

## USO DE *LEARNING ANALYTICS* EM LABORATÓRIOS REMOTOS PARA ANALISAR O DESEMPENHO EDUCACIONAL DOS ALUNOS

Graceline de Oliveira<sup>1</sup>;  
Solange Maria da Silva<sup>2</sup>;  
Cristiano José Castro de Almeida Cunha<sup>3</sup>;  
Juarez Bento da Silva<sup>4</sup>;  
João Bosco da Mota Alves<sup>5</sup>

**Abstract:** *This research aims to analyze studies available in the literature on the use of Learning Analytics in remote laboratories to verify the educational performance of students during their teaching practices. The methodology used is the integrative literature search carried out in the IEEE, SCOPUS, Web of Science databases. 14 of the 135 articles identified in the databases were selected. It is noticed that the use of Learning Analytics is associated with other resources, such as frameworks and Dashboard, Recommender Systems, xAPI and learning model by competences. It's verified that the Analytics used in access data to remote laboratories helps in understanding the learning performance in a simple and accessible way to improve its didactics and/or support students so that they reach their educational objectives.*

**Keywords:** *Learning Analytic; Remote Experiments; Learning Performance; Educational Performance.*

**Resumo:** Esta pesquisa tem por objetivo analisar estudos disponíveis na literatura sobre o uso de *Learning Analytics* em laboratórios remotos para verificar o desempenho educacional dos alunos, durante suas práticas didáticas. A metodologia utilizada é a pesquisa integrativa da literatura, realizada nas bases de dados *IEEE, SCOPUS, Web of Science*. Foram selecionados 14 dos 135 artigos, identificados nas bases de dados. Percebe-se que o uso de *Learning Analytics* está associado a outros recursos, como *Frameworks* e *Dashboard*, Sistemas de Recomendação, *xAPI* e modelo de aprendizagem por competências. Verifica-se que o *Learning Analytics*, utilizado em dados de acessos aos laboratórios remotos, auxilia na compreensão do desempenho de aprendizado, de forma simples e acessível, prestando suporte aos alunos, para que estes alcancem seus objetivos educacionais.

**Palavras-chave:** *Learning Analytics, Experimentos Remotos, Desempenho de Aprendizagem, Desempenho Educacional.*

---

1 Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) Florianópolis–Brasil. ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-8442-2598>. e-mail: [gracedeoliveira@gmail.com](mailto:gracedeoliveira@gmail.com).

2 Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) Florianópolis–Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1925-1366>. e-mail: [solange.silva@ufsc.br](mailto:solange.silva@ufsc.br)

3 Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) Florianópolis–Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8459-6045>. e-mail: [01cunha@gmail.com](mailto:01cunha@gmail.com).

4 Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) Florianópolis–Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5604-0576>. e-mail: [juarez.silva@ufsc.br](mailto:juarez.silva@ufsc.br).

5 Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) Florianópolis–Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7596-3416>. e-mail: [joao.bosco.mota.alves@ufsc.br](mailto:joao.bosco.mota.alves@ufsc.br).

**Resumen:** Esta investigación tiene como objetivo analizar los estudios disponibles en la literatura sobre el uso de Learning Analytics en laboratorios remotos para verificar el desempeño educativo de los estudiantes durante sus prácticas docentes. La metodología utilizada es la búsqueda bibliográfica integradora realizada en las bases de datos IEEE, SCOPUS, Web of Science. Se seleccionaron 14 de los 135 artículos identificados en las bases de datos. Se advierte que el uso de Learning Analytics está asociado a otros recursos, como frameworks y Dashboard, Sistemas de Recomendación, xAPI y modelo de aprendizaje por competencias. Se verifica que la Analítica utilizada en el acceso de datos a laboratorios remotos ayuda a comprender el desempeño del aprendizaje de una manera sencilla y accesible para mejorar su didáctica y/o apoyar a los estudiantes para que alcancen sus objetivos educativos.

**Palabras clave:** Analítica de aprendizaje, Experimentos remotos, Rendimiento de aprendizaje, Rendimiento educativo.

## 1 INTRODUÇÃO

Os ambientes de experimentação remota ou laboratórios remotos online representam excelentes ferramentas para práticas didáticas, de diferentes conteúdos e de diversas áreas de conhecimento, que podem ser executadas por meio da internet, em qualquer dia e horário, e sem a necessidade de ambientes físicos ou disponibilidade de equipamentos e componentes.

Como descrito por Silva et al. (2020), os laboratórios remotos são experimentos reais compostos por equipamentos de *hardware* reais, que estão localizados em ambientes diferentes do qual o aluno se encontra e, que podem ser acessados por meio da internet. Desta forma, os laboratórios remotos favorecem uma aprendizagem mais flexível no que diz respeito ao tempo, local e ritmo do aluno, isto significa que a atividade pode ser realizada conforme a disponibilidade de horário do aluno, bem como, proporcionar a sua autoaprendizagem (Galán et al., 2018).

Diante do propósito positivo dos laboratórios remotos, estes vêm se popularizando e projetos envolvendo estes recursos têm sido desenvolvidos em diversos níveis educacionais, tais como ensino fundamental, médio e ensino superior, além de disciplinas das áreas da ciência, engenharia e tecnologia (Antonio et al., 2016; Simão et al., 2016; Zubía & Alves, 2011; Marques et al., 2014).

