LabEAD: Percepções de Discentes sobre Experimento Remoto de Eletrônica Analógica durante o Distanciamento Social

Victor Takashi Hayashi[1]

Marina Sparvoli de Medeiros[2]

Michel Oliveira da Silva Dantas[3]

RESUMO

Este artigo descreve um relato de experiência sobre um experimento remoto de Eletrônica Analógica, realizado à distância durante o período de distanciamento social da COVID-19. As percepções dos discentes (n=49) corroboram resultados anteriores de maior interesse na alternativa de laboratório remoto em detrimento das alternativas de dados tabelados e simuladores. O experimento de caracterização do diodo foi realizado em grupos de 3 a 5 alunos, com duração máxima de 20 minutos, com a supervisão do professor e uso de duas bancadas remotas instaladas na instituição de ensino, construídas com Arduino e disponibilizadas em Código Aberto. Os resultados qualitativos e quantitativos obtidos a partir dos questionários antes e após experimento evidenciam grande aceitação da proposta por parte dos discentes.

Palavras-chave: Laboratório Remoto. Eletrônica Analógica. Arduino.

1. Introdução

A história da educação a distância (EaD) mostra como sua evolução possui grande relação com a implantação em escala de novas tecnologias. A primeira geração remete ao estudo por correspondência. A segunda geração usou rádio e televisão para ampla transmissão do conhecimento, enquanto o conceito de universidade aberta caracterizou a terceira geração. Videoconferências foram utilizadas na quarta geração, e salas virtuais com grande apoio de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), e Internet caracterizam a quinta geração (MOORE et al., 2007).

[1] Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP
[2] Professora do Centro de Engenharia Modelagem e Ciências Sociais da Universidade Federal do ABC
[3] Professor do Centro de Engenharia Modelagem e Ciências Sociais da Universidade Federal do ABC

A pandemia de COVID-19 e a implantação de medidas de distanciamento social causaram enormes mudanças na educação brasileira. De maneira abrupta, cursos presenciais tiveram de ser ofertados remotamente, sendo inevitável a comparação deste método de ensino com o presencial. Por outro lado, apesar da resistência de instituições de excelência em ofertar cursos à distância segundo Oliveira e Piconez (2017), os efeitos da pandemia aceleraram este processo. Desta forma, o apoio a disciplinas práticas ou teórico-práticas se tornou uma questão relevante. Neste cenário, a questão tratada neste artigo é: como apoiar a realização de experimentos de Eletrônica Analógica de forma remota?

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*). Contudo, apesar de proporcionar apoio ao ensino à distância e entendimento de conceitos básicos, simulações são de forma geral substitutos incompletos de atividades executadas em laboratórios presenciais, uma vez que os modelos construídos são uma aproximação da realidade (JUNIOR et al., 2012).

Pelo exposto, fica fundamentada a oportunidade de pesquisa e desenvolvimento de ferramentas de laboratório remoto para apoiar disciplinas de Eletrônica Analógica, que fazem parte de grades curriculares de cursos de Graduação de Engenharia no Brasil.

Este artigo é uma versão expandida de um artigo que investigou as percepções de docentes, discentes e técnicos sobre a alternativa de laboratório remoto em caráter preliminar (HAYASHI et al., 2020a).

Outro artigo anterior dissertou sobre a possibilidade de uso da ferramenta por docentes para efeitos de demonstração em sessões de videoconferência, e detalhou a montagem de bancada interativa com amplificador operacional (HAYASHI et al. 2020b).

Neste trabalho descreve-se em detalhes o relato de uma experiência sobre o uso da ferramenta de laboratório remoto por grupos de 3 a 5 alunos em sessões de 5 a 20 minutos. As percepções dos discentes, coletadas antes e após a execução do experimento foram avaliadas por meio de questionários anônimos.

Assim como destacado por Moore et al. (2007), nenhuma tecnologia pode atender a todos os requisitos e especificidades de discentes, contextos e ambientes de aprendizado

diversos. Desta forma, não é objetivo almejar que a ferramenta de laboratório remoto desenvolvida possa ser a solução única para o ensino remoto de Eletrônica Analógica, mas sim uma alternativa que pode complementar outras ferramentas para o ensino remoto, como simulações.

2. Embasamento Teórico

Nesta seção, são apresentados os conceitos de laboratório remoto, estilos de aprendizagem, uma discussão breve sobre como a colaboração pode aumentar o engajamento de alunos, e a definição de recurso educacional aberto. Estes conceitos, discussão e definição serão uteis para a análise dos resultados e conclusões.

2.1. Laboratório Remoto

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. O uso do VISIR na literatura mostrou resultados melhores em disciplinas básicas do que em disciplinas mais avançadas (VIEGAS et al., 2018).

2.2. Estilos de Aprendizagem

Em sua investigação sobre fatores que influenciam no processo de ensino e aprendizagem, Barros (2009) usou a teoria de estilos de aprendizagem, destacando como o uso das tecnologias pode ser direcionado a partir das características de aprendizagem dos diferentes alunos, de forma a potencializar aspectos de cada estilo de aprendizagem. O autor identifica quatro estilos: ativo, reflexivo, teórico e pragmático. O estilo ativo é caracterizado pelo entusiasmo e criatividade, enquanto o estilo reflexivo remete à prudência e paciência; o estilo teórico está relacionado ao raciocínio, disciplina e lógica; por fim, o estilo pragmático é caracterizado pela prática, realismo e experimentação (BARROS, 2009).

Segundo Moore et al. (2007), há alunos que preferem o estilo reflexivo relacionado ao texto impresso, e há aqueles que se adaptam melhor ao diálogo ao vivo de uma videoconferência. Desta forma, quanto maior a disponibilidade de alternativas de mídias e tecnologias, mais eficaz o ensino a distância pode ser para uma variedade maior de alunos.

