



## UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE METALURGIA E A INTEGRAÇÃO COM METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM

Marcel Tadashi IZUMI<sup>1</sup>, Leiliani Petri MARQUES<sup>1</sup>, Elson MARTINS<sup>1</sup>, Mariana PEIXOTO<sup>1</sup>, Ricardo Kirchhof UNFER<sup>1</sup>, Paulo Dirceu Gonçalves BILLES<sup>1</sup>, Jean Burgos GABRIEL<sup>1</sup>, Maura Maria ROTH<sup>1</sup>, Anelise Fraga de JESUS<sup>1</sup>, Gustavo SIEBERT<sup>1</sup>, Osvaldo Tadeu RODRIGUES JUNIOR<sup>1</sup>, Katiana da Silva ESTEVAM<sup>1</sup>

<sup>1</sup> FTA – Faculdade de Tecnologia Assessoritec. R. Marquês de Pombal, 287 – 89227-110 – Iriirú, Joinville-SC.

### RESUMO

Neste estudo, diversas tecnologias digitais foram utilizadas experimentalmente para ensino de metalurgia em cursos técnicos e superiores em instituições de ensino de Joinville-SC. É possível observar que a utilização de tecnologias digitais como ferramentas educacionais, tais como simulações computacionais, permitem ampliar a interatividade dos alunos, facilitando o entendimento de conceitos complexos de metalurgia. Como resultado, observa-se uma maior facilidade de aprendizado, devido à possibilidade de integração com metodologias ativas de aprendizagem, proporcionando maior retenção do conhecimento em sala de aula. Além disso, a utilização de laboratórios digitais facilita a aprendizagem no ensino a distância (EaD), transpondo as barreiras físicas do aprendizado.

**Palavras-chave:** Ensino de Metalurgia; Simulação de Processos, Laboratório Digital.

### 1 INTRODUÇÃO

O avanço das tecnologias digitais na educação tem contribuído significativamente no processo de ensino-aprendizagem. A tradicional abordagem pedagógica limitada a aulas expositivas não permite aos alunos explorar formas práticas de aprendizado de conteúdos complexos.

São inúmeros os exemplos de situações em que simulações podem contribuir na visualização e aprendizado de conceitos matemáticos, físicos e químicos associados à metalurgia,

como na observação das organizações de átomos nas estruturas dos sólidos cristalinos, do escoamento e solidificação de metais líquidos em canais e peças de fundição, e da análise estrutural estática de estruturas metálicas.

Apesar de nem todos os *softwares* possuírem interfaces intuitivas ou distribuição livre, algumas instituições e alguns pesquisadores distribuem simulações interativas de forma gratuita, como a plataforma *PhET* <sup>1</sup>, da *University of Colorado Boulder*; a plataforma *SimuFísica* <sup>2</sup>, criada por pesquisadores da UNIR – Universidade Federal de Rondônia; o *website* sobre mecânica, desenho e metrologia do Prof. Stefanelli <sup>3</sup>; simulações sobre química do *Chem Collective* <sup>4</sup> e também da AACT (*American Association of Chemistry Teachers*) <sup>5</sup>; e de ensaios mecânicos da *University of Cambridge* <sup>6</sup>; dentre alguns exemplos.

Algumas destas simulações foram reunidas no Laboratório Digital da Faculdade de Tecnologia Assessoritec (FTA), com o intuito de facilitar o acesso destas ferramentas aos alunos dos cursos técnicos e superiores da FTA, na aba LAB DIGITAL, disponibilizada no site da Revista Gestão & Produção Assessoritec (<https://www.revistagestaoeproducao.com/lab-digital>). Foram disponibilizados também alguns *softwares* de livre distribuição.

Desta forma, utilizando estes conceitos e ferramentas, foram propostas atividades baseadas em metodologias ativas de aprendizagem, aplicadas em cursos técnicos e superiores de duas instituições de ensino de Joinville/SC.

Por meio da utilização de ferramentas digitais e simulações, é possível não apenas ilustrar conceitos teóricos com maior clareza, mas também fornecer aos alunos a oportunidade de experimentar, errar e aprender em ambientes controlados, sem riscos de acidentes ou sem gasto de insumos, por exemplo. Além disso, é otimizada a interação com alunos nos ambientes virtuais, facilitando práticas no Ensino a Distância (EaD).

