


**CONTRIBUIÇÕES DAS TECNOLOGIAS EMERGENTES PARA AS PRÁTICAS
BIBLIOTECÁRIAS**

CONTRIBUTIONS OF EMERGING TECHNOLOGIES TO LIBRARY PRACTICES

**CONTRIBUCIONES DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES A LAS PRÁCTICAS
BIBLIOTECARIAS**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n6-285>

Data de submissão: 24/05/2025

Data de publicação: 24/06/2025

Liliane Chaves de Resende

Doutoranda em Gestão e Organização do Conhecimento
Universidade Federal e Minas Gerais
E-mail: lilianederesende@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4650-0540>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2649366358599878>

Cíntia de Azevedo Lourenço

Doutora em Ciência da Informação
Universidade Federal e Minas Gerais
E-mail: cal@eci.ufmg.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2172-7300>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8222736336322955>

RESUMO

As tecnologias emergentes da Quarta Revolução Industrial (4IR) transformaram as bibliotecas, suas práticas e produtos, tornando-os mais personalizados, eficientes e adequados a usuários da geração digital. O presente artigo apresenta aplicações de tecnologias emergentes nas práticas bibliotecárias. Um aporte teórico das relações necessárias da área da biblioteconomia com as tecnologias emergentes da 4IR para apresentar as oportunidades de adoção dessas tecnologias pelas bibliotecas. Trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva, com abordagem qualitativa. Faz uso da pesquisa bibliográfica para aprofundar no tema e construir um aporte teórico sobre a adoção de tecnologias emergentes nas práticas e serviços bibliotecários. São destacadas tecnologias emergentes aplicadas às práticas bibliotecárias, utilizadas por bibliotecas de vários países do mundo. São inúmeros desafios que influenciam a adoção de tecnologias emergentes pelas bibliotecas. Porém, sua adoção faz aumentar a eficiência e o desempenho da execução de suas práticas, tornando a biblioteca um centro de inovação, inclusão digital e de compartilhamento e acesso à informação para toda a sociedade.

Palavras-chave: Bibliotecário. Práticas Bibliotecárias. Tecnologias da Informação e Comunicação. Tecnologias emergentes. Quarta Revolução Industrial.

ABSTRACT

The emerging technologies of the Fourth Industrial Revolution (4IR) have transformed libraries, their practices and products, making them more personalized, efficient and suitable for users of the digital generation. This article presents applications of emerging technologies in library practices. A theoretical contribution of the necessary relationships between the area of library science and the emerging technologies of the 4IR to present the opportunities for adoption of these technologies by

libraries. This is an exploratory and descriptive research, with a qualitative approach. It uses bibliographic research to delve deeper into the topic and build a theoretical contribution on the adoption of emerging technologies in library practices and services. Emerging technologies applied to library practices, used by libraries in several countries around the world, are highlighted. There are numerous challenges that influence the adoption of emerging technologies by libraries. However, their adoption increases the efficiency and performance of the execution of their practices, making the library a center of innovation, digital inclusion and sharing and access to information for the entire society.

Keywords: Librarian. Library Practices. Information and Communication Technologies. Emerging Technologies. Fourth Industrial Revolution.

RESUMEN

Las tecnologías emergentes de la Cuarta Revolución Industrial (4RI) han transformado las bibliotecas, sus prácticas y productos, haciéndolas más personalizadas, eficientes y adecuadas para los usuarios de la generación digital. Este artículo presenta las aplicaciones de las tecnologías emergentes en las prácticas bibliotecarias. Se realiza una contribución teórica sobre las relaciones necesarias entre el área de la bibliotecología y las tecnologías emergentes de la 4RI para presentar las oportunidades de adopción de estas tecnologías por parte de las bibliotecas. Se trata de una investigación exploratoria y descriptiva, con un enfoque cualitativo. Se utiliza la investigación bibliográfica para profundizar en el tema y construir una contribución teórica sobre la adopción de tecnologías emergentes en las prácticas y servicios bibliotecarios. Se destacan las tecnologías emergentes aplicadas a las prácticas bibliotecarias, utilizadas por bibliotecas en varios países del mundo. Existen numerosos desafíos que influyen en la adopción de tecnologías emergentes por parte de las bibliotecas. Sin embargo, su adopción aumenta la eficiencia y el rendimiento de la ejecución de sus prácticas, convirtiendo a la biblioteca en un centro de innovación, inclusión digital, intercambio y acceso a la información para toda la sociedad.