2.3. Colaboração para Engajamento de Alunos

Zepke e Leach (2010) consideram que o engajamento de alunos está relacionado ao investimento cognitivo, participação ativa no seu aprendizado, e envolvimento com atividades e condições que levam a aprendizado de boa qualidade, considerando que a educação deve versar sobre estudantes construírem seu próprio aprendizado. Dentre os fatores que contribuem para um bom aprendizado, Zepke e Leach (2010) destacam o aprendizado ativo e colaborativo: as interações entre alunos, e aplicação de habilidades sociais em grupos podem resultar na combinação entre motivação intrínseca e extrínseca, o que pode ser benéfico para o aprendizado dos alunos.

2.4. Recurso Educacional Aberto

Segundo Jacques (2017), recursos educacionais abertos (REA) são materiais de apoio ao ensino, compartilhados sob licenças permissivas para reter, reutilizar, revisar, remixar e redistribuir. Em sua discussão, Jacques (2017) afirma que há necessidade de maiores investimentos em recursos educacionais livres e abertos, com licenças com alto índice de abertura, que permitam aos docentes não só seu uso, mas também reconfiguração conforme as necessidades específicas de cada situação.

3. Metodologia

As seguintes etapas integraram o método utilizado:

1. Questionário inicial online para validar interesse de técnicos (responsáveis pela instalação), professores (responsáveis pela validação da ferramenta), e alunos (responsáveis pelo uso em maior escala da ferramenta;
2. Após validação da ideia e interesse das partes interessadas, houve o estudo de viabilidade técnica, com o desenvolvimento de um protótipo com Arduino no *home office* do técnico responsável pelo desenvolvimento, e validação com docentes da ferramenta construída em sessão de videoconferência;
3. A implantação consistiu na instalação das duas bancadas na instituição de ensino, na escrita de roteiro e modelo de relatório por docente, e na elaboração de um vídeo explicativo e demonstrativo do experimento remoto de caracterização de diodo;
4. As atividades pré-aula foram: questionário online para coletar percepções dos alunos antes do experimento remoto; formação de grupos de alunos de 3 a 5 integrantes cada, e agendamento das sessões de videoconferência com 30 minutos cada;
5. O experimento remoto consistiu numa explicação breve do experimento pelo docente (cerca de 10 minutos), organização do grupo, interação de um aluno com a bancada remota através de acesso remoto autorizado pelo técnico, e registro dos dados (de 10 a 25 minutos);
6. As atividades pós-aula foram: questionário online para coletar percepções dos alunos após o experimento remoto, refinamento do código, e disponibilização da ferramenta desenvolvida sob licença *Creative Commons*.

Este método está apresentado de forma gráfica na Figura 1, abaixo.

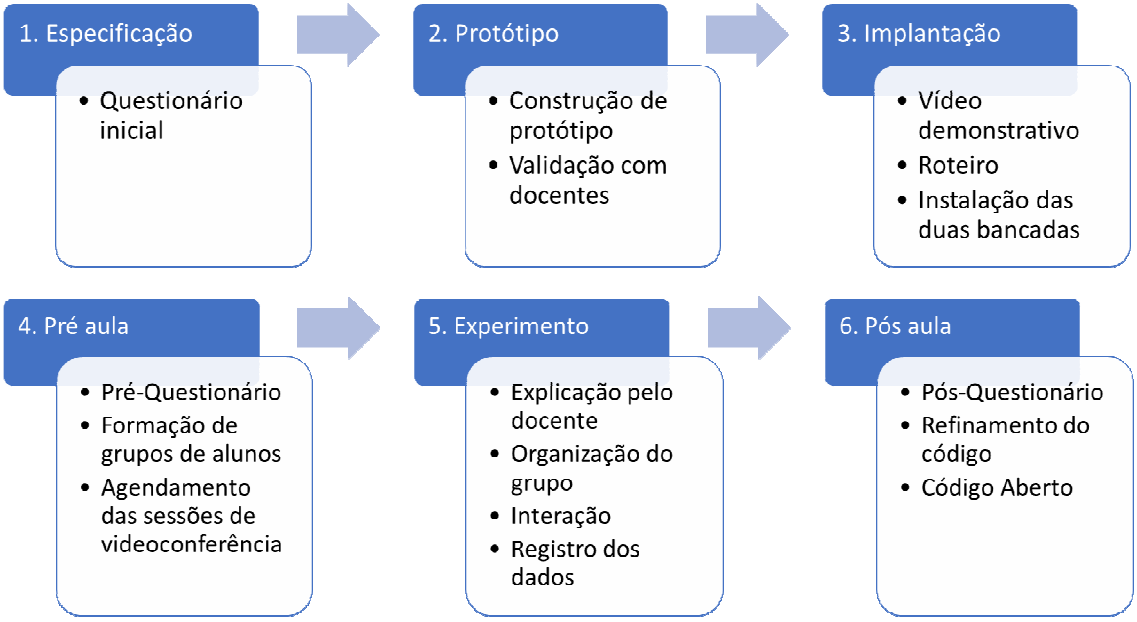


Figura 1. Método aplicado no presente estudo

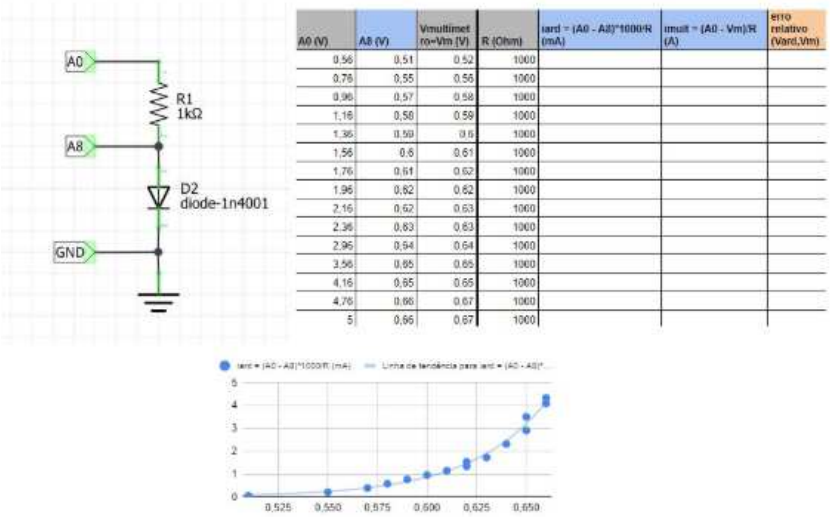
3.1. Questionário para Percepções Iniciais de Alunos, Técnicos e Professores

O questionário inicial 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 2, 3 e 4):

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.



