Não	Sim	Sim
	Padrão aberto	Parcial	N/A	Parcial	Parcial	Sim

O questionário foi respondido por 28 pessoas, majoritariamente da Universidade Federal do ABC (UFABC) e Universidade de São Paulo (USP), e ocupam cargos de técnico, estudante de graduação e pós-graduação, e professor em sua maioria, conforme ilustra a Figura 4.



**Figura 4. Distribuição dos 28 entrevistados**

A Figura 5 possui a nota média atribuída às alternativas por perfil. Há uma concordância geral que as alternativas com interação (B e C) possuem maior aceitação. Aparentemente, alunos não avaliam diferença significativa entre a alternativa interativa com circuito estático (B) ou circuito analógico configurável (C). Os professores aparentam avaliar mais negativamente a opção de dados tabelados frente às demais alternativas.

## Nota atribuída no questionário por perfil de entrevistado

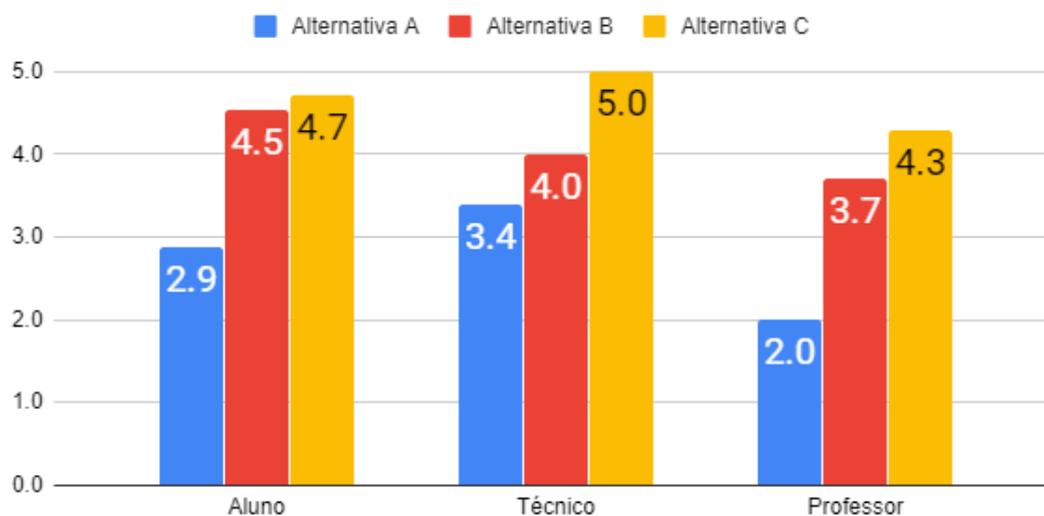


Figura 5. Nota média atribuída no questionário por perfil

Dentre os comentários obtidos na seção de comentários livres do questionário, dois merecem destaque.

O primeiro comentário evidencia as diferenças entre as alternativas B e C em relação à alternativa A, e remete ao aspecto de aprendizado ativo da Tabela 2: “*Considero que quanto mais interação dos alunos com o experimento, mesmo EAD, fica melhor para a aprendizagem*”.

O segundo comentário demonstra a preocupação de um professor com o aspecto de acessibilidade à internet por parte dos alunos, além da acessibilidade de computador de boa capacidade, ambos destacados na Tabela 2:

*“A alter A é bom p pessoas com dificuldade de internet. Tenho uns alunos com esse problema. As demais alternativas B e C são boas mas seria interessante se colocar os devidos equipamentos como multímetro e fonte/gerador de funções. Tb podem ser substituídos pelo labview este pode ser usado em casa mas necessita de um bom computador e com windows. Nem todos usam..não tem versão p Linux.”*

## 4. Exemplos de Experimentos de Eletrônica com Bancada Remota

Esta seção apresenta exemplos de experimentos de eletrônica realizados com abordagem proposta de bancada remota, construídos com componentes de baixo custo. Cada interface web pode ser personalizada para cada experimento, e permite o monitoramento e controle de fontes de tensão, voltmímetro e relés.

### 4.1. Amplificador Operacional

O aparato experimental para viabilizar um experimento de diversas montagens com o componente amplificador operacional inclui um circuito shield específico com reconfiguração por relés, controlados por meio de interface de bancada virtual, comunicação serial e Arduino, conforme ilustrado na Figura 6.

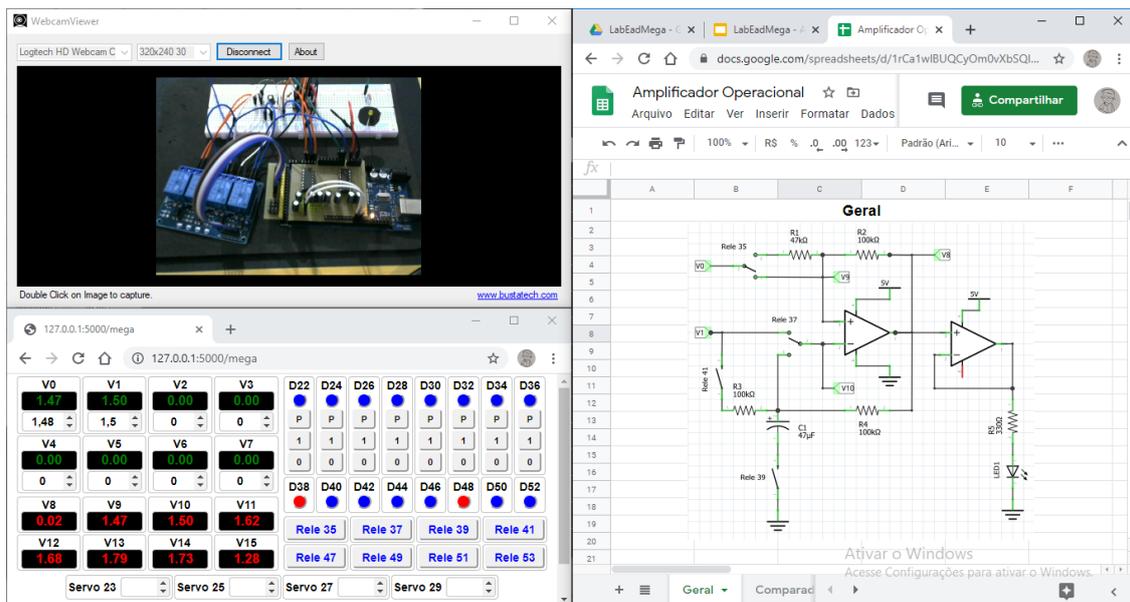


Figura 6. Arranjo experimental para amplificador operacional

O arranjo experimental do circuito analógico configurável é ilustrado na Figura 7. Por meio dos relés, o Arduino torna possível a reconfiguração do circuito para as montagens de comparador, amplificador, schmitt trigger e oscilador. O aspecto de reconfiguração por meio do aluno foi desenvolvido para possibilitar maior grau de interação com o circuito em teste.

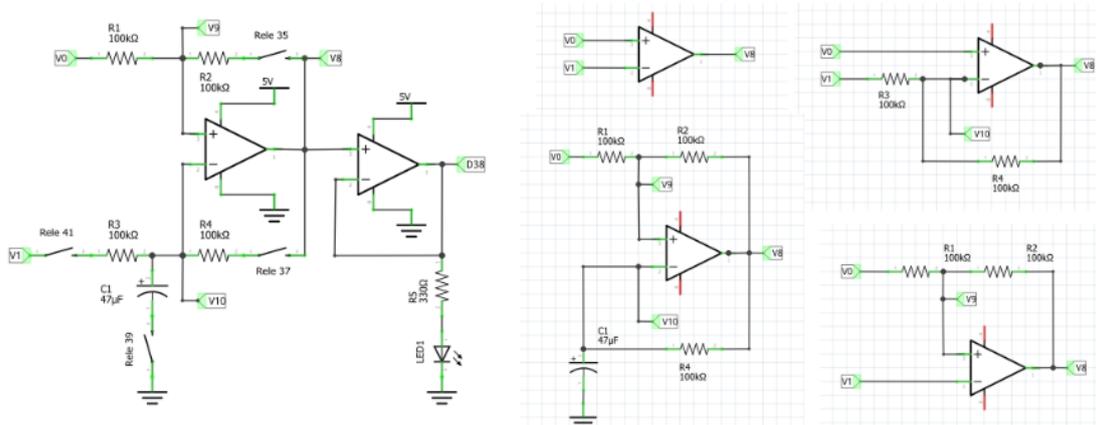


Figura 7. Circuito analógico configurável por relés

As configurações de relés para as quatro montagens estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3. Configurações do circuito configurável

Configuração	Comparador	Amplificador	Schmitt Trigger	Oscilador
Relé 35	Desligado	Desligado	Ligado	Ligado
Relé 37	Desligado	Ligado	Desligado	Ligado
Relé 39	Desligado	Desligado	Desligado	Ligado
Relé 41	Ligado	Ligado	Ligado	Desligado

### 4.3. Filtro Passa-Baixas

Um experimento com filtro passa-baixas com resistor e capacitor foi viabilizado (vide Figura 8). Através de funcionalidades de osciloscópio e gerador de funções desenvolvidas com Arduino, a frequência de corte do circuito foi obtida experimentalmente (325 Hz), e validada com a teoria (318 Hz).

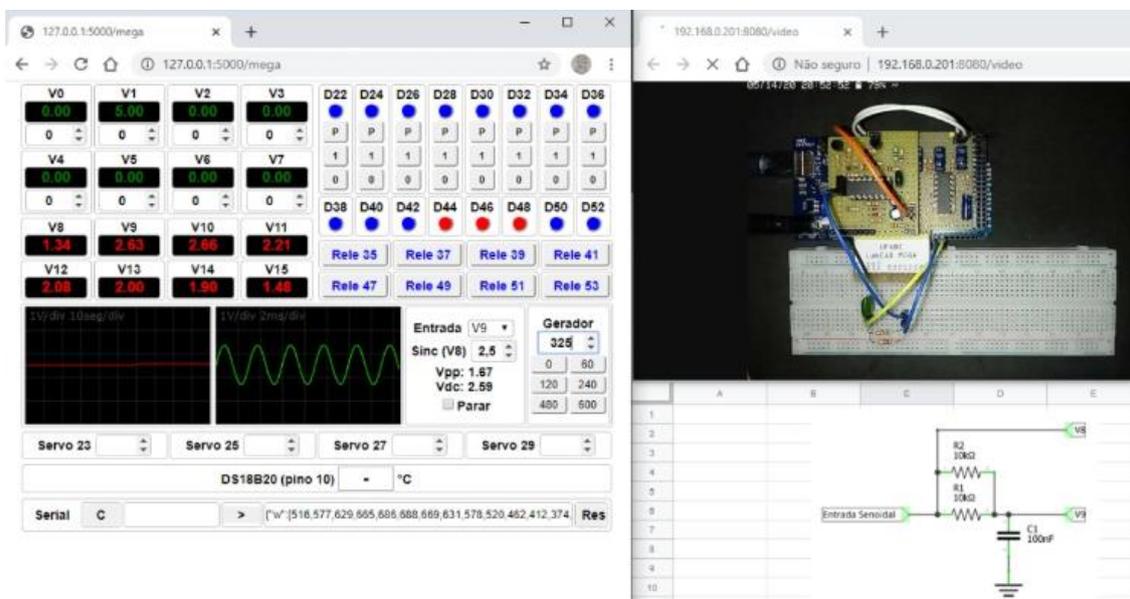


Figura 8. Arranjo experimental para filtro passa-baixas

## 5. Considerações Finais

Resultados de abordagem de ensino à distância para disciplinas de laboratório de eletrônica foram apresentados. A abordagem foi avaliada em relação a a acessibilidade, aprendizagem do aluno e custos para a escola, de forma qualitativa e quantitativa com professores, técnicos e alunos em questionário online (n=28). A alternativa de laboratório remoto foi a melhor avaliada pelos três perfis de entrevistados.

Exemplos de experimentos de eletrônica de filtro passa-baixas e amplificador operacional foram viabilizados através da construção de ferramentas de bancada com Arduino (osciloscópio, gerador de funções, fonte de tensão, voltímetro).

Com a disponibilização das ferramentas construídas em padrão aberto, espera-se a replicação em outras instituições de ensino, assim como expansão para atividades laboratoriais de outras disciplinas de Engenharia.

## Referências

- Balamuralithara, B., e Woods, P. C. (2009). Virtual laboratories in engineering education: The simulation lab and remote lab. *Computer Applications in Engineering Education*, 17(1), 108-118.
- Garcia-Zubia, J. et al. (2016). Empirical analysis of the use of the VISIR remote lab in teaching analog electronics. *IEEE Transactions on Education*, 60(2), 149-156.
- Gontean, A. et al. (2009). LabVIEW powered remote lab. In 2009 15th International Symposium for Design and Technology of Electronics Packages (SIITME) (pp. 335-340). IEEE.

- Guimarães, V. S. et al. (2013). Um Ambiente para as Práticas Laboratoriais de Física: Estudo do Pêndulo Matemático. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 21(02), 78.
- Gustavsson, I. et al. (2008). A flexible electronics laboratory with local and remote workbenches in a grid. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 4(2), 12-16.
- Junior, F. S. et al. (2012) "WEBLAB–Um Ambiente de Laboratórios de Acesso Remoto Educacional." *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. Vol. 23. No. 1.
- Karadimas, D., e Efstathiou, K. (2007). An integrated educational platform implementing real, remote lab-experiments for electrical engineering courses. *JCP*, 2(2), 37-44.
- Mougharbel, I. et al. (2006). Remote lab experiments models: A comparative study. *International Journal of Engineering Education*, 22(4), 849.
- Pereira, J. et al. (2018). Implantação e Utilização do Laboratório Remoto VISIR em Instituições de Ensino Técnico, Tecnológico e Superior. *Revista Tecnologias na Educação*, 1-10.
- Tokdemir, G., e Bilgen, S. (2008). Remote lab effectiveness assessment model. In 2008 11th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment (pp. 234-239). IEEE.
- Viegas, C. et al. (2018). Impact of a remote lab on teaching practices and student learning. *Computers & Education*, 126, 201-216.