No entanto, recursos, ferramentas e aplicações são constantemente implementados nas plataformas de experimentos remotos para oferecer aos alunos e professores informações mais concisas sobre o desempenho de aprendizagem e demais informações sobre a utilização destes ambientes. O uso de técnicas específicas que permitem analisar as interações dos alunos com recursos e ambientes educacionais online, que são utilizados durante o processo de aprendizagem, é essencial para determinar o grau de proficiência destes alunos. Uma das

áreas de pesquisa mais empregadas para estes tipos de aprendizagem é o *Learning Analytics*, que tem por finalidade perceber e organizar a informação existente para possibilitar a extração do conhecimento útil, ao longo do processo de ensino e aprendizagem (Elias, 2011; Johnson et al., 2011).

A implementação do *Learning Analytics* em sistemas de aprendizagem pode ser realizada a partir da coleta de dados. Estes dados são importantes para medir, analisar e descrever os alunos, com o objetivo potencializar seu aprendizado (Clemente et al., 2017). A utilização da *Learning Analytics* compreende a aplicação de técnicas de mineração de dados para criação de um paradigma analítico, o qual fornece informações referentes ao processo de aprendizagem, que possibilitam um aprendizado eficaz por meio de mediação pedagógica efetiva (Clow, 2013).

Em laboratórios remotos, a aplicação de técnicas de *Learning Analytics* pode acontecer de diversas formas. O uso de dados relativos às interações nestes ambientes pode ocorrer pela extração estatística da interação dos alunos com os laboratórios remotos, referentes ao tempo gasto, assim como, na distribuição do tempo na atividade por usuário e nas as configurações diferentes para cada usuário (Cuadros et al., 2015; Orduna et al., 2014; Orduna et al., 2014).

A partir da aplicação de técnicas de *Learning Analytics* é possível apresentar uma visão geral do progresso do aluno, ao utilizar os laboratórios remotos no processo de aprendizagem com a criação de *Dashboards*, que facilitam a visualização de métricas, por meio de gráficos, diagramas e/ou histogramas (Garcia-Zubia et al., 2019; Tobarra et al., 2014). Além disso, outras abordagens podem ser empregadas para observar o desempenho dos alunos, como o desenvolvimento de modelos de avaliação automática e sistemas de recomendação, entre outros, que podem interpretar o resultado da atividade em tempo real e aperfeiçoar o desempenho do aluno durante o uso do laboratório remoto (Romero & Ventura, 2007; Gonçalves et al., 2018; Considine, Nedic & Nafalski, 2019).

Sendo assim, esta pesquisa tem por objetivo analisar estudos disponíveis na literatura no que se refere ao uso de *Learning Analytics* em laboratórios remotos, e demais ferramentas aplicadas, para apresentar informações pertinentes sobre o desempenho educacional dos alunos.

## 2 MÉTODO

Este estudo compreende uma revisão integrativa da literatura. De acordo com Torraco (2005, p. 356), “A revisão integrativa da literatura é uma forma de pesquisa que revisa, critica

e sintetiza a literatura representativa sobre um tema de forma integrada, de modo que novas estruturas e perspectivas sobre o tema sejam geradas”. Neste sentido, esta pesquisa foi desenvolvida conforme as seguintes etapas: identificação do tema, amostragem (estudos selecionados), análise dos estudos incluídos, discussão e interpretação dos resultados dos estudos apresentados neste trabalho.

Para identificação das publicações referentes ao tema desta pesquisa, foram utilizadas as bases de dados online *IEEE*, *SCOPUS* e *WEB OF SCIENCE*. A estratégia de busca foi formulada com as palavras-chave “*Learning Analytics*”, “*Remote Laboratories*” e “*Remote Experimentation*” combinados com operadores booleanos “*AND*” e “*OR*”, adaptados para pesquisar em cada base de dados. A estratégia de busca utilizada em cada base de dados está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 - Estratégia de busca nas bases de dados online

Base de dados	Estratégia de busca	Nº de estudos identificados
<i>IEEE</i>	("Full Text & Metadata": "Learning analytics") AND ("Full Text & Metadata": "Remote laboratories") OR ("Full Text & Metadata": "Learning analytics") AND ("Full Text & Metadata": "Remote Experimentation")	80 publicações
<i>SCOPUS</i>	(TITLE-ABS-KEY ("Learning analytics") AND TITLE-ABS-KEY ("Remote laboratories") OR ("Remote Experimentation" ) ) )	37 publicações
<i>WEB OF SCIENCE</i>	"Learning analytics" TODOS OS CAMPOS AND ("Remote laboratories") OR ("Remote Experimentation")	18 publicações

Fonte: Elaborado pelos Autores (2022).

Após a inserção de todas as publicações em arquivos de PDF, foi efetuada a leitura do título e do resumo para verificar se os estudos atendiam aos critérios desta revisão integrativa. Convém ressaltar, que foram considerados estudos relevantes e elegíveis, aqueles estudos que incluem o *Learning Analytics* aplicado em laboratórios remotos para coleta e análise dos dados e apresentação de resultados credíveis, e sem limitação de período que estes estudos foram desenvolvidos.

Em seguida, foi realizada a leitura na íntegra das publicações consideradas elegíveis para conhecimento de seu conteúdo e confirmação de elegibilidade, de acordo com os critérios estabelecidos para o tema. A pergunta norteadora desta revisão integrativa corresponde a: Como ocorre o uso de *Learning Analytics* em laboratórios remotos para analisar o desempenho educacional dos alunos?