A0 (V)	A8 (V)	Vmultimetro=Vm (V)	R (Ohm)	iard = (A0 - A8)*1000/R (mA)	imult = (A0 - Vm)/R (A)	erro relativo (Vard,Vm)
0,56	0,51	0,52	1000			
0,76	0,55	0,56	1000			
0,96	0,57	0,58	1000			
1,16	0,58	0,59	1000			
1,36	0,59	0,6	1000			
1,56	0,6	0,61	1000			
1,76	0,61	0,62	1000			
1,96	0,62	0,62	1000			
2,16	0,62	0,63	1000			
2,36	0,63	0,63	1000			
2,96	0,64	0,64	1000			
3,56	0,65	0,65	1000			
4,16	0,65	0,65	1000			
4,76	0,66	0,67	1000			
5	0,66	0,67	1000			

Figura 2. 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.

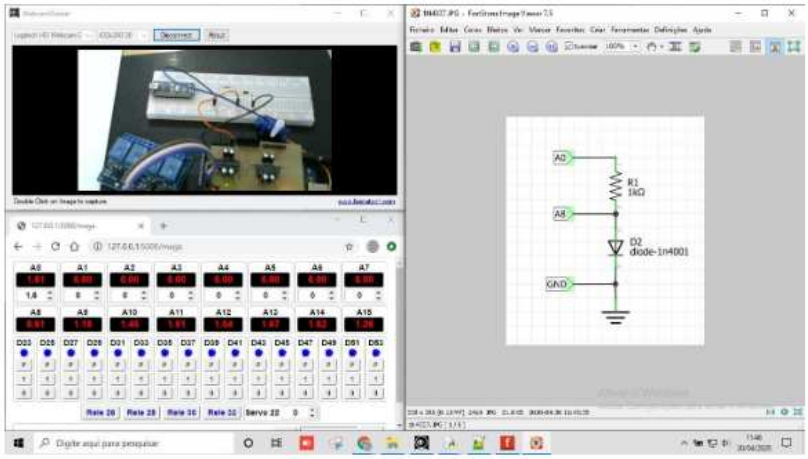


Figura 3. Esquema do questionário para alternativa B

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.

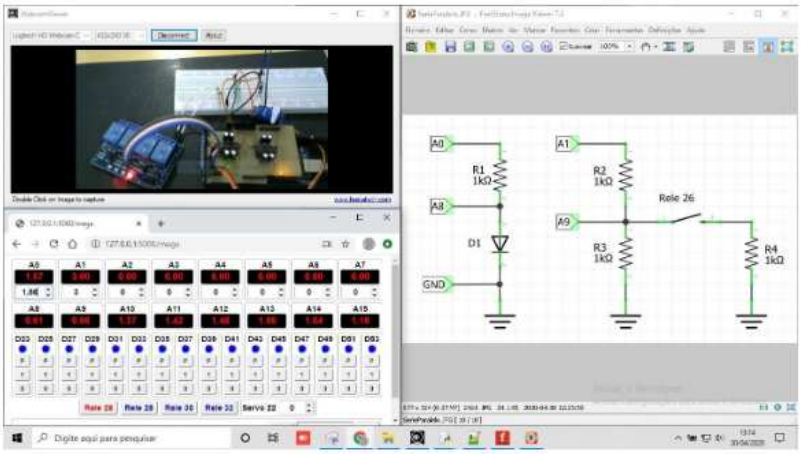


Figura 4. Esquema do questionário para alternativa C

Após a apresentação das três alternativas, foi requisitada 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.

3.2. Experimento Remoto com Diodo para Alunos

A próxima etapa depois da validação do interesse pela solução de laboratório remoto foi a construção de um protótipo no ambiente *home office* de um técnico, e validação com dois docentes no dia 23 de setembro de 2020, em uma sessão de videoconferência no *Google Meet*, e acesso remoto pelo professor ao computador do técnico por meio do programa *Anydesk*. É possível observar o protótipo construído com Arduino na Figura 5.

Após a construção do protótipo e validação com docentes, um vídeo de 11 minutos foi gravado e editado com todo o experimento remoto, contendo explicações integradas ao longo do vídeo. Para avaliação do vídeo pelos discentes, um questionário online na ferramenta *Google Forms* com participação anônima e opcional foi disponibilizado aos alunos, com três seções: pontos fortes, pontos fracos e visão geral. Todas as seções eram campos discursivos.

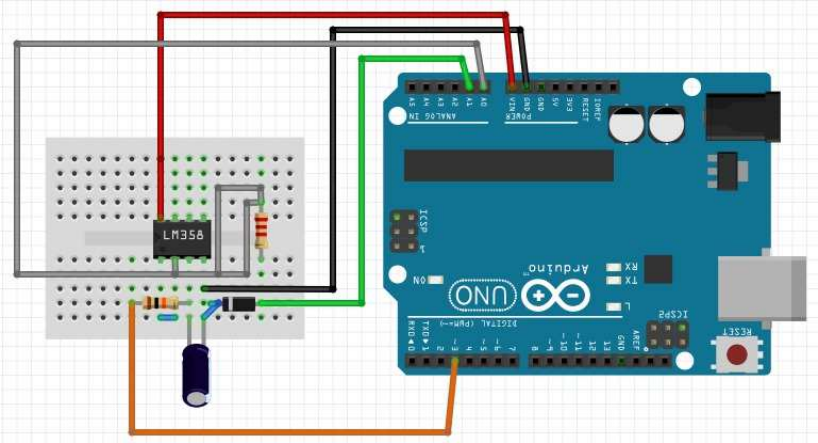


Figura 5. Protótipo desenvolvido para validação com docentes

A sessão demonstrativa do experimento foi realizada em videoconferência no *Google Meet* com auxílio da ferramenta de edição de vídeos *Active Presenter*. Houve a participação de um técnico e um monitor na gravação, e o vídeo final foi disponibilizado na plataforma *Youtube* para os alunos antes da realização do experimento remoto[4]. Uma captura de tela deste vídeo está presente na Figura 6.