Palabras clave: Bibliotecario. Prácticas bibliotecarias. Tecnologías de la información y la comunicación. Tecnologías emergentes. Cuarta Revolución Industrial.

1 INTRODUÇÃO

As bibliotecas sofreram um grande impacto com os avanços tecnológicos da quarta revolução industrial (4IR) que trouxe grandes mudanças para as bibliotecas e suas práticas. A adoção de tecnologias possibilita uma nova maneira de gerir a informação, facilitar seu acesso e compartilhamento, e de atender às demandas de seus usuários, oportunizando a eles maior troca de conhecimento. A adoção de tecnologias emergentes como inteligência artificial, blockchain e Internet das Coisas, transformou as instituições culturais como as bibliotecas, e seus serviços bibliotecários expandiram-se, tornando-os mais personalizados, eficientes e alinhados às expectativas da geração digital. Essa revolução fez com que as bibliotecas passassem de guardiões de livros e de grandes e raras coleções em acervos físicos para centros dinâmicos de compartilhamento e disseminação de informações tecnologicamente integrados. Essas inovações também exigem que bibliotecários dominem novas competências e que ampliem seu papel como mediadores críticos entre informação e sociedade. Assim, a adaptação estratégica a essas tecnologias não é opcional — é a chave para garantir que as bibliotecas continuem cumprindo sua missão em um mundo cada vez mais digital. (Lund, 2021; Enakrire, 2024; Isiaka et al., 2024)

O objetivo desse artigo é apresentar práticas bibliotecárias transformadas por meio do uso de tecnologias emergentes da 4IR e analisar como as tecnologias emergentes estão revolucionando serviços, gestão e interações em bibliotecas.

2 METODOLOGIA

O percurso metodológico para o desenvolvimento desse estudo aplicou abordagem qualitativa, baseada na pesquisa bibliográfica e exploratória. Utilizou artigos científicos para apresentar um aporte teórico sobre o tema (Severino, 2017, p. 108). Para embasar os principais conceitos dessa pesquisa, foi realizada uma revisão de bibliografia por meio de busca, consulta e seleção da literatura, utilizando o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). A inclusão de artigos científicos teve como critério artigos publicados em conferências, artigos de revisão, livros e capítulos de livros que abordaram termos Biblioteca e 4IR. Uma estratégia de busca booleana foi aplicada, utilizando um recorte temporal entre 2020 a 2025. As expressões de busca e palavras-chaves utilizadas foram:

2.1 EXPRESSÃO DE BUSCA 1

“Library Science” AND (LIS OR "Library and Information Science" AND (library or librarian) AND (Library services OR library practices) AND "Emerging Technologies" AND ("Fourth Industrial

Revolution" OR "Industry 4.0" OR I4.0 OR "Industrial revolution" OR "4th Industrial Revolution" OR "Technological Revolution")

2.2 EXPRESSÃO DE BUSCA 2

"Library services" AND "Fourth Industrial Revolution" AND "emerging technologies" AND ("Artificial intelligence" OR "Internet of Things" OR "Augmented Reality" OR "Virtual and Augmented Reality" OR "Gamification" OR "Cloud Computing" OR "3D printing" OR Blockchain OR Robotic))

Foram descartados artigos que, após leitura de título e resumo, não contribuíam com o desenvolvimento da pesquisa. A técnica de bola de neve (*Snowballing*) foi utilizada quando conveniente para suplementar os artigos recuperados dos bancos de dados, com base nas listas de referência de artigos relevantes.

As descobertas do estudo tiveram como objetivo examinar as tecnologias emergentes presentes nos serviços da Bibliotecas, descrevendo as práticas e os serviços bibliotecários que utilizam essas tecnologias.

