

# Uma proposta de melhoria dos Processos de Ensino Aprendizagem para Laboratórios Remotos

Javier Solis-Lastra<sup>1</sup>, Bruno Albertini<sup>1</sup>, Anarosa Brandão<sup>1</sup>

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

{jsolis, balbertini, anarosa.brandao}@usp.br

**Resumo.** *Os laboratórios são essenciais para o ensino de engenharia, sendo os Laboratórios Remotos um apoio no Processo de Ensino-Aprendizagem, permitindo acesso aos equipamentos de maneira remota. Uma revisão sistemática da literatura mostrou que existe um impacto positivo nos usos de laboratórios remotos, baseada na percepção dos alunos e professores, e nas notas dos alunos em alguns casos. No entanto, não foi possível encontrar evidências de adaptação das experiências ou métodos de ensino-aprendizagem presenciais para Laboratórios Remotos. Neste trabalho, pretendemos propor uma maneira de implementar Laboratórios Remotos que permite melhorar as competências em engenharia de acordo com o tipo do laboratório, usando teorias de aprendizagem e técnicas de Learning Analytics.*

## 1. Introdução

Os laboratórios são parte fundamental no ensino da engenharia, pois permitem que os alunos desenvolvam habilidades práticas, característica indispensáveis aos profissionais [Tho et al. 2017]. Nos últimos anos, devido ao avanço da tecnologia da informação, o acesso remoto a laboratórios, chamados de Laboratórios Remotos (LRs), têm sido implementados em algumas universidades ao redor do mundo [Alkhalidi et al. 2016, Mio et al. 2021]. Os LRs são laboratórios físicos que permitem a realização de experimentos reais acessados remotamente por um usuário via conexão à Internet [Hernández-de Menéndez et al. 2019], disponíveis 24 horas por dia, 7 dias por semana, não requerem a presença contínua de um professor ou técnico, podem ser compartilhados entre diferentes instituições, e nenhum espaço físico é necessário para acolher os alunos [Heradio et al. 2016].

## 2. Motivação

### Problema a ser resolvido (identificação)

Devido à pandemia de Covid 19, as instituições de ensino foram obrigadas a oferecer aulas online, inclusive os laboratórios. Isso motivou a rápida implementação de laboratórios online, que podem ser laboratórios virtuais, LRs, e híbridos, demonstrando as suas vantagens e limitações. Durante a pandemia, observou-se que por meio das LRs os alunos tiveram maior acesso à infraestrutura das instituições de ensino e por maior período de tempo, o que os levou a estarem mais preparados para as avaliações nas disciplinas correspondentes. Com o desejo de aproveitar ao máximo as vantagens dos LRs, foi analisada a possibilidade de implantação de LRs de forma mais estruturada, facilitando o desenvolvimento das atividades e seu aprimoramento.

Para conhecer mais sobre a implementação dos LRs e descobrir como impactam o ensino de engenharia, realizamos uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) [Solis-Lastra and Albertini 2021]. De acordo com os resultados da RSL, conclui-se que existe um impacto positivo do uso de LRs, mas há uma lacuna sobre uma forma padronizada para avaliar o impacto quantitativamente. Ademais, foram encontradas duas tendências importantes nos LRs para educação em engenharia: o uso de tecnologias escaláveis e arquiteturas rápidas de implantação. A integração com um *Learning Management System* (LMS) parece obrigatória quando os laboratórios fazem parte de um curso teórico ou querem implementar mais de um tipo de LR. Os objetivos de aprendizagem não parecem diferir dos tradicionais laboratórios e a maioria das implementações dos LRs fornecem acesso ao equipamento físico do laboratório presencial. Finalmente, não foi possível encontrar na RSL [Solis-Lastra and Albertini 2021] evidências de adaptação das experiências ou métodos de ensino-aprendizagem para LRs.