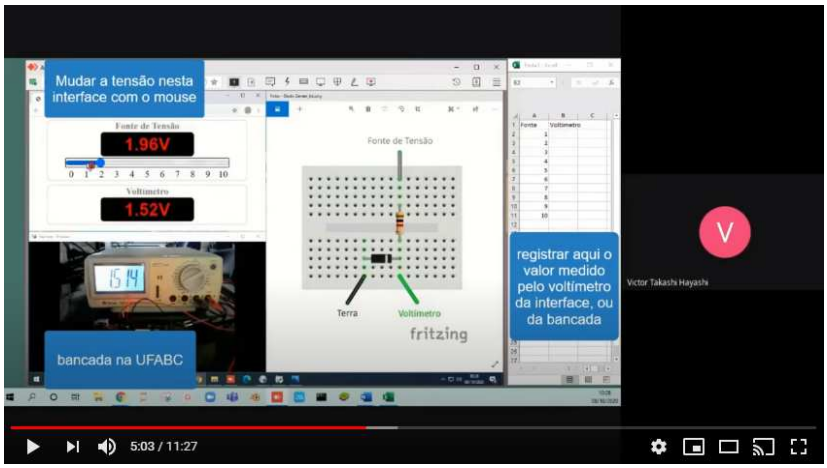


Figura 6. Captura de tela do vídeo demonstrativo disponibilizado aos alunos antes do experimento remoto

Duas bancadas remotas foram instaladas na instituição de ensino pelo técnico. Cada bancada é constituída de um multímetro digital de bancada (Minipa MDM8045B), fonte de tensão de bancada (Minipa 3305M), Arduino Mega, *webcam*, e computador com sistema operacional *Windows*. Além destes itens, foi necessária a instalação do software Python 3 com

[4] Vídeo disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=KoFYBQKd_KQ

bibliotecas *pyserial* e *flask*, e programa de acesso remoto *Anydesk*. A Figura 7 ilustra uma bancada remota montada.

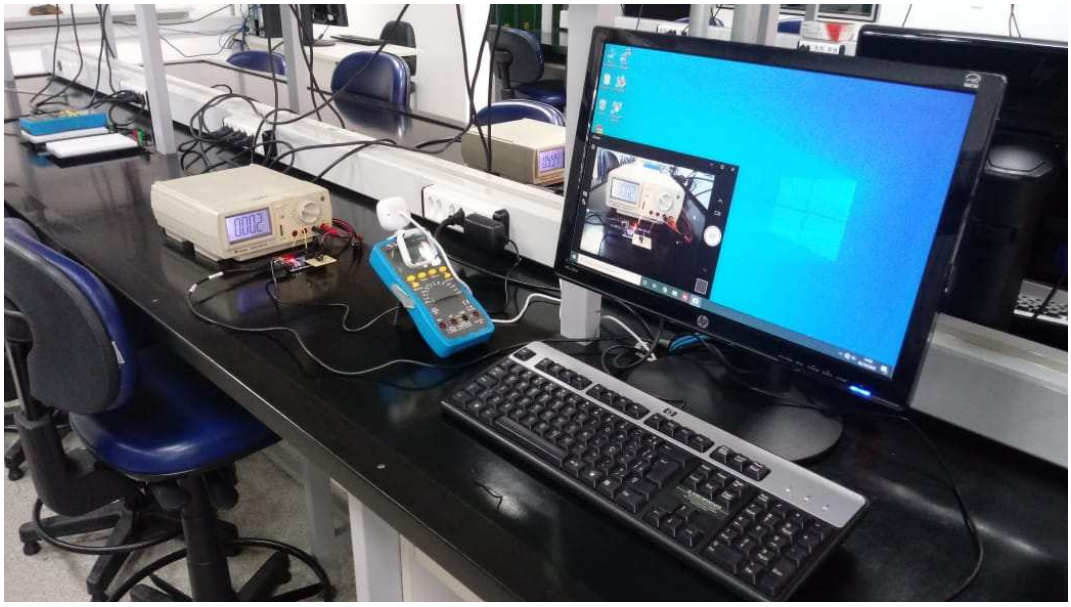


Figura 7. Bancada remota instalada na instituição de ensino

Houve a formação de grupos de 3 a 5 alunos e agendamento das sessões de experimento remoto com duração prevista de 30 minutos cada. Em cada sessão, um monitor ou técnico e um professor acompanharam o grupo em cada bancada, explicando o procedimento em 10 minutos, autorizando o acesso remoto ao computador da instituição de ensino, e orientando para que somente um aluno de cada grupo interagisse com a fonte de tensão por meio da interface *web*.

A interface final disponibilizada aos 49 alunos participantes, divididos em 12 grupos nas sessões dos dias 13 e 15 de outubro de 2020, está ilustrada na Figura 8. Relatos dos experimentos com os grupos de alunos foram registrados para posterior análise, em texto em formato livre.