A busca nas bases de dados online foi realizada entre os dias 22 e 24 de junho de 2022. As publicações selecionadas incluíam estudos que abordam, essencialmente, o uso da

*Learning Analytics* em laboratórios remotos online com objetivo de apresentar dados referentes ao desempenho dos alunos, ao acessar estes recursos e realizar as práticas didáticas.

Foi identificado um total de 135 publicações nas bases de dados, das quais 61 foram excluídos por serem duplicados nas três bases de dados, resultando em 74 estudos. Com a leitura do título e do resumo, 50 publicações foram excluídas por não atenderem aos critérios de elegibilidade desta revisão. Das 24 publicações elegíveis para a revisão, por meio da leitura dos textos na íntegra, 14 foram incluídas por apresentarem estudos relevantes quanto ao tema desta pesquisa.

Os dados desta pesquisa foram analisados de modo qualitativo, onde as publicações de artigos, que contêm evidências de estudos relevantes, foram apresentadas de forma descritiva. Na etapa de avaliação crítica dos artigos, priorizaram-se os recursos desenvolvidos para o propósito, analisar o desempenho dos alunos ao utilizar os laboratórios remotos, bem como a qualidade dos métodos utilizados por meio da leitura integral nesta amostra final de estudos. Os resultados são apresentados e comentados nas próximas seções.

### 3 RESULTADOS

Esta revisão integrativa analisou 14 publicações que identificaram estudos referentes ao uso de *Learning Analytics* em laboratórios remotos online com objetivo de analisar o desempenho do aprendizado dos alunos. Estes estudos foram publicações entre 2014 e 2022, no idioma inglês, em periódicos internacionais com autores de países diferentes, como Portugal, Brasil, Espanha, Alemanha, Países Baixos, Austrália, França e Escócia. A análise destas publicações permitiu caracterizar como a *Learning Analytics* está sendo utilizado em laboratórios remotos, a partir dos dados coletados de acessos a estas plataformas por alunos para efetuar as práticas didáticas.

Entre as principais aplicações de *Learning Analytics* em laboratórios remotos, os estudos demonstraram que os dados coletados dos acessos dos alunos a estes ambientes de aprendizagem podem ser utilizados para desenvolvimentos de sistemas de recomendação, para auxiliar os alunos em suas atividades didáticas em laboratórios remotos ou para obter avaliações personalizadas, quando da manipulação destes recursos.

Além disso, estudos sugerem o desenvolvimento de *frameworks* para análise de aprendizagem e que podem ser exportados para diferentes plataformas, por meio de um painel baseado em *gadget*. Assim como, o desenvolvimento de *Dashboards* ou painel de *Learning Analytics* podem possibilitar a especificação de quais informações podem ser extraídas e,

demonstrar como o uso de um sistema de gerenciamento de laboratórios remotos favorecem o acompanhamento do desempenho dos alunos e auxiliar em duas dificuldades de aprendizado.

A *Learning Analytics*, como relatado pelos estudos selecionados, pode ser utilizada para identificar a rede social que é criada pelas interações dos alunos em laboratórios remotos. Alguns estudos destacam que um Modelo de Aprendizagem de Competências (UD-LM) pode ser criado com aplicação de técnicas de *Learning Analytics* e inseridos em laboratórios remotos, como o *VISIR* através do *WebLab-Deusto*. Do mesmo modo, estudos sugerem um modelo para registro de experiência de aprendizagem em ambientes de laboratórios remotos, baseados na especificação *Experience API (xAPI)*, uma experiência de aprendizagem registrada em uma declaração com uso de vocabulário previamente definido.

Outros estudos destacam a proposta de desenvolvimento de um sistema de tutoria inteligente baseado em *Learning Analytics* para melhorar os resultados de aprendizagem dos alunos, a integração de uma abordagem holística com laboratórios remotos no processo educacional, com aplicação de métodos de *Learning Analytics* em bancos de dados e armazenamento das atividades de aprendizagem durante as atividades no processo educativo.

As publicações comprovam que os métodos ou técnicas de *Learning Analytics* são empregados por meio da mineração de dados de acessos de laboratórios remotos online para favorecer a apresentação de informações sobre o desempenho dos alunos a partir da integração ou desenvolvimento de outras ferramentas como *Frameworks*, *xAPI* ou *Dashboards*, entre outros. A tabela 2 apresenta a amostra das publicações inclusas nesta revisão integrativa, organizadas pela identificação (autores e ano), título e proposta do estudo.

Tabela 2 - Síntese das publicações incluídas que compõem a amostra final desta revisão integrativa.