### **Objetivo da propostas - Contribuição**

Esta pesquisa de doutorado visa estudar e propor uma maneira de implementar LRs e melhorar o Processo de Ensino-Aprendizagem (PEA). Nesse sentido, inicialmente adaptaremos um laboratório físico para um ambiente remoto, criando um ambiente de aprendizagem e identificando os PEAs relacionados à este ambiente, para que posteriormente possam ser analisados os dados gerados pelas interações entre os usuários e o ambiente de aprendizagem. A análise permitirá a identificação de problemas na aprendizagem e deve proporcionar melhorias contínuas. Pretende-se realizar dois estudos de caso, para demonstrar a validade da proposta.

### **3. Formulação da questão de pesquisa**

Segundo a RSL [Solis-Lastra and Albertini 2021], existem estudos primários que evidenciam um impacto positivo do uso de LRs no ensino de engenharia. A maioria desses estudos são baseados em percepções dos alunos e alguns poucos nas percepções dos professores. Isto significa que os LRs estão sendo usados e poderiam ser utilizados para analisar os dados gerados pelas interações entre os usuários e o ambiente de aprendizagem, além da informação referente às notas dos estudantes, tempo de implementação, tempo de desenvolvimento das experiências de laboratório, etc. Segundo o indicado formulamos a questão de pesquisa: **é possível propor uma maneira sistemática de implementar laboratórios remotos com foco em melhorar seus processos de ensino-aprendizagem?**

### **4. Metodologia de Pesquisa**

Para atingir o objetivo previamente estabelecido, deve-se estudar os métodos de ensino-aprendizagem e como adaptá-los aos novos ambientes de aprendizagem, considerando quais resultados de aprendizagem se espera alcançar nos alunos. Considerando que existem diferentes LRs na área de engenharia, um padrão deverá ser tomado como ponto de partida. Diante do exposto, propõe-se fazer o seguinte:

1. Realizar uma revisão da literatura para levantar os diferentes métodos de ensino-aprendizagem para laboratórios, visando adaptá-los para LRs em engenharia.
2. Definir um padrão na implementação dos LRs em engenharia.
3. Propor um processo de ensino-aprendizagem para LRs.

4. Implementar um LR e armazenar os dados das iterações dos usuários com o ambiente de aprendizagem.
5. Analisar os dados das iterações.
6. Propor melhoras no processo ensino-aprendizagem.
7. Repetir de 4 até 6 para um segundo laboratório.
8. Generalizar e abstrair as atividades envolvidas nas implementações dos LRs.

## **5. Resultados Esperados**

Na presente pesquisa de doutorado, espera-se estabelecer um arcabouço (*framework*) de como implementar LRs em engenharia, considerando os resultados de aprendizagem. Detalhar as atividades envolvidas na implementação dos LRs, a integração aos equipamentos envolvidos, e como coletar métricas com um LMS. Além do mais, espera-se indicar diretrizes para a definição de elementos, indicadores ou métricas de aprendizagem nos ambientes de aprendizagem. Em função da revisão da literatura realizada no item 1 e da implementação de dois LRs, devemos identificar as diferentes teorias e processos de ensino-aprendizagem envolvidos, que servirão de base de conhecimento para que possam ser adaptados aos novos ambientes de aprendizagem de LRs.