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

As aulas em cursos técnicos e superiores foram realizadas em duas instituições de ensino de Joinville-SC (Faculdade de Tecnologia Assessoritec – FTA e SENAI-Joinville Norte I), visando aplicar metodologias ativas para ensino de metalurgia e ciências.

Foram propostas Situações de Aprendizagem (SAs), onde são apresentados estudos de caso ou projetos, em que os alunos precisam utilizar diversos conhecimentos técnicos, científicos e metalúrgicos abordados em sala de aula, para resolução dos problemas propostos.

No primeiro estudo, no ensino presencial, foi utilizada a metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj, do inglês *Project-based Learning PjBL*). Segundo Bender *apud* Campos (2020) <sup>7</sup> “trata-se de realizar projetos realistas baseados em uma questão e tarefas altamente motivadoras e envolventes, para ensinar conteúdos acadêmicos aos alunos no contexto do trabalho cooperativo”.

Desta forma, foi proposto o desenvolvimento de um projeto de fundição, envolvendo a etapa de projeto e cálculo de sistemas de enchimento e alimentação de peças fundidas, seguida da etapa de desenho/CAD utilizando o *SolidWorks* de cada um dos componentes projetados (peças, canais, massalotes, bacia, moldes) e de montagem do conjunto a ser simulado no *SolidWorks*. Em seguida, o projeto é finalizado com a simulação do processo de fundição no *MagmaSoft* <sup>8</sup>.

Na figura 1 é mostrada a sala de aula utilizada para desenho CAD e simulação computacional.

**Figura 1.** Sala de aula utilizada para ensino de desenho e simulação computacional.



Fonte: os autores.

No segundo estudo foram desenvolvidas atividades nos cursos técnicos do Senai e da FTA, onde os alunos foram separados em grupos, para resolução de um estudo de caso

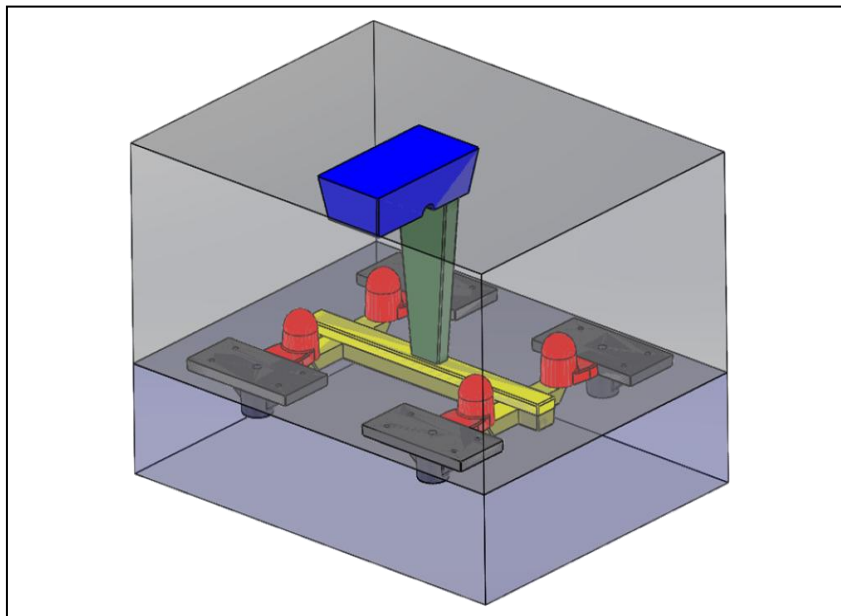
envolvendo problemas de corrosão na indústria. Nesta metodologia, de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP, do inglês *problem-based learning* – PBL), é essencial que os alunos pesquisem e discutam entre si, com auxílio do docente mediador, diversas sugestões para resolução dos problemas de uma indústria fictícia.