Identificação	Título	Proposta do estudo
Gonçalves et al. (2018a).	<i>Remote Experimentation supported by Learning Analytics and Recommender Systems</i>	Um processo de análise de aprendizagem e sistemas de recomendação para sugestões de atividades no experimento remoto <i>VISIR</i> .
Gonçalves et al. (2018b).	<i>Personalized Student Assessment based on Learning Analytics and Recommender Systems</i>	Apresenta um processo baseado em análise de aprendizagem e sistemas de recomendação para avaliação personalizada.
Gonçalves et al. (2018c).	<i>Learning Analytics and Recommender Systems toward Remote Experimentation</i>	Propor um processo baseado em <i>Analytics Learning</i> e Sistemas de Recomendação para auxiliar os alunos em suas atividades.
Manske et al. (2014).	<i>A Flexible Framework for the Authoring of Reusable and Portable Learning Analytics Gadgets</i>	Propor uma estrutura para criar componentes de análise de aprendizagem portáteis e reutilizáveis, com uso <i>gadget</i> .
Orduña et al. (2014).	<i>Learning Analytics on federated remote laboratories: tips and</i>	Novo <i>dashboard Learning Analytics</i> do <i>WebLab-Deusto</i> , detalhando quais informações

	<i>techniques</i>	
Romero et al. (2015).	<i>Automatic Assessment of Progress Using Remote Laboratories.</i>	podem ser extraídas, a partir de protocolos de federação. Modelo de avaliação automática para o desenvolvimento de competências usando experimento remoto <i>VISIR</i> , baseado em técnicas de análise de aprendizagem.
Simão et al. (2018).	<i>Model for Recording Learning Experience Data from Remote Laboratories Using xAPI</i>	Propor um modelo para registro de experiências de aprendizagem em laboratórios remotos, baseado na especificação <i>xAPI</i> .
Teng et al. (2016).	<i>Current and Future Developments in the Remote Laboratory NetLab.</i>	Proposta de desenvolvimento de um sistema de tutoria inteligente baseado na análise de aprendizagem para melhorar os resultados de aprendizagem e a retenção de alunos.
Tobarra et al. (2014).	<i>Integrated Analytic Dashboard for Virtual Evaluation Laboratories and Collaborative Forums</i>	<i>Dashboard</i> para analisar o progresso e aprendizagem colaborativa com um sistema de avaliação automática, <i>AutoEvaluation System</i> .
Tulha, Carvalho e Castro (2022).	<i>LEDA: A Learning Analytics Based Framework to Analyze Remote Labs Interaction.</i>	Desenvolver um <i>framework</i> educacional de mineração de dados baseado em intervenções de <i>Learning Analytics</i> , denominado <i>LEDA</i> .
Venant, Vidal e Broisin (2016b).	<i>Evaluation of Learner Performance during Practical Activities: Experimentation in Computer Education.</i>	Análise de aprendizado para conscientização do aluno em laboratórios remotos, para fornecer autoconsciência social. Uso de uma métrica, com um <i>framework</i> em uma estrutura <i>xAPI</i> .
Venant, Vidal e Broisin (2016a).	<i>Learning Analytics for Learner Awareness in Remote Laboratories Dedicated to Computer Education.</i>	Proposta de uma métrica relacionada à correção técnica das instruções, com estrutura genérica de análise de aprendizagem, para inferir indicadores e duas ferramentas de visualização distintas.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2022).

## 4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta pesquisa sintetizou o uso de *Learning Analytics* em laboratórios remotos online para analisar o desempenho educacional dos alunos, conforme as informações de acessos disponíveis nestes ambientes, para auxiliar os docentes no acompanhamento didático e melhorar as estratégias, com base nas dificuldades de seus alunos, para otimizar a aprendizagem. Percebe-se, tendo como base os estudos incluídos nesta revisão, que outras ferramentas e recursos são empregados juntamente com *Learning Analytics* para propor uma coleta e análise de dados e apresentação dos resultados de forma mais acessível e clara, como o desenvolvimento de *frameworks*, *Dashboard*, *Experience API*, Sistemas de Recomendação, Modelo de Aprendizagem por Competências e Sistema de Tutoria Inteligente.

Uma das formas para apresentação de informações consistentes sobre o desempenho dos alunos, ao utilizarem os experimentos remotos, baseia-se em recursos ou ferramentas

criados e implementados para expor métricas com base na análise dos dados coletados em plataformas de experimentação remota. Uma métrica de desempenho, como afirmam Venant, Vidal and Broisin (2016), está fundamentada na avaliação de interações que pode auxiliar na análise de como os alunos interagem com os ambientes de experimentação para realizar as práticas com uso dos experimentos remotos. Desta forma, os professores podem ter conhecimento do nível de desempenho do grupo de alunos, para que seja possível ajustar as metas de aprendizagem da atividade prática. Esta informação pode ser ilustrada por meio de representação gráfica do progresso de cada aluno.

Os *frameworks* representam recursos que podem ser implantados em ambientes dos laboratórios remotos para facilitar a visualização das métricas de desempenho das atividades práticas realizadas. Como descrevem Venant, Vidal and Broisin (2016), um *framework* tem por finalidade gerar declarações *xAPI* baseadas nas diferentes fontes de dados de um ambiente de laboratórios remotos e com suporte para enriquecimento com indicadores inferidos. Os *frameworks* podem ser implementados no lado do cliente e, assim, favorecer a computação distribuída e evitar o envio de dados sensíveis para avaliar métricas relacionadas.

O *framework* proposto por Venant, Vidal e Broisin (2016) objetiva uma métrica com base nas ações produzidas pelos alunos, no decorrer de uma sessão com uso dos laboratórios remotos no ambiente do *Lab4CE*. Este *framework* sugere um modelo de rastreamento para registro da métrica com relação à especificação *xAPI* e, em seguida, avaliar o nível de desempenho dos alunos ao realizarem as atividades. Neste sentido, esta ferramenta permite a comparação de desempenho nas atividades e, assim, disponibiliza aos alunos a percepção sobre seu próprio desempenho e de seus colegas, para que tenham a oportunidade de continuar se concentrando e evoluindo nas atividades práticas de aprendizagem.