## **6. Resultados Obtidos**

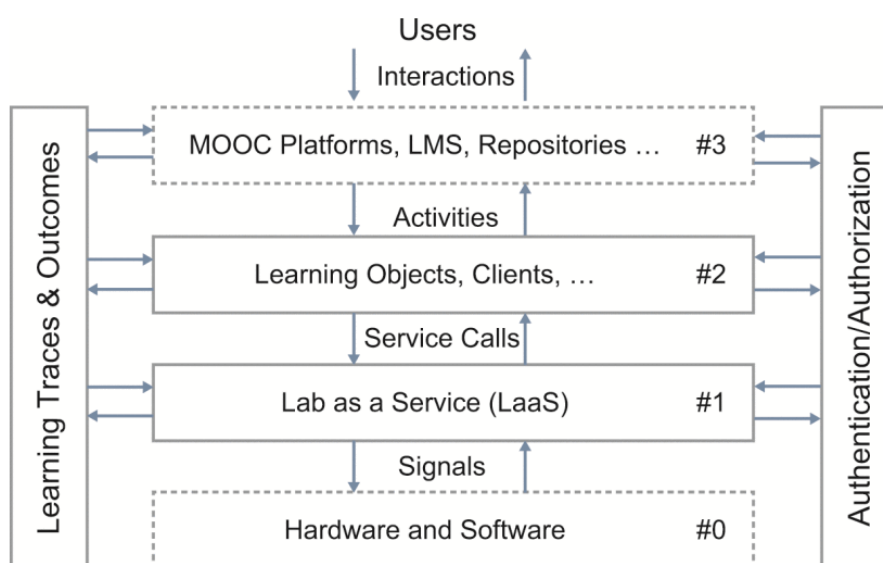
### **6.1. Revisão da literatura**

Conforme estabelecemos no método de pesquisa, inicialmente foi realizada uma revisão sistemática da Literatura (RSL) de LRs para engenharia [Solis-Lastra and Albertini 2021], analisando 31 artigos primários de 2013 até 2022, concluindo que nas implementações apresentadas nos artigos de RSL não havia evidências de desenvolvimento ou adaptação de métodos de ensino-aprendizagem para laboratórios remotos. Nesse sentido, passamos a procurar publicações sobre métodos de ensino-aprendizagem para laboratórios em geral, resultando em uma publicação com mais de 15 referências no Web-of-Science, orientada para o ensino de algoritmos [Botelho et al. 2016]. Um dos aspectos importantes deste artigo é a descrição de cada um dos 4 estágios do ciclo da teoria de Kolb, com a respectiva identificação dentro do processo de ensino-aprendizagem em um laboratório da disciplina de algoritmos. Outro aspecto importante do artigo é que ele indica qual é a base teórica do ciclo de Kolb, um modelo construtivista de aprendizagem. Desta maneira ficou claro que existem diferentes modelos ou teorias de aprendizagem, e que algumas estão sendo aplicadas no ensino de engenharia e seus laboratórios. Neste sentido, será necessário conhecer mais sobre as teorias de aprendizagem e como adaptar estes ambientes de acesso às RL e, principalmente, ao desenvolvimento das atividades correspondentes. O ponto de partida será a aplicação da teoria de Kolb para LRs

### **6.2. Padrão na implementação dos LRs**

Uma vez que se pretende estabelecer um padrão para a implementação dos LRs, realizamos uma RSL nos Laboratórios como um Serviço, ou com as siglas em inglês: *Laboratory as a Service* (LaaS). Os resultados da revisão foram publicados recentemente [Ramos et al. 2022]. O resultado é que atualmente existe uma grande quantidade de trabalhos sobre esta tecnologia, e que podemos usá-la para desenvolver laboratórios remotos ou virtuais em diferentes áreas para o ensino de engenharia.

Como o objetivo do nosso trabalho é restrito às áreas da engenharia, procuramos padrões referentes a laboratórios na ACM e IEEE, as duas principais associações que são referência no ensino de engenharia. Encontramos o padrão IEEE 1876-2019 [IEEEstd 2019]. Este padrão define métodos para armazenar, recuperar e acessar laboratórios online e dados associados como objetos de aprendizagem inteligentes e interativos. Na Figura 1 mostramos as camadas conceituais do padrão IEEE 1876-2019. Na primeira camada do padrão é possível vermos o *Lab as a Service*. LaaS refere-se ao laboratório como serviço, onde um laboratório é abstraído e disponibilizado remotamente através da Internet como um serviço. Um serviço representa, por exemplo, um sensor ou um atuador que é disponibilizado para o mundo exterior (ou seja, o cliente) através APIs (do inglês *Application Programming Interface*[IEEEstd 2019]).