3 TRABALHOS CORRELATOS

A adoção das tecnologias emergentes da 4IR em bibliotecas como meio de ampliar seus serviços já ocorre, como é o caso de bibliotecas em Taiwan, que estão utilizando IA para otimizar a curadoria de dados em acervos digitais (Huang, 2022), Biblioteca Oodi na Finlândia e a biblioteca da Universidade Covenant na Nigéria tiveram sucesso na integração de tecnologias como realidade virtual e repositórios digitais (Isiaka *et al.*, 2024). Outros exemplos incluem o projeto *Blockchains for the Information Profession*¹ (Blockchains para a profissão de informação – **tradução nossa**) da *iSchool* da Universidade Estadual de San Jose, que explora aplicações de blockchain em bibliotecas, como segurança de dados e gestão de transações digitais e o projeto “*Construindo e Testando Métodos de Aprendizado de Máquina para Geração de Metadados em Coleções Audiovisuais*”² do programa *The Good Systems* da *iSchool* da Universidade do Texas que, em parceria com outros departamentos, aborda desafios em uma área específica, desenvolvendo metodologia e fluxos de trabalho para bibliotecas, arquivos e museus, usarem recursos de aprendizado de máquina e supercomputação para gerar metadados para materiais audiovisuais nas humanidades. (Lund, 2021)

¹ <https://ischoolblogs.sjsu.edu/blockchains/>

² <https://bridgingbarriers.utexas.edu/projects/building-and-testing-machine-learning-methods-metadata-generation-audiovisual-collections>

Seguindo nessa direção, a adoção dessas tecnologias favorece o desempenho dos serviços bibliotecários transformando as bibliotecas em verdadeiros ecossistemas vibrantes, onde a tecnologia e humanismo se entrelaçam para consolidar espaços essenciais de educação, inovação e coesão social no século XXI. (Isiaka *et al.*, 2024)

4 A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E AS BIBLIOTECAS

A Quarta Revolução Industrial (4IR) oferece oportunidades para as bibliotecas ao integrar tecnologias emergentes que redefinem suas práticas, ampliando a acessibilidade e a personalização dos serviços. Dentre essas tecnologias, destacam-se a Inteligência Artificial (IA), utilizada na automação de processos como atendimento por chatbots e recomendação de livros (Kaushal e Yadav, 2022; Puritat *et al.*, 2021), e a Internet das Coisas (IoT), aplicada no rastreamento de acervos e gestão de recursos (Wei *et al.*, 2015). Iniciativas inovadoras, como espaços de criação (makerspaces) com impressão 3D na África (Isiaka *et al.*, 2024) e a análise de Big Data na Universidade de Harvard (Band, 2024), demonstram como as bibliotecas estão se adaptando às demandas locais. Além disso, tecnologias como Blockchain garantem a segurança e autenticidade de acervos digitais (Hussain, 2021; Daimari *et al.*, 2024), enquanto Realidade Virtual (VR) e aumentada (AR) criam experiências imersivas, como visitas virtuais a coleções raras (Band, 2024). Essas inovações exigem atualizações curriculares em Biblioteconomia, com ênfase em programação e análise de dados (David-West, 2021).

No entanto, desafios significativos persistem, especialmente em países em desenvolvimento, onde a falta de investimentos, infraestrutura inadequada e baixa qualificação técnica limitam a adoção plena dessas tecnologias (Msauki, 2021). A exclusão digital é outro obstáculo, exigindo iniciativas de inclusão e democratização do acesso (Isiaka *et al.*, 2024). A resistência à mudança e a escassez de capacitação geram tecnoestresse entre profissionais (Olorunfermi; Adekoya, 2023; Horsfall; Opurum, 2023), enquanto questões éticas em torno da IA demandam uma abordagem centrada nas necessidades humanas (Fourie *et al.*, 2024; Hanson, 2023). Problemas estruturais, como dependência de internet e energia elétrica (Marwala, 2022), sustentabilidade financeira (Babu, 2022) e integração com sistemas legados (Valjašková, 2019; Garoufallou; Gaitanou, 2021), também dificultam a implementação. Para superar esses desafios, é necessário combinar investimentos tecnológicos, formação continuada e políticas adaptativas, tornando necessário currículos atualizados com ênfase em habilidades digitais (Sife; Matto, 2022). Apesar das dificuldades, as bibliotecas não desaparecerão com a 4IR, mas evoluirão, exigindo que profissionais se adaptem para evitar a obsolescência (Lund, 2021). Portanto, o desenvolvimento profissional e a adoção estratégica de tecnologias são essenciais para manter as bibliotecas como centros dinâmicos de conhecimento na era digital.