O *Laboratory Experimentation Data Analysis (LEDA)* representa outro exemplo de *framework* proposto para aplicação em um conjunto de dados de laboratórios remotos, inicialmente estáticos (que não acontece em tempo real, mas em banco de dados pré-existente). O *LEDA* verifica o armazenamento e a estrutura de dados para definir que tipo de informação será manipulada. Para sua aplicação foi solicitada autorização para manipular dados armazenados em duas plataformas de laboratórios remotos online: (1) *WebLab-Deusto* da *DEUSTEK* e (2) Ambiente de Aprendizagem com Experimentos Remotos (RELLE) do Laboratório de Experimentação Remota (RexLab) (Tulha, Carvalho & Castro, 2022).

Deste modo, a partir dos dados do sistema de gerenciamento remoto do laboratório, o *framework LEDA* organiza suas métricas para analisar os dados coletados. Como cada experimento remoto tem sua especificidade e número de sensores e atuadores diferentes, o

*LEDA* apresenta informações como: identificação dos alunos e experimentos, ações realizadas pelos alunos (cliques, número de componentes controlados, tempo gasto na atividade, entre outros), e atividade do aluno (saídas da atividade) (Tulha, Carvalho & Castro, 2022).

Entre os principais benefícios do *Learning Analytics* está a exposição e contextualização das informações de dados, antes inexplorados em dados educacionais, e, prepará-los para que professores e alunos façam uso melhor destes dados. Com base nas suas funcionalidades, cada laboratório remoto gerencia, no mínimo, um subconjunto dos seguintes recursos: autenticação, autorização, agendamento de usuários (para acessos exclusivos), que geralmente utilizam o sistema de fila ou agendamento com base em um calendário, rastreamento de usuários e ferramentas de administração (Orduña et al., 2014).

Estes recursos e informações podem ser estruturados com implementação de um painel administrativo (*Dashboard*) em ambientes de experimentação remota. Um *Dashboard* contém as informações da utilização dos laboratórios remotos pelos alunos, onde os professores podem verificar, por meio de filtros, as datas de uso, os usuários, origem destes acessos (endereço de *IP* ou laboratório), assim como, outras informações que estas ferramentas oferecem (Orduña et al., 2014).

Além disso, o *Dashboard* também permite ao professor verificar se os alunos estão acessando o experimento remoto a partir do mesmo *IP*, em curto período de tempo, e se os alunos enviam os mesmos arquivos ao sistema, uma vez que os arquivos contêm um carimbo de data e hora e nome do arquivo, demonstrando que os alunos estão interagindo com o ambiente de experimentação. Gráficos podem ser produzidos de forma automática com *Dashboards*, para verificar conexões implícitas entre os alunos (Orduña et al., 2014).

Tobarra et al. (2014) apresentam um *Dashboard Learning Analytics* com uso de um sistema de avaliação automática, nomeado *AutoES (AutoEvaluation System)*, objetivando a análise do desenvolvimento dos alunos e sua aprendizagem colaborativa. O sistema deste *Dashboard* tem integradas informações quantitativas e qualitativas para que os professores consigam observar a evolução experimental e colaborativa dos alunos, enquanto realizam as práticas didáticas durante o processo de avaliação. Do mesmo modo, permite aos alunos realizar autoavaliações das atividades didáticas, como também, o sistema consegue resolver todos os erros que ocorrem nas atividades praticadas ou apresentar notas das atividades, por meio das configurações do sistema.

A implementação do *Learning Analytics* para coleta de dados em sistemas de aprendizagem são fundamentais para medir, analisar e relatar as atividades dos alunos, com o objetivo de aprimorar seu aprendizado. Neste sentido, as indústrias e entidades, como os

grupos IEEE: P1876 (*Networked Smart Learning Objects for Online Laboratories*) e ADB (Livro de dados acionável de conexões), recomendam a utilização da especificação *Experience API*, com o propósito de registrar experiências quando intermediadas por ferramentas tecnológicas (Simão et al., 2018).

A *Experience API* produz um padrão para coletar dados referentes a atividades de experiência de aprendizado e pode ser aplicado para coleta de atividades distribuídas (formais e informais) e dar suporte à padronização, facilitando conhecer o comportamento de aprendizagem e possibilitando a formalização, armazenamento, assim como resgatar a experiência de aprendizagem em ambientes de laboratórios remotos. Como também, permite que os dados armazenados possam ser usados pelos professores para acompanhamento da evolução dos alunos em disciplinas ou atividades específicas, tornando mais fácil a avaliação destes alunos e do recurso educacional (Simão et al., 2018).

Uma vez que os acessos aos laboratórios remotos geram dados resultantes da interação dos alunos com estes recursos, podendo ser coletados e analisados por meio de sistemas *e-learning*. Entre as novas ferramentas que podem promover suporte a estes sistemas, têm-se as áreas de *Learning Analytics* (LA) e *Recommender Systems* (RS) ou, em português, Sistemas de Recomendação (Gonçalves et al., 2018a).