Durante a aplicação da atividade, é dado um tempo inicial para que os alunos se aprofundem em temas sugeridos pelo professor, e para se prepararem para um debate, em que as equipes discutem as melhores soluções possíveis. É importante destacar que a atividade tem caráter multidisciplinar, envolvendo desenvolvimento de projetos, análise de custos, gestão da qualidade, etc. São fornecidas as simulações nos ambientes e laboratórios virtuais, para que os alunos demonstrem as soluções em um seminário final da unidade curricular.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2 é mostrado o projeto de fundição proposto aos alunos. Para construção do sistema, vários conhecimentos, habilidades e atitudes são requeridos, desde habilidades para utilização dos *softwares*, conhecimentos de práticas de fundição, de desenho e projeto mecânico, de mecânica dos fluidos, de transferência de calor, de simulação computacional, além de habilidades socioemocionais relacionadas ao trabalho cooperativo em grupo.

**Figura 2.** Sistema de fundição utilizado nas Situações de Aprendizagem para ensino de práticas de fundição.

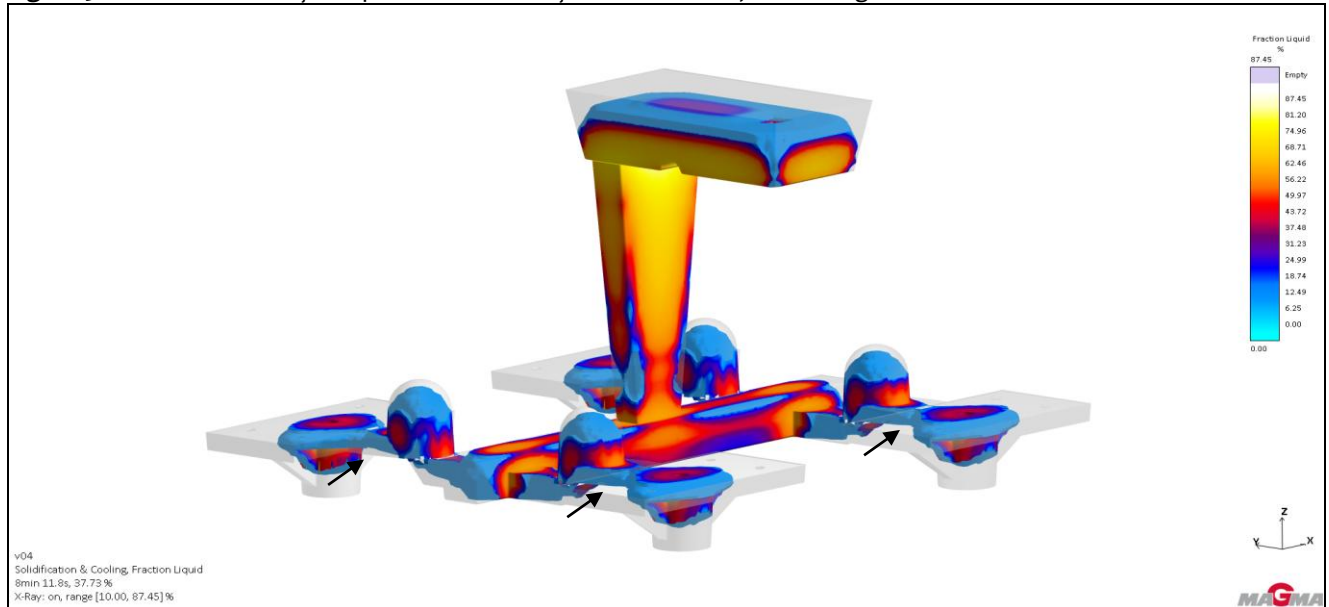


Fonte: os autores.

O desempenho dos alunos é avaliado em etapas, desde a concepção dos projetos, resolução dos problemas propostos, cumprimento das etapas sugeridas pelo professor, entrega de atividades no ambiente virtual de aprendizagem (AVA) ou presencialmente, e conclusão das atividades das situações desafiadoras.

Na figura 3 é apresentado um resultado de fração líquida na solidificação relativo à situação de aprendizagem do projeto de fundição.

**Figura 3.** Resultado de fração líquida na solidificação obtido no software Magma.



Fonte: os autores.

Os alunos são questionados sobre os problemas presentes no projeto. As setas mostram as regiões de ataque onde há pouco líquido remanescente (identificadas pelas cores da escala), sendo que toda a região do entorno do ataque (em cinza) está solidificada. Como foi interrompido o contato de líquido com os massalotes, serão gerados defeitos (rechupes) nas peças, uma vez que não há metal líquido alimentando os vazios deixados pela diferença de contração de solidificação entre líquido e sólido.