**Figura 1. Camadas conceituais e informações normativas [IEEEstd 2019]**

O padrão prevê autenticação e autorização. Um usuário, após autenticado, tem acesso a todos os laboratórios (serviços) para os quais está autorizado. Os serviços do laboratório podem ter mecanismos de interação com o ambiente de aprendizagem, relatório de resultados e informações administrativas para a base de dados específica do laboratório online (LRS). Os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) que pretendemos construir levarão o padrão em consideração, de forma a coletar as interações entre os usuários e o ambiente de maneira estruturada para posterior análise usando *Learning Analytics*.

### 6.3. Proposta de um processo de ensino-aprendizagem para LRs

Com o objetivo de fazer uma proposta de melhoria contínua para os LRs, realizamos um mapeamento do processo de ensino-aprendizagem utilizado na educação em engenharia, conforme publicado academicamente. O resultado do mapeamento foi uma proposta de ensino-aprendizagem para LRs, que foi publicado recentemente em 2023 [Solis-Lastra et al. 2023]. O artigo relata os resultados de um mapeamento da literatura sobre o processos de aprendizagem envolvidos no ensino de engenharia, destacando as estratégias de aprendizagem ativa e o método de sala de aula invertida. Para finalizar, mapeamos como as universidades ou instituições de ensino superior elaboram seus planos pedagógicos ou currículos para programas acadêmicos, o que acreditamos ser importante

no momento de definir os resultados de aprendizagem nas disciplinas, porque estes estão diretamente relacionados aos objetos de aprendizagem.

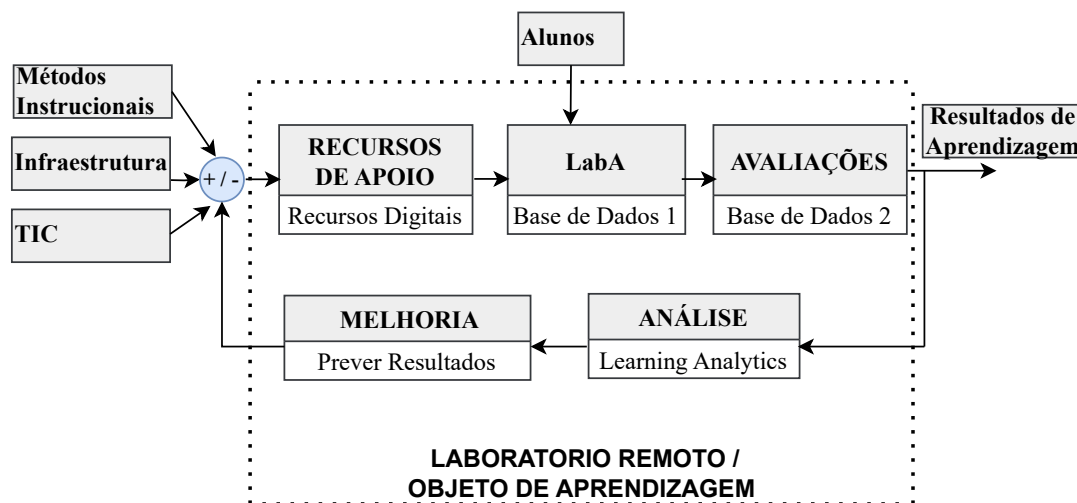


Figura 2. Proposta de um PEA para LRs adaptado de Solis-Lastra et al. 2013

Os fatores relativos à criação de um processo ensino-aprendizagem para LRs de acordo com o padrão IEEE 1873-2019 e seu aprimoramento foram propostos no artigo e são mostrados na Figura 2. As atividades de Laboratório (LabA) a desenvolver nos LRs foram concebidas para atingir um resultado de aprendizagem específico e no âmbito de um método ou teoria de aprendizagem, e limitado pelo ambiente virtual de aprendizagem. Uma vantagem dos LRs em relação aos laboratórios presenciais é que podem ser registrados as LabA e as interações realizadas pelos alunos e pelos AVAs, bem como seu desempenho, permitindo que sejam analisados individualmente ou em grupo.