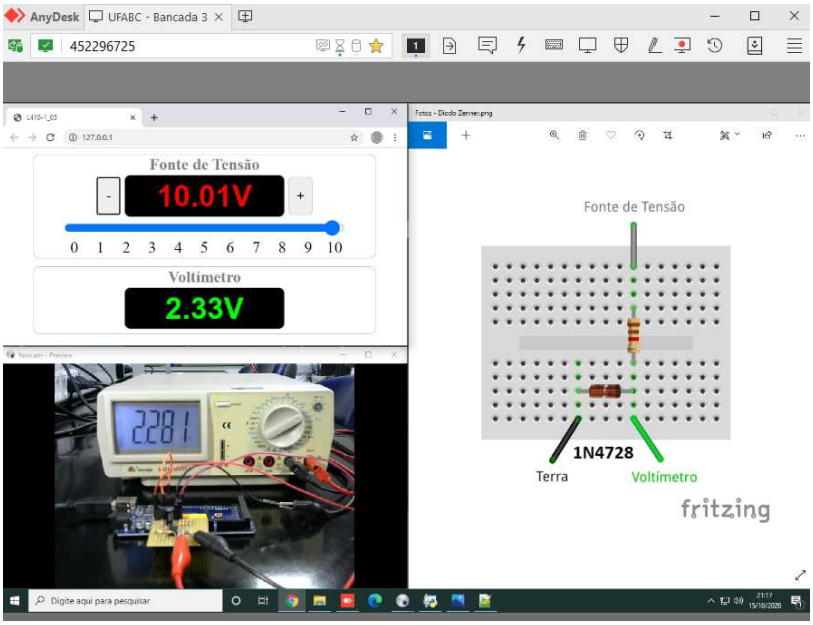


Figura 8. Interface da bancada remota utilizada pelos alunos

Um roteiro elaborado pelos docentes foi disponibilizado aos alunos. Os discentes foram orientados a variar a fonte de tensão de 0V até 10V, em passos de 0,5V, totalizando 20 medidas.

Há um exemplo de resultado esperado desta coleta na Figura 9. Trata-se de uma curva de caracterização do componente diodo Zener, cujo comportamento pode ser analisado de acordo com a teoria de Eletrônica Analógica presente em livros-texto.

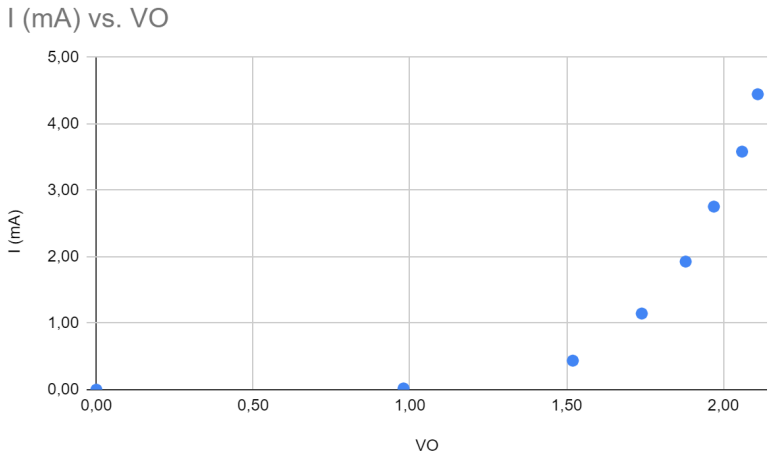


Figura 9. Exemplo de gráfico obtido com dados coletados com experimento remoto de caracterização do diodo Zener

3.3. Questionários Pré e Pós experimento para Percepções de Alunos

O questionário online pré-experimento foi disponibilizado aos alunos no dia 13 de outubro de 2020 por meio do *Google Forms*, e consistiu nas seguintes questões:

1) O que você conhece sobre diodo Zener, fonte de tensão e voltímetro? (pode selecionar mais de uma opção)

    - Somente teoria
    - Experimentei prática no curso técnico
    - Experimentei prática no estágio
    - Experimentei prática em uma matéria da faculdade
    - Não conheço nada

2) O que conhece/vivenciou sobre ensino remoto? (pode selecionar mais de uma opção)

    - Fiz aulas assíncronas de forma remota (vídeos gravados, por exemplo)
    - Fiz aulas síncronas de forma remota (videoconferência, por exemplo)
    - Participei de reuniões remotas
    - Fiz simulações de forma remota
    - Fiz atividades de laboratório de forma remota
    - Não conheço nada

3) Sobre atividades à distância de disciplinas de laboratório (pode selecionar mais de uma opção):

    - Prefiro controlar equipamentos reais
    - Prefiro simulações e ferramentas virtuais (sem equipamentos reais)
    - Prefiro trabalhar só com dados tabelados
    - Não quero ter atividades práticas à distância

Cada pergunta possui um campo adicional para comentários livres. O questionário é anônimo, e de participação opcional aos alunos.

O questionário online pós experimento foi disponibilizado aos alunos no dia 15 de outubro de 2020 também por meio do *Google Forms*, com as seguintes questões:

1) O que você conhece sobre diodo Zener, fonte de tensão e voltímetro? (pode selecionar mais de uma opção)

- Somente teoria
- Experimentei prática no curso técnico
- Experimentei prática no estágio
- Experimentei prática em uma matéria da faculdade
- Não conheço nada

2) O que conhece/vivenciou sobre ensino remoto? (pode selecionar mais de uma opção)

- Fiz aulas assíncronas de forma remota (vídeos gravados, por exemplo)
- Fiz aulas síncronas de forma remota (videoconferência, por exemplo)
- Participei de reuniões remotas
- Fiz simulações de forma remota
- Fiz atividades de laboratório de forma remota
- Não conheço nada

3) Sobre atividades à distância de disciplinas de laboratório (pode selecionar mais de uma opção):

- Prefiro controlar equipamentos reais
- Prefiro simulações e ferramentas virtuais (sem equipamentos reais)
- Prefiro trabalhar só com dados tabelados
- Não quero ter atividades práticas à distância

4) Sobre o experimento de diodo executado de forma remota, dê uma nota de 1 a 5 (sendo 1 a pior nota e 5 a melhor nota)

5) Sobre as ferramentas utilizadas (pode selecionar mais de uma opção):

- Entendi o uso do Anydesk para acesso remoto
- Entendi o uso de Arduino como voltímetro e fonte de tensão
- Entendi o uso do computador como interface da bancada remota
- Entendi o uso da webcam para ver um equipamento real
- Não entendi nada

Da mesma forma que o questionário pré-experimento, cada pergunta do questionário pós-experimento possui um campo adicional para comentários livres. O questionário é anônimo, e de participação opcional aos alunos.