5 BASES CONCEITUAIS DAS TECNOLOGIAS EMERGENTES DA 4IR

A Quarta Revolução Industrial (4IR) introduziu tecnologias emergentes que estão transformando as práticas bibliotecárias, ampliando a eficiência e a interação com os usuários. Entre as principais tecnologias destacam-se:

- *Inteligência Artificial (IA)*, que utiliza sistemas capazes de aprender, analisar dados e tomar decisões, simulando a inteligência humana. Essa tecnologia inclui recursos como aprendizado de máquina (machine learning), aprendizado profundo (deep learning) e reconhecimento de padrões, sendo aplicada em bibliotecas por meio de chatbots e assistentes virtuais (Ajakaye, 2022).
- *Internet das Coisas (IoT)* consiste em uma rede de dispositivos interconectados que coletam e compartilham dados, permitindo interações autônomas entre homem e máquina. Na área bibliotecária, a IoT é usada em rastreadores de inventário e controladores de ambientes (Igbinovia, 2021).
- *Blockchain* garante a segurança e autenticidade de transações digitais, assegurando a integridade de arquivos e ativos digitais (Malgwi; Otubelu; Sadiq, 2023).
- *Realidade Aumentada e Virtual (AR e VR)* cria ambientes imersivos, melhorando a aprendizagem e o engajamento dos usuários em bibliotecas, como em laboratórios virtuais e simulações (Patel et al., 2022).
- *Big Data e Big Analytics* permitem a análise de grandes volumes de dados para identificar padrões e otimizar decisões, utilizando técnicas como mineração de dados (Duan et al., 2019).
- *Robótica* envolve a criação de máquinas autônomas que realizam tarefas repetitivas, como navegação em acervos impressos em tempo real (Tella, 2020; Ehonyotan; Amzat, 2023).
- *Computação em Nuvem* oferece armazenamento e acesso remoto a dados e aplicativos, facilitando a colaboração entre bibliotecas (Nepali; Tamang, 2022; Ehonyotan; Amzat, 2023).
- *Impressão 3D/4D* viabiliza a prototipagem de objetos físicos, sendo aplicada em makerspaces para promover a criatividade e inovação (Igwe; Suliman, 2022).
- *Mídias Sociais* ampliam a divulgação de serviços bibliotecários e promovem redes de colaboração global entre profissionais e usuários (Opele, 2023).

Essas tecnologias demonstram como a 4IR está redefinindo as bibliotecas, tornando-as mais dinâmicas, interativas, focadas no usuário e adaptadas às demandas digitais contemporâneas.

6 APLICAÇÕES PRÁTICAS DE TECNOLOGIAS EMERGENTES EM BIBLIOTECAS

Com a evolução das tecnologias emergentes da 4IR, as bibliotecas foram transformadas em ecossistemas digitais dinâmicos. (Malgwi; Otubelu, 2023) Contudo, a essência das suas atividades permanece, se concentrando em “armazenar, tratar, gerenciar e disseminar informações a diferentes públicos, com vistas a sanar suas necessidades”. (Santa Anna, 2015, p.3) Essas atividades podem ser executadas por meio da integração de uma ou mais tecnologias inovadoras. Assim, é possível descrever como cada uma dessas tecnologias estão sendo adotadas pelas bibliotecas, e como elas vem contribuindo com a execução das atividades bibliotecárias em diversos países do mundo.

6.1 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A Inteligência Artificial (IA) tem desempenhado um papel transformador para as bibliotecas, modernizando serviços e automatizando processos que antes eram manuais, contribuindo significativamente para sua evolução. Tecnologias como chatbots e algoritmos de recomendação personalizada otimizam empréstimos, buscas e suporte técnico, reduzindo a carga de trabalho dos bibliotecários e ampliando o acesso a recursos digitais (Naik, 2023; Zondi et al., 2024). Sistemas baseados em machine learning permitem a catalogação automática de acervos e a análise preditiva de demandas, enquanto assistentes virtuais, como o ChatGPT, oferecem respostas instantâneas em linguagem natural, democratizando o acesso à informação (Barsha; Munshi, 2023; Hussain, 2023). Além disso, a IA integra soluções inovadoras, como realidade aumentada para tours virtuais, ampliando o alcance das bibliotecas (Zondi et al., 2024).