#### 6.4. Implementar um LR e armazenar os dados das iterações

O primeiro LR implementado foi na Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Peru) no começo do ano 2021, para o laboratório de radiofrequência [Mio et al. 2021], com a limitação de não armazenar os dados das iterações para análise futura. No ano 2022 começamos de maneira integral e presencial a pesquisa sobre os métodos de ensino-aprendizagem para LRs, no programa de Doutorado da Escola Politécnica na Universidade de São Paulo, área de Engenharia de Computação. Está sendo construído atualmente um LR para a disciplina de Sistemas Digitais, seguindo o padrão IEEE 1876-2019, que conta com 30 bancadas de trabalho com placas FPGA e e que atende até 350 alunos de graduação em determinadas épocas do ano. Testes de acesso remoto foram realizados em placas FPGA, cujos resultados foram publicados e podem servir de inspiração [Abanto et al. 2022].

O projeto ainda esta na fase de elaboração da defesa da proposta de tese, buscando resultados iniciais mediante a implementação do LR para a disciplina de Sistemas Digitais, para validar a ideia a ser implementada.

## Referências

- Abanto, D., Carazas, V., Solis-Lastra, J., and Aramburu, C. (2022). Implementation of a web-based interface for remote access to a fpga board. In *2022 IEEE Engineering International Research Conference (EIRCON)*, pages 1–4.
- Alkhaldi, T., Pranata, I., and Athauda, R. I. (2016). A review of contemporary virtual and remote laboratory implementations: observations and findings. In *Journal of Computers in Education*, volume 3, page 329–351.
- Botelho, W. T., Marietto, M. D. G. B., Ferreira, J. C. D. M., and Pimentel, E. P. (2016). Kolb’s experiential learning theory and belhot’s learning cycle guiding the use of computer simulation in engineering education: A pedagogical proposal to shift toward an experiential pedagogy. *Computer Applications in Engineering Education*, 24(1):79 – 88. Cited by: 26.
- Heradio, R., de la Torre, L., and Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in control education: A survey. *Annual Reviews in Control*, 42:1–10.
- Hernández-de Menéndez, M., Vallejo Guevara, A., and Morales-Menendez, R. (2019). Virtual reality laboratories: a review of experiences. In *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, volume 3, pages 1955–2505.
- IEEEstd (2019). Ieee standard for networked smart learning objects for online laboratories. *IEEE Std 1876-2019*, pages 1–57.
- Mio, J. M., Espinoza, D. C., and Solis-Lastra, J. (2021). Implementation of remote access to a radiofrequency laboratory: A case of study. In *2021 IEEE Engineering International Research Conference (EIRCON)*, pages 1–4.
- Ramos, J. A. G., Albertini, B., and Solis-Lastra, J. (2022). A systematic literature review on laboratory as a service (laas). In *2022 IEEE XXIX International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*, pages 1–4.
- Solis-Lastra, J. and Albertini, B. (2021). A light systematic literature review on remote laboratories for engineering. In *2021 IEEE Sciences and Humanities International Research Conference (SHIRCON)*, pages 1–4.
- Solis-Lastra, J., Brandão, A. A. F., and de Carvalho Albertini, B. (2023). Teaching-learning process proposal for remote laboratories. In *2023 IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE)*, pages 1–6.
- Tho, S. W., Yeung, Y. Y., Wei, R., Chan, K. W., and So, W. W.-m. (2017). A systematic review of remote laboratory work in science education with the support of visualizing its structure through the histcite and citespace software. In *International Journal of Science and Mathematics Education*, volume 15, page 1217–1236.