4. Resultados Obtidos

4.1. Percepções Iniciais de Alunos, Técnicos e Professores

O questionário inicial 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 10.

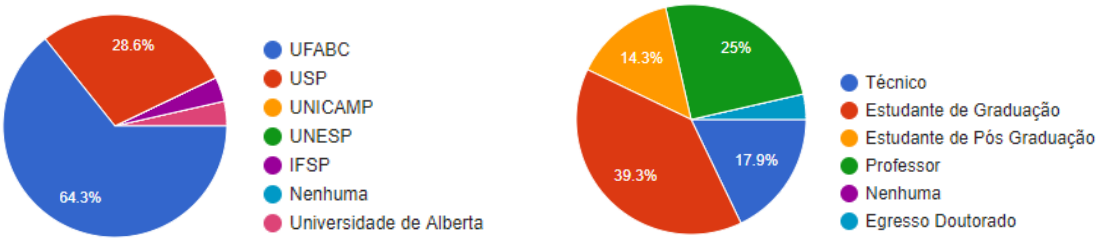


Figura 10. Distribuição dos 28 entrevistados

A Figura 11 possui a nota média atribuída às alternativas por perfil. Há uma concordância geral de 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.

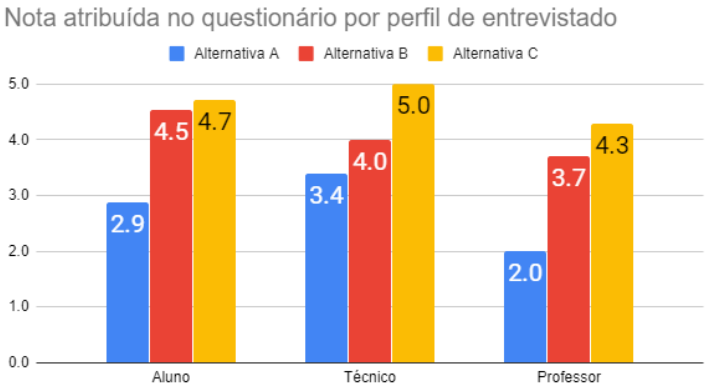


Figura 11. Nota média atribuída no questionário por perfil

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."

3.2. Relato de Experimento Remoto com Diodo para Alunos

Quanto ao vídeo demonstrativo inicial, quatro alunos responderam ao questionário. Os dois comentários seguintes ilustram pontos fortes identificados pelos alunos: "*Claro, curto e fácil de acompanhar*"; "*Rápido e os valores reais como quando usamos o equipamento no laboratório*". Já quanto aos pontos fracos, temos: "*Só não ganha para o presencial*"; "*Limitado quanto as possibilidades de ação no experimento*".

Podemos levantar a hipótese que a maioria dos alunos assistiu ao vídeo disponibilizado no *Youtube*, uma vez que o vídeo obteve mais de 50 visualizações no período de experimentos, de 12 de outubro a 15 de outubro. O vídeo mais curto aparentemente complementou de forma satisfatória o roteiro escrito. Como pontos a considerar em trabalhos futuros, experimentos mais complexos podem ser considerados. A comparação com o presencial é uma questão presente no uso do laboratório remoto, sendo importante destacar que seu objetivo é ser uma alternativa para a realização de experimentos de forma remota, e não ser um substituto ao laboratório presencial.

Aspectos de colaboração foram observados em 10 dos 12 grupos de alunos participantes. Quando houve colaboração, os alunos dividiram as tarefas (e.g. um aluno

controlou a fonte de tensão, outros registraram os dados experimentais obtidos), com comunicação realizada por meio de voz na videoconferência. Como a literatura propõe que o aspecto de colaboração pode ajudar na motivação extrínseca dos alunos, e como este aspecto está presente em diversas disciplinas de laboratório presenciais, este aspecto foi integrado ao uso da ferramenta de laboratório remoto desenvolvido.

Alguns alunos estranharam situações como a tensão medida pelo Arduino ser um pouco diferente da medida, de como é necessário algum tempo para obter estabilidade no sinal medido. Em geral, apenas dois grupos tiveram maior dificuldade por não terem instalado o programa *Anydesk* anteriormente conforme requisitado. A maioria conseguiu executar o experimento remoto com sucesso. Os docentes consideram que o vídeo demonstrativo ajudou na preparação dos alunos.

Foram agendadas 14 sessões de 30 minutos cada nos dias 13 e 15 de outubro de 2020. Havia duas bancadas remotas disponíveis, cada uma com o apoio de um docente e um monitor ou técnico. Dos 14 grupos agendados, 12 realizaram o experimento, o que equivale a 49 alunos de 55 alunos previstos. A média de duração dos experimentos (desconsiderando 10 minutos iniciais de explicação pelo docente no início de cada sessão) foi de 19 minutos, com valor máximo de 25 minutos, e valor mínimo de 10 minutos. O histograma da duração dos experimentos está presente na Figura 12.