A IA também melhora a experiência do usuário por meio de assistentes virtuais que operam 24 horas por dia, antecipando necessidades com base em análises preditivas e oferecendo recomendações personalizadas de acordo com o histórico de empréstimos e interações (Malgwi; Otubelu, 2023). Essas tecnologias aumentam a satisfação e o engajamento dos usuários, tornando as coleções mais acessíveis e eficientes. No entanto, desafios como a falta de infraestrutura tecnológica, recursos financeiros limitados e escassez de treinamento técnico dificultam a implementação da IA, especialmente em países em desenvolvimento (Barsha; Munshi, 2023). Problemas como instabilidade energética, ausência de dados locais para treinamento de algoritmos e resistência cultural à mudança perpetuam desigualdades tecnológicas (Ajani et al., 2022; Zondi et al., 2024).

Para superar essas limitações, especialistas recomendam parcerias internacionais e modelos de IA adaptáveis a contextos locais, como projetos que integram RFID e IoT em bibliotecas africanas para otimizar inventários (Zondi et al., 2024). Iniciativas de capacitação, como a colaboração entre Alemanha e Quênia, demonstram o potencial da transferência de conhecimento (Barsha; Munshi,

2023). Políticas públicas que priorizem infraestrutura e inclusão digital são essenciais para transformar bibliotecas em centros de inovação, garantindo que a IA promova equidade no acesso ao conhecimento (Naik, 2023; Zondi et al., 2024).

Apesar dos desafios, muitas bibliotecas já adotam a IA em serviços como suporte técnico e buscas, melhorando a experiência do usuário (Naik, 2023). Subcampos da IA, como Processamento de Linguagem Natural (NLP), Aprendizado de Máquina (ML) e Visão Computacional, oferecem oportunidades para automação de catalogação, recomendações personalizadas e preservação de acervos (Kannaujia et al., 2024). No entanto, questões éticas, como privacidade de dados e viés algorítmico, exigem diretrizes transparentes e colaboração interdisciplinar para alinhar a IA aos valores institucionais de inclusão e justiça social (Kannaujia et al., 2024; Suryawanshi, 2024). A sustentabilidade também é um desafio, dado o alto custo energético e financeiro dessas tecnologias. Assim, a IA representa não apenas ferramentas isoladas, mas um ecossistema dinâmico que integra inovação técnica e responsabilidade social, adaptando-se continuamente às demandas do mundo digital (Aithal; Aithal, 2023; Kaushal; Yadav, 2022).

6.2 INTERNET DAS COISAS

A Internet das Coisas (IoT) surge como uma das tecnologias centrais da 4IR, caracterizando-se pela conexão de objetos físicos à internet para troca de dados, com aplicações transformadoras no âmbito das bibliotecas (Igbinovia, 2021). Essa tecnologia possibilita a otimização da gestão de ambiente e de serviços bibliotecários, inovando processos existentes e criando novas soluções centradas no usuário (Amaral; Juliani; Bettio, 2022). O termo IoT, cunhado por Kevin Aston em 1999, consolidou-se como conceito após ganhar relevância em eventos como a conferência LeWeb (2012) e ser incorporado em políticas estratégicas, como o Plano Quinquenal chinês (Lueth, 2014).

Na prática bibliotecária, a IoT viabiliza a automação inteligente de serviços, dispensando intervenção humana em atividades como monitoramento ambiental, gestão de acervos (via RFID), empréstimos e devoluções automáticas, além de sistemas de segurança e iluminação inteligente (Adegoke; Babalola, 2022; Kumar; Bala; Kumar, 2024). Asim e Arif (2023) destacam aplicações específicas, incluindo notificações automatizadas, rastreamento de usuários e recursos, tours virtuais autoguiados e controle climático, que coletivamente elevam a eficiência operacional. Contudo, a implementação enfrenta obstáculos significativos, como vulnerabilidades na segurança de dados, custos elevados de dispositivos, falta de padronização e carência de capacitação técnica (Asim; Arif, 2023; De Sarkar, 2022).