Um sistema pautado em *Learning Analytics* e Sistemas de Recomendação podem auxiliar os alunos em suas práticas didáticas em laboratórios remotos, com base em dois princípios: (1) Coleta de dados referente à interação dos alunos com os experimentos remotos e análise destes dados que fornecem informações e insights aos docentes; e (2) Melhorar o desempenho dos alunos nas atividades de aprendizagem por meio da criação de recomendações com base nestas análises (Gonçalves et al., 2018a; Gonçalves et al., 2018c).

Os laboratórios remotos representam um ambiente propício para algumas áreas, como *Learning Analytics* e Sistemas de Recomendação, pois a implantação de sistemas online de aprendizagem fornece dados gerados pela interação dos alunos com estes ambientes de experimentação, que podem ser coletados e analisados (Gonçalves et al., 2018a). Portanto, a partir da análise de dados produzidos pelos acessos aos ambientes de experimentos remotos, um sistema de recomendação pode ser oportuno, tanto para os usuários, quanto para os laboratórios onde estão estes experimentos, uma vez que pode criar recomendações para auxiliar na realização das atividades didáticas com uso dos experimentos remotos (Gonçalves et al., 2018a; Gonçalves et al., 2018b; Gonçalves et al., 2018c).

Outra técnica desenvolvida, seguindo as etapas do processo de *Learning Analytics*, refere-se aos modelos de aprendizagem por competências, para coleta automática de dados de

interações com laboratórios remotos. Romero et al. (2015) expõem um modelo de aprendizagem por competências que coleta, de forma automática, os dados da interação de alunos e professores com os laboratórios remotos disponíveis no *WebLab-Deusto*. Após o pré-processamento dos dados, os dados desnecessários são excluídos e o projeto do experimento remoto é isolado de informações adicionais. Esta técnica permite diferenciar as atividades dos professores das atividades dos alunos, expondo, assim, a comparação entre componentes dos laboratórios remotos e relatórios complementares sobre o progresso dos alunos.

Como resultado final desta proposta, têm-se a contribuição para o processo de ensino e aprendizagem na plataforma de laboratórios remotos *WebLab-Deusto*, uma vez que fornece aos professores informações importantes para avaliar o conhecimento e evolução dos alunos e, auxilia nas melhorias de seu processo de ensino, bem como, os alunos têm disponível um recurso para autoavaliação de seus conhecimentos e competências (Romero et al., 2015).

Os ambientes de experimentação remota permitem que os alunos acessem e realizem suas práticas a qualquer dia e horário. Mesmo com o apoio da equipe destes laboratórios, torna-se difícil um tutor humano estar presente o tempo todo em todos os acessos. Desta forma, os sistemas de tutores inteligentes podem oferecer um programa que exerça a função de um tutor humano, auxiliando os alunos em seus estudos (Teng et al., 2016).

Os modelos de tutor em ambientes de laboratórios remotos podem conduzir os alunos para o raciocínio correto a partir de um erro conhecido. Deste modo, ao errar a resposta, o sistema faz outra pergunta com foco mais restrito. À medida que os alunos respondem a estas perguntas orientadoras, os erros cometidos são visualizados e contribuem para correção dos processos de raciocínio para obter a solução correta (Teng et al., 2016).

Para execução destes processos de raciocínio, o desenvolvimento do sistema tutor inteligente é inicializado a partir da coleta e análise das transcrições das sessões de tutoria entre alunos e um tutor experiente, para a identificação dos principais erros que surgem nas respostas dos alunos e os erros de raciocínio que ocasionam estes erros (Teng et al., 2016).

O desempenho de aprendizagem dos alunos durante o processo de aprendizagem com uso de laboratórios remotos pode ser observado por uma abordagem holística. Essa abordagem, incorporada em ambientes de experimentação remota, concentra-se na avaliação diagnóstica (utilizada como pré-avaliação), formativa (acontece no decorrer do processo educacional) e somática (analisa somente o resultado final da aprendizagem) para dar suporte ao processo de aprendizagem (Wuttke, Hamann & Henke, 2015).

Uma avaliação com uso da abordagem holística tem por finalidade identificar o nível de conhecimento que o aluno atingiu ao longo do processo educacional, no que se refere a

taxonomias de habilidades conhecidas, como a taxonomia de Bloom, que pode ter objetivos relativos à mesma. O nível de habilidades de pensamento cresce com cada um dos objetivos, além disso, a aplicação desta taxonomia compreende perguntas de múltipla escolha e animações interativas (Wuttke, Hamann & Henke, 2015).

Com base nos testes da abordagem holística realizados por Wuttke, Hamann and Henke (2015), os alunos conseguem obter um feedback preciso no que se refere aos seus pontos fortes, fracos ou erros. Nestes testes, os métodos de *Learning Analytics* são empregados a um banco de dados e, posteriormente, as atividades de aprendizagem dos alunos são armazenadas, enquanto estão efetuando suas práticas online no processo educacional.

As técnicas do *Learning Analytics* podem ser empregadas para análise de Redes Sociais e, como resultado, têm-se a identificação de quatro áreas principais de aprendizagem: (1) Visualização de Rede; (2) Análise de Rede; (3) Simulação e, (4) Intervenções de Rede. A construção das redes sociais pode ser proveniente de uma perspectiva sociocêntrica, com uso de dados gerados pelos arquivos de *log* e interações do fórum, assim como, na perspectiva egocêntrica, produzindo a rede social, com base nas interações descritas pelos alunos. Deste modo, a análise da rede social produzida pelas interações dos alunos é disponibilizada aos professores, assim como, estes professores recebem esclarecimentos de como podem utilizar essa informação para conhecer a dinâmica social de cada aula ou curso (Orduña et al., 2014).