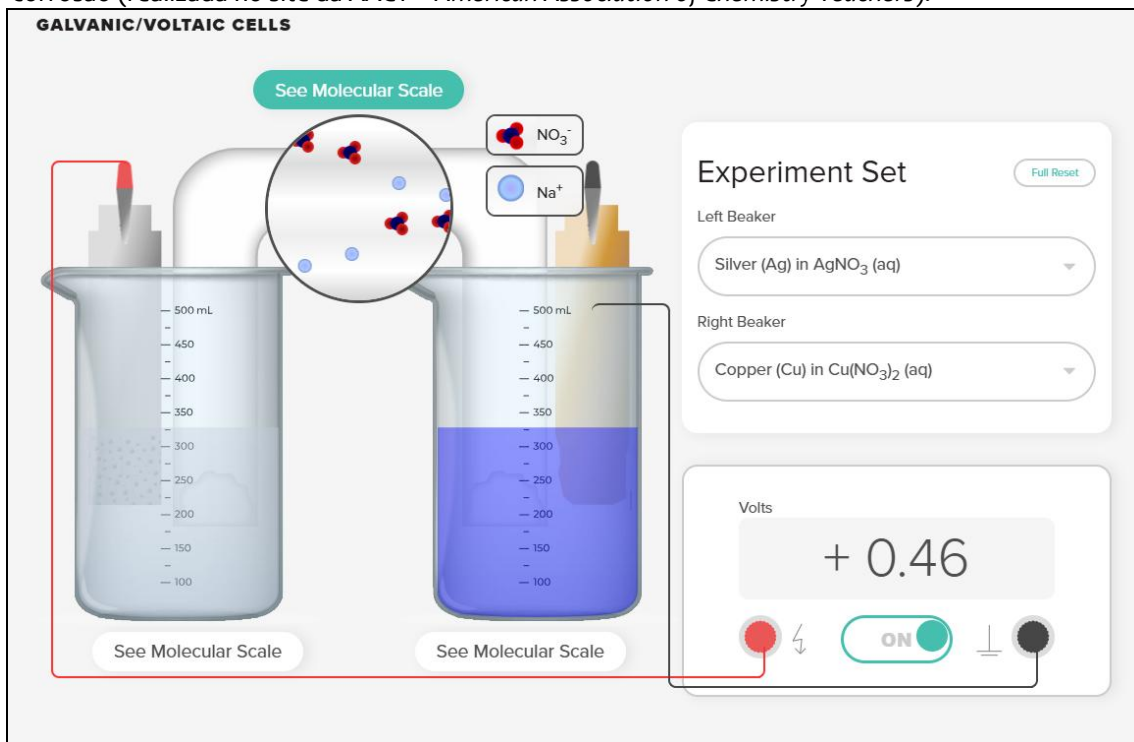
Estes conceitos metalúrgicos, bem difundidos na prática entre fundidores, são difíceis de observar na prática, uma vez que o trabalho em altas temperaturas dificulta a observação em laboratório. Além disso, todo o processo fica confinado nas cavidades dos moldes, dificultando o entendimento de como ocorre o preenchimento da cavidade com metal líquido, e posterior solidificação do conjunto.

Durante a execução das atividades, são lançados desafios para que os alunos encontrem soluções para correção do problema. Além disso, são sugeridas modificações geométricas nos canais de ataque, mudança de posição e de volume dos massalotes, modificação geométrica e de posição dos canais, de tal forma que os alunos testam nas simulações quais modificações são mais eficazes para solucionar o problema.

O desenvolvimento total da situação de aprendizagem do projeto de fundição tem uma duração de aproximadamente 8 encontros de cerca de 4 horas cada. Já a situação de aprendizagem envolvendo o problema de corrosão na indústria, envolve pesquisa e interação entre os alunos, e tem uma duração de cerca de 4 encontros de 4 horas.

Atividades práticas em laboratório, quando acessíveis, também podem ser planejadas para aumentar o interesse em engajamento dos alunos. No ensino EaD, atividades planejadas no Laboratório Digital como a utilização de simulações para ensino de fundamentos de eletroquímica são úteis, por exemplo, para embasar a situação de aprendizagem de resolução de problemas de corrosão na indústria, como ilustrado na figura 4.