A integração entre IoT e IA amplifica os benefícios, conforme demonstrado por Bi et al. (2022), em três eixos principais: (1) eficiência operacional, com robôs assistentes baseados em NLP e sistemas de navegação indoor; (2) sustentabilidade, mediante sensores que regulam consumo energético e preservam acervos; e (3) segurança, com autenticação biométrica e detecção de anomalias via blockchain. Essas inovações, embora promissoras, exigem superação de desafios persistentes já citados, além da interoperabilidade com sistemas legados e garantia de privacidade (Sinha; Brar, 2022).

Para bibliotecas em contextos de recursos limitados, Igbinovia (2021) recomenda abordagens incrementais, priorizando soluções de baixo custo (como RFID) e capacitação de equipes, aliadas a políticas públicas de apoio. A viabilidade de implementação depende, portanto, de planejamento adaptativo, investimentos em infraestrutura básica e adoção gradual, focando inicialmente em ganhos tangíveis para justificar expansões futuras. Essa estratégia assegura que a IoT não apenas modernize serviços, mas também consolide as bibliotecas como espaços inteligentes e inclusivos na era digital.

6.3 ROBÓTICA

A robótica tem assumido um papel transformador nas bibliotecas, otimizando processos administrativos e operacionais através da automação de tarefas manuais. Robôs industriais são empregados para transporte e gestão de acervos em bibliotecas universitárias (Calvert, 2017), enquanto soluções técnicas com sensores e algoritmos auxiliam no gerenciamento de inventários e reposição de livros (Shukor et al., 2018). Essas aplicações liberam os bibliotecários de atividades repetitivas, permitindo que se dediquem a funções intelectuais mais complexas (Asemi et al., 2021). Sistemas avançados, como o Acesso abrangente ao material impresso (CAPM - Comprehensive Access to Printed Material), utilizam RFID para agilizar empréstimos e devoluções (Gupta et al., 2023), e robôs industriais também realizam desde organização de acervos até digitalização de materiais (Wójcik, 2023).

Além de funções operacionais, os robôs desempenham papéis interativos e pedagógicos. Assistentes como o Xiaotu (Universidade Tsinghua) e o LUCAS (Universidade de Limerick) atuam como guias, orientando usuários e respondendo perguntas (Yao et al., 2015). No entanto, a aceitação de robôs humanoides enfrenta desafios psicológicos, como o "Vale do Inquietante", que exige designs não ameaçadores para evitar rejeição (Seyama; Nagayama, 2007). Na área educacional, robôs-tutores auxiliam no aprendizado de idiomas (Belpaeme et al., 2018), e workshops com kits de robótica estimulam o interesse de crianças, preparando-as para um futuro tecnológico (Nguyen, 2020; Tella; Amuda; Ajani, 2022).

Apesar do potencial, a implementação da robótica em bibliotecas enfrenta obstáculos significativos. Investimentos elevados em infraestrutura e manutenção limitam sua adoção em países em desenvolvimento, enquanto a redundância de funções tradicionais gera preocupações com desemprego, já que tarefas como catalogação e atendimento básico podem ser automatizadas, exigindo assim requalificação profissional. (Gupta et al., 2023) A aceitação social também é um desafio, pois robôs humanoides podem causar desconforto em certos públicos, exigindo ajustes de design e estratégias de comunicação transparentes (Nguyen, 2020; Wójcik, 2023).

Questões éticas, como privacidade de dados e responsabilidade legal em falhas técnicas, demandam políticas claras (Tella; Ajani, 2022). Além disso, a falta de parcerias com universidades e fornecedores dificulta o acesso a suporte técnico, e a dependência de infraestrutura robusta (como internet estável) restringe a sustentabilidade operacional em regiões com recursos limitados. (Barsha; Munshi 2023) Embora a robótica ainda seja incipiente em bibliotecas, sua integração exige planejamento estratégico, capacitação contínua e adaptação cultural para equilibrar inovação tecnológica com inclusão e eficiência nos serviços bibliotecários. (Basumatary, 2025)

6.4 BLOCKCHAIN

A tecnologia blockchain, caracterizada por sua capacidade de criar registros digitais seguros e imutáveis, tem sido reconhecida como uma das inovações da 4RI, embora sua adoção em bibliotecas de países em desenvolvimento ainda seja lenta (Bhatia; Wright de Hernandez, 2019; Tella; Amuda; Ajani, 2022