A inserção de um pequeno aplicativo, denominado *Gadget*, em um sistema *web* pode contribuir para a criação de *Dashboards* que auxiliam os professores no monitoramento ou análise dos processos de aprendizagem, de forma mais eficaz (Manske et al., 2014).

Em uma interface de aplicação *Web*, um *gadget*, quando inicializado, aciona a execução de trabalho que motiva a geração de recursos de visualização, que são utilizados em seu contexto de renderização e, tem-se a criação dinâmica da visualização de resultados analíticos que executa o fluxo de trabalho, ao invés de apresentar somente resultados estáticos e pré-calculados. Neste cenário, é possível atualizar os resultados apenas repetindo a execução do fluxo de trabalho analítico no servidor da plataforma (Manske et al., 2014).

Um dos portais mais conhecidos com experimentos remotos online, o portal *Go-Lab*, apresenta painéis analíticos, que permitem resoluções baseadas em mais informações, que são resultados da distribuição de diferentes gadgets em um único sistema *web*. O portal *Go-Lab* pode ter as informações dos acessos dos alunos por meio de análise de log, com uso de recursos como o *Workbench*, o qual tem suporte ao formato *Activity Streams* baseado em *JSON3*, utilizado em plataformas compatíveis com *OpenSocial*. Os fluxos das atividades

nestas plataformas estão fundamentados em uma representação “ator-verbo-objeto-alvo”, que caracteriza as informações referentes sobre a quem faz o quê, com qual objeto e em qual artefato (Manske et al., 2014).

Ressalta-se que a maioria dos estudos analisados destaca o uso de *Learning Analytics* com outros recursos para melhorar os resultados finais, buscando apresentar informações mais precisas e úteis para as partes interessadas, alunos e professores. Assim como, observou-se as plataformas de laboratórios remotos que implementaram o *Learning Analytics*, com auxílio de outras técnicas, têm obtidos resultados favoráveis e benéficos, pois seus usuários têm um feedback confiável, que motiva o contínuo uso dos laboratórios remotos.

## 5 CONCLUSÃO

Esta pesquisa sintetizou os estudos relacionados com o uso de *Learning Analytics* em laboratórios remotos para verificar o desempenho educacional dos alunos e, pode-se concluir que entre os principais resultados presentes nestas publicações têm-se o desenvolvimento de *frameworks*, sistemas de recomendação, *Dashboards*, *xAPI* e modelo de aprendizagem por competências.

Destaca-se que laboratórios remotos disponíveis em diversos ambientes online de aprendizagem implementaram estes recursos e, foi possível observar que os resultados são relevantes e contribuem e auxiliam os alunos a conhecerem e realizarem sua autoavaliação, assim como, facilita o acompanhamento do progresso de aprendizagem dos alunos por parte dos professores, com intuito de melhorar os métodos didáticos e dar suporte para os alunos com dificuldades em seu aprendizado.

Assim sendo, percebe-se que implementação de *Learning Analytics* em laboratórios remotos é necessária e determinante para a apresentação de informações dos acessos e atividades didáticas executadas nestes ambientes, seja por meio de relatórios ou gráficos de modo simples, acessível e eficaz sobre o desempenho de aprendizagem dos alunos.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

Antonio, C. P., Lima, J. P., Alves, J. B., Silva, J. B., & Simão, J. P. (2016). Merging a Remote Microscope and Virtual Worlds: Teaching Kingdom Plantae on Basic Education.