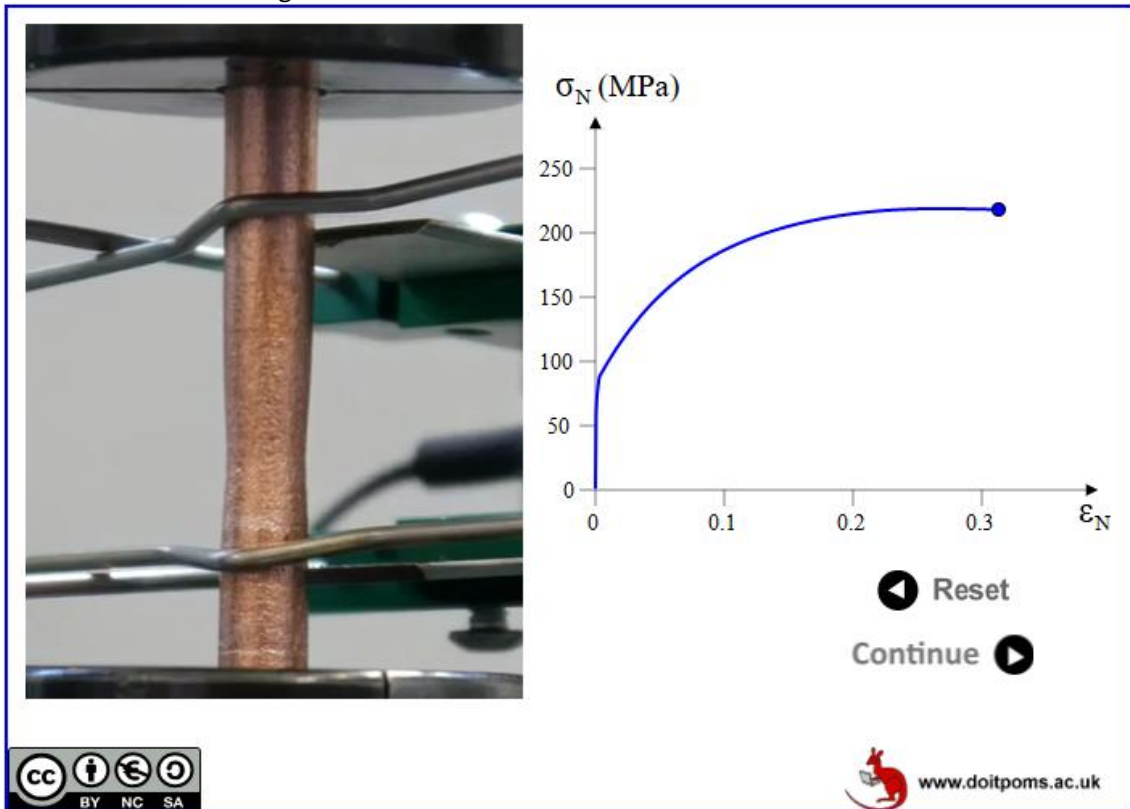
**Figura 4.** Simulação de uma célula galvânica utilizada para ensino de fundamentos de eletroquímica e corrosão (realizada no site da AACT – American Association of Chemistry Teachers).



Fonte: os autores.

Em estudos de fundamentos metalúrgicos, simulações do ensaio de tração em ligas de cobre podem ser utilizadas para exemplificar o início da estrição (empescoçamento) de amostras ensaiadas. É possível observar, de forma didática, as etapas de deformações elástica e plástica, como ilustrado na figura 5, na simulação da DOITPOMS (projeto da *University of Cambridge*) utilizada para aprendizagem sobre o ensaio de tração no curso Técnico em Soldagem da FTA.

**Figura 5.** Simulação do ensaio de tração de uma amostra de uma liga de cobre, da DOITPOMS, da Univeridade de Cambridge.



Fonte: os autores.

A aplicação de situações de aprendizagem demonstrou maior engajamento dos alunos em comparação às aulas convencionais, devido à promoção do pensamento crítico e do trabalho colaborativo. Essas práticas aumentam o interesse dos estudantes e despertam sua curiosidade pelo conteúdo abordado. De acordo com Moran (2015): “O clima de acolhimento, confiança, incentivo e colaboração é decisivo para uma aprendizagem significativa e transformadora”<sup>9</sup>.