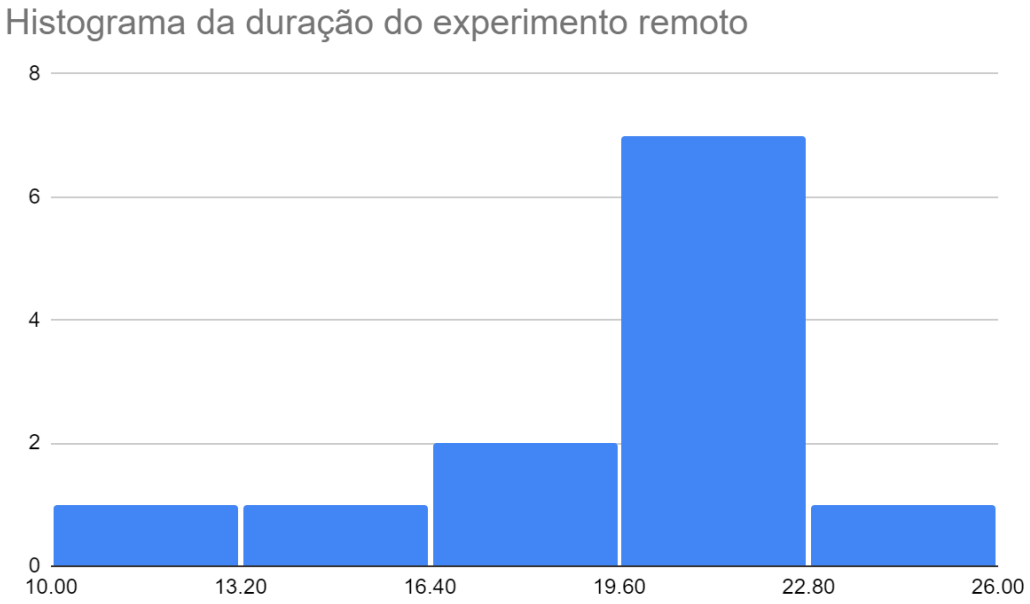


Figura 12. Histograma da duração do experimento remoto por grupo

3.3. Percepções de Alunos antes e depois do Experimento Remoto

Quanto aos questionários pré e pós experimento remoto, 17 alunos responderam ao questionário pré-experimento, e 12 alunos responderam ao questionário pós experimento.

No questionário pré-experimento, 10 dos 17 alunos (59%) afirmaram que já experimentaram prática sobre diodo Zener, fonte de tensão e voltímetro em uma disciplina anterior. Sobre o ensino remoto, 16 dos 17 alunos afirmaram que fizeram aulas assíncronas de forma remota (94%), e 11 alunos fizeram aulas síncronas de maneira remota (65%). Apenas 4 alunos afirmam terem feito simulações, e 2 alunos fizeram alguma atividade de laboratório de maneira remota. 13 dos 17 alunos alegaram preferir controlar equipamentos reais (77%), enquanto apenas 2 preferem trabalhar apenas com dados tabelados, e 7 dizem preferir simulações e ferramentas virtuais.

Os comentários a seguir ilustram as opiniões de dois alunos sobre o uso combinado de ferramentas: "*Usar simulações como complemento para testes com equipamentos reais, para aferir funcionamento condizente com o visto em teorias*"; "*Tanto ferramentas reais como virtuais são válidas*." Estas percepções estão alinhadas com o exposto na literatura, que mais alternativas de tecnologias e ferramentas podem tornar o ensino à distância mais eficaz para uma variedade maior de alunos.

As três perguntas iniciais do questionário pós experimento mostram que 9 dos 12 alunos (75%) afirmaram ter experimentado prática sobre diodo Zener, fonte de tensão e voltímetro em uma disciplina anterior. Sobre ensino remoto, todos os 12 alunos afirmam ter realizado aulas assíncronas e síncronas de maneira remota. Apenas 5 fizeram simulações, e 3 dizem ter feito atividades de laboratório de maneira remota. 11 dos 12 alunos (91%) preferem controlar equipamentos reais, e 8 alunos preferem simulações.

Os alunos demonstraram uma percepção positiva sobre o experimento remoto apresentado em termos quantitativos: dos 12 alunos que responderam ao questionário pós-experimento, 10 atribuíram a nota 5 (83%), e 2 atribuíram a nota 4 (17%), em uma escala de 1 a 5 (sendo 1 a pior nota e 5 a melhor nota). Desta forma, a ferramenta desenvolvida conforme o paradigma de laboratório remoto presente na literatura, onde equipamentos reais são controlados por meio da Internet, obteve boa aceitação pelos alunos.

Conforme ilustrado na Figura 13, a maioria dos 12 alunos entendeu o uso do computador como interface da bancada remota, o uso da webcam para monitorar um equipamento real, e uso do programa *Anydesk* para acesso remoto, como destacado no comentário "*Agora ficou bastante claro o papel de cada item da bancada, rs. Antes era*

somente magia". 9 dos 12 alunos participantes do questionário pós-experimento entenderam o uso de Arduino como voltímetro e fonte de tensão, conforme destacado no comentário "*Nesse ponto, embora eu tenha uma ideia de como funciona o Arduino, tenho interesse em saber em mais detalhes. Se possível, perguntarei em uma outra aula*". Assim, os alunos puderam usar e entender a ferramenta de laboratório remoto construída e utilizada em experimento de caracterização de diodo Zener.

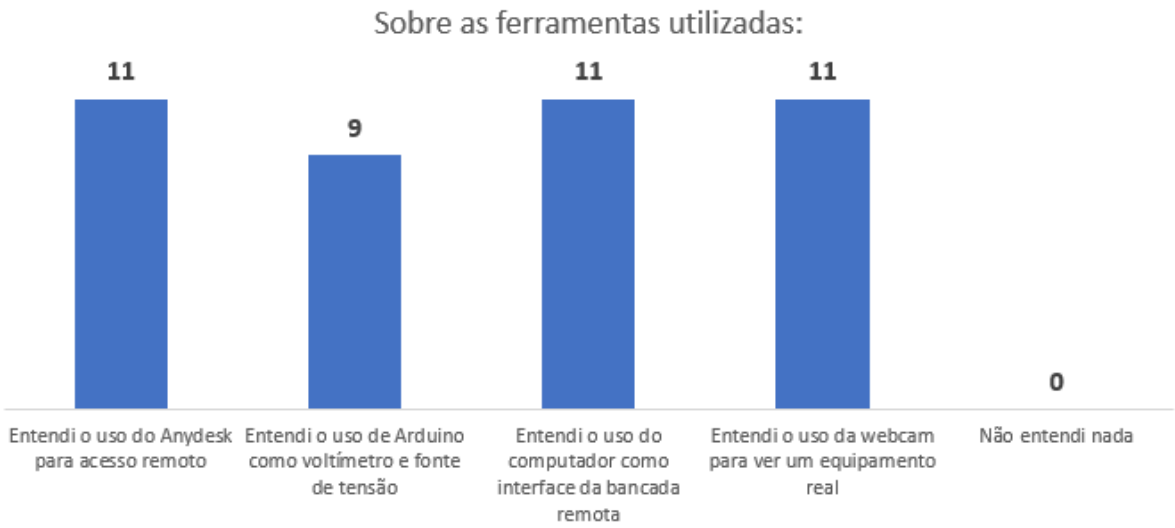


Figura 13. Entendimento das ferramentas utilizadas pelos alunos

O comentário a seguir mostra a opinião de um aluno sobre a execução de experimentos práticos: "*Os experimentos práticos, em minha opinião, são muito prejudicados, ainda que existam softwares para realizar simulações*". Uma hipótese é que esta opinião é de um aluno do estilo de aprendizagem pragmático, que aprende conceitos e teorias ao experimentá-las, de forma prática. A ferramenta desenvolvida está disponibilizada em Código Aberto[5], como uma tentativa de disponibilização de um recurso educacional aberto baseado em Arduino, que pode ser utilizado e adaptado para outros cursos de Eletrônica Analógica ofertadas de forma remota.

Por fim, o comentário seguinte ilustra a opinião de um aluno sobre o ensino remoto: "*O ensino remoto facilita bastante principalmente o ensino de quem trabalha, reduzindo o tempo com locomoção e permitindo estudar de forma assíncrona*". Esta percepção mostra a flexibilidade de utilização de recursos proporcionada pelo laboratório remoto. Neste sentido, a

[5] Código disponível em: https://github.com/vthayashi/labead_diodo

ferramenta desenvolvida também será útil no período pós-pandemia, ao garantir flexibilidade no cenário de ensino híbrido.

5. Conclusões

Uma ferramenta para apoio a experimento de Eletrônica Analógica baseado em Arduino foi utilizada por 49 alunos durante o período de isolamento social imposto pela COVID-19. Um vídeo explicativo e um questionário foram disponibilizados aos alunos antes do experimento, e um questionário foi utilizado para coletar percepções dos alunos após o experimento realizado por meio de programa de acesso remoto. Os alunos foram divididos em 12 grupos, que em sua maioria realizaram o experimento de forma colaborativa em cerca de 19 minutos com a supervisão do docente e técnico.

O paradigma de laboratório remoto foi demonstrado de forma minimalista em experimento de caracterização de diodo com fonte de tensão e voltímetro, e as percepções dos alunos indicam boa aceitação da ferramenta, cuja flexibilidade pode ser útil também em cenário pós-pandemia, considerando o ensino híbrido.

Com a disponibilização da ferramenta desenvolvida em Código Aberto, espera-se a replicação e adaptação em outras instituições de ensino para apoio a atividades remotas de Eletrônica Analógica.

6. Referências Bibliográficas

BARROS, Daniela Melaré Vieira. Estilos de uso do espaço virtual: Como se aprende e se ensina no virtual?. **Revista Inter-ação**, p. 51-74, 2009.

GARCIA-ZUBIA, Javier et al. Empirical analysis of the use of the VISIR remote lab in teaching analog electronics. **IEEE Transactions on Education**, v. 60, n. 2, p. 149-156, 2016.

GUIMARÃES, Vinícyus Santos et al. Um Ambiente para as Práticas Laboratoriais de Física: Estudo do Pêndulo Matemático. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 21, n. 02, p. 78, 2013.

GUSTAVSSON, Ingvar et al. A flexible electronics laboratory with local and remote workbenches in a grid. **International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)**, v. 4, n. 2, p. 12-16, 2008.

HAYASHI, Victor Takashi; HAYASHI, Fabio Hirotsugu. LabEAD: Laboratório Eletrônico de Ensino à Distância durante o Distanciamento Social. In: **Anais do V Congresso sobre Tecnologias na Educação**. SBC, 2020. p. 21-30.

HAYASHI, Victor Takashi; HAYASHI, Fabio Hirotsugu; ARAKAKI, Reginaldo. LabEAD: Laboratório Interativo para o Ensino de Eletrônica durante a COVID-19. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 72600-72620, 2020.

JACQUES, Juliana Sales. Potencialidades dos REA no ensino-aprendizagem mediado por tecnologias em rede. **EaD em Foco**, v. 7, n. 1, 2017.

JUNIOR, Fretz Sievers; GERMANO, Jose Silvério Edmundo; DE OLIVEIRA, José M. Parente. WEBLAB–Um Ambiente de Laboratórios de Acesso Remoto Educacional. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. 2012.

MOORE, Michael G. et al. **Educação a distância: uma visão integrada**. Cengage Learning, 2007.

OLIVEIRA, Édison Trombeta de; PICONEZ, Stela Conceição Bertholo. Avaliação da educação superior nas modalidades presencial e a distância: análises com base no Conceito Preliminar de Cursos (CPC). **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 22, n. 3, p. 833-851, 2017.

PEREIRA, Josiel et al. Implantação e Utilização do Laboratório Remoto VISIR em Instituições de Ensino Técnico, Tecnológico e Superior. **Revista Tecnologias na Educação**, p. 1-10, 2018.

VIEGAS, Clara et al. Impact of a remote lab on teaching practices and student learning. **Computers & Education**, v. 126, p. 201-216, 2018.

ZEPKE, Nick; LEACH, Linda. Improving student engagement: Ten proposals for action. **Active learning in higher education**, v. 11, n. 3, p. 167-177, 2010.

Recebido em Dezembro 2020

Aprovado em Dezembro 2020