- International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE), 12(04), pp. 27–29. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v12i04.5095>
- García Clemente, F.J., de la Torre, L., Dormido, S., Salzmann, C., Gillet, D. (2018). Collecting Experience Data from Remotely Hosted Learning Applications. In: Auer, M., Zutin, D. (eds) Online Engineering & Internet of Things. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 22. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-64352-6\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-319-64352-6_17)
- Clow, D. (of learning 2013). An overview analytics. Teaching in Higher Education, 18(6), 683-695. doi:10.1080/13562517.2013.827653.
- Considine, H., Nedic, Z., & Nafalski, A. (2019). Automation of basic supervision tasks in a remote laboratory-case study netlab. Paper presented at the 5th Experiment at International Conference, exp.at 2019.
- Cuadros, J., Gonzalez-Sabate, L., Romero Yesa, S., Guenaga, M., Garcia-Zubia, J., & Orduña, P. (2015). Educational Data Mining in an Open-Ended Remote Laboratory on Electric Circuits. Goals and Preliminary Results.
- Galán, D., Fabregas, E., Garcia, G., Sáenz, J., Farias, G., Dormido-Canto, S., & Dormido, S. (2018). Online Virtual Control Laboratory of Mobile Robots. IFAC-PapersOnLine, 51(4), 316-321. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.06.084>.
- Garcia-Zubia, J., Cuadros, J., Serrano, V., Hernandez-Jayo, U., Angulo-Martinez, I., Villar, A., . . . Alves, G. (2019). Dashboard for the VISIR remote lab. Paper presented at the 5th Experiment at International Conference, exp.at 2019.
- García-Zubía Javier, Alves, Gustavo R.. (2011). Using Remote labs in Education: two little ducks in remote experimentation.
- Gonçalves, A. L., Da Silva, J. B., Alves, G. R., Carlos, L. M., & Da Alves, J. B. M. (2018). Remote experimentation supported by learning analytics and recommender systems. Paper presented at the 6th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, TEEM 2018.
- Gonçalves, A. L., Carlos, L. M., Da Silva, J. B., & Alves, G. R. (2018). Personalized student assessment based on learning analytics and recommender systems. Paper presented at the 3rd International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education, CISPEE 2018.
- Gonçalves, A. L., Alves, G. R., Carlos, L. M., Da Silva, J. B., & Da M Alves, J. B. (2018). Learning analytics and recommender systems toward remote experimentation. Paper presented at the 2018 Learning Analytics Summer Institute Spain, LASI-SPAIN 2018.
- Johnson, L., Smith, R., Willis, H., Levine, A., and Haywood, K., (2011). The 2011 Horizon Report. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Manske, S., Hecking, T., Bollen, L., Gothnert, T., Ramos, A., Hoppe, H. U., & Ieee. (2014). A Flexible Framework for the Authoring of Reusable and Portable Learning Analytics Gadgets. Paper presented at the 2014 14TH IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT). <https://ieeexplore.ieee.org/stampPDF/getPDF.jsp?tp=&arnumber=6901452&ref=>
- Marques, M. A., Viegas, M. C., Costa-Lobo, M. C., Fidalgo, A. V., Alves, G. R., Rocha, J. S., & Gustavsson, I. (2014). How Remote Labs Impact on Course Outcomes: Various Practices Using VISIR. IEEE Transactions on Education, 57(3), 151-159. doi:10.1109/TE.2013.2284156.

- Orduña, P., Almeida, A., López-de-Ipiña, D., & Garcia-Zubia, J. (2014, 3-5 April 2014). Learning Analytics on federated remote laboratories: Tips and techniques. Paper presented at the 2014 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON).
- Orduña, P., Almeida, A., Ros, S., López-de-Ipiña, D., & Garcia-Zubia, J. (2014). Leveraging non-explicit social communities for learning analytics in mobile remote laboratories. *Journal of Universal Computer Science*, 20(15), 2043-2053.
- Romero, C., & Ventura, S. (2007). Educational data mining: A survey from 1995 to 2005. *Expert Systems with Applications*, 33(1), 135-146. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.04.005>.
- Romero, S., Guenaga, M., García-Zubía, J., & Orduña, P. (2015). Automatic assessment of progress using remote laboratories. *International Journal of Online Engineering*, 11(2), 49-54. doi:10.3991/ijoe.v11i2.4379.
- Silva, J. B. da, Meister Sommer Bilessimo, S. ., Scheffer, G. R. ., & Nardi da Silva, I. . (2020). Laboratórios Remotos como Alternativa para Atividades Práticas em Cursos na Modalidade EAD. *EaD Em Foco*, 10(2). <https://doi.org/10.18264/eadf.v10i2.942>.
- Schardosim Simão, J., de Lima, J. P., Heck, C., dos Santos Coelho, K., Mellos Carlos, L., Bilessimo, S., & Silva, J. (2016). A remote lab for teaching mechanics.
- Simão, J. P. S., Carlos, L. M., Saliyah-Hassane, H., Silva, J. B. d., & Alves, J. B. d. M. (2018, 1-5 Oct. 2018). Model for Recording Learning Experience Data from Remote Laboratories Using xAPI. Paper presented at the 2018 XIII Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO).
- Teng, M., Considine, H., Nedic, Z., & Nafalski, A. (2016). Current and Future Developments in the Remote Laboratory NetLab. *International Journal of Online Engineering*, 12(8), 4-12. doi:10.3991/ijoe.v12i08.6034
- Tobarra, L., Ros, S., Hernandez, R., Robles-Gomez, A., Caminero, A. C., Pastor, R., & Ieee. (2014). Integrated Analytic Dashboard for Virtual Evaluation Laboratories and Collaborative Forums. Paper presented at the PROCEEDINGS OF 2014 XI TECHNOLOGIES APPLIED TO ELECTRONICS TEACHING (TAEE).
- Torraco, R. J. (2005). Writing Integrative Literature Reviews: Guidelines and Examples. *Human Resource Development Review*, 4(3), 356-367. doi:10.1177/1534484305278283.
- Tulha, C. N., Carvalho, M. A. G., & De Castro, L. N. (2022). LEDA: A Learning Analytics Based Framework to Analyze Remote Labs Interaction. Paper presented at the 9th Annual ACM Conference on Learning at Scale, L@S 2022.
- Venant, R., Broisin, J., & Vidal, P. (2016). Learning analytics for learner awareness in remote laboratories dedicated to computer education. Paper presented at the LAK Workshop on Learning Analytics for Learners, LAL 2016.
- Venant, R., Vidal, P., & Broisin, J. (2016). Evaluation of Learner Performance during Practical Activities: An Experimentation in Computer Education. Paper presented at the 16th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2016.
- Wuttke, H.-D., Hamann, M., & Henke, K. (2015). Integration of Remote and Virtual Laboratories in the Educational Process. *International Journal of Online Engineering*, 11(3), 62-67. doi:10.3991/ijoe.v11i3.4558