Durante a realização das atividades, os alunos são encorajados a propor melhorias nos projetos e a testar alternativas de forma independente, sob a supervisão do docente. Esse método permite a experimentação sem os custos associados ao consumo de insumos típicos de

aulas práticas. Ademais, as simulações, quando bem executadas, fornecem respostas rápidas, mantendo o interesse e a atenção dos alunos ao longo da atividade.

Além destes benefícios, a aplicação de novas tecnologias e da gamificação (com o *Kahoot* e *Wordwall*, por exemplo, também favorecem o aprendizado no ensino a distância (EaD), por promover o desenvolvimento da autonomia e do protagonismo dos alunos <sup>10</sup>, transpondo as barreiras físicas do aprendizado <sup>11</sup>.

Novas abordagens devem incluir atividades que estimulem o uso de inteligência artificial (IA), porém com o intuito de promover o pensamento crítico, explorando o uso da tecnologia com orientação docente, e promovendo a inclusão digital dos jovens com maiores dificuldades de acesso às tecnologias <sup>12</sup>.

#### 4 CONCLUSÃO

A integração de tecnologias digitais e simulações ao ensino de conceitos metalúrgicos e científicos apresenta benefícios significativos para a visualização de fenômenos complexos, especialmente aqueles difíceis de serem observados em ensaios práticos. Apesar de não substituírem as atividades experimentais, essas ferramentas complementam o aprendizado, proporcionando maior compreensão e engajamento dos alunos.

Além disso, a aplicação de novas tecnologias educacionais e de metodologias baseadas em projetos e problemas estimula a criatividade, o pensamento crítico e o trabalho colaborativo, aspectos fundamentais para o desenvolvimento de competências técnicas e socioemocionais. Tais abordagens destacam-se como estratégias promissoras para a formação de profissionais modernos e eficientes, além de favorecer o aprendizado no ensino a distância (EaD). Estudos futuros poderiam investigar o impacto dessas práticas em outras áreas de conhecimento, consolidando sua eficácia e ampliando seu uso.

#### REFERÊNCIAS

1 UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER. PhET – Interactive Simulations. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Acesso em: 31 out. 2024.

2 SIMUFÍSICA. **SimuFísica: Simulações na palma da mão.** Disponível em: <https://simufisica.com/>. Acesso em: 31 out. 2024.



- 3 STEFANELLI, E. J. **Simulações de mecânica, desenho e metrologia**. Disponível em: <https://www.stefanelli.eng.br/>. Acesso em: 31 out. 2024.
- 4 CHEM COLLECTIVE. **Resources to Teach and Learn Chemistry**. Disponível em: <https://chemcollective.org/>. Acesso em: 31 out. 2024.
- 5 AACT – AMERICAN ASSOCIATION OF CHEMISTRY TEACHERS. **Galvanic/Voltaic Cells**. Disponível em: <https://teachchemistry.org/classroom-resources/voltaic-cells>. Acesso em: 31 out. 2024.
- 6 UNIVERSITY OF CAMBRIDGE. DoITPoMS - **Dissemination of IT for the Promotion of Materials Science**. Disponível em: <https://www.doitpoms.ac.uk>. Acesso em: 31 out. 2024.
- 7 CAMPOS, A. **Aprendizagem baseada em projetos para o desenvolvimento de competências**. In: Metodologias Ativas: relatos e debates das práticas do século XXI. 1. ed. Quirinópolis: IGM, 2020.
- 8 MAGMA. **MAGMASOFT® - Simulação e otimização virtual para processos de fundição**. Disponível em: <https://www.magmasoft.com.br/pt>. Acesso em: 31 out. 2024.
- 9 MORAN, J. **Educação híbrida**. In: BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. de M. Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação. Porto Alegre: Penso, 2015.
- 10 BACICH, L.; MORAN, J. (orgs.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2017.
- 11 MARQUES, L. P. *et al.* A importância da educação a distância (EaD) para a redução da exclusão social e utilização das tecnologias da informação e comunicação (TICs). **Revista Gestão & Produção Assessoritec**, v. 6, n. 2, e202401, 2024.
- 12 PSCHIEDT. A. C. **Inteligência artificial na sala de aula: como a tecnologia está revolucionando a educação**. São Paulo: matriz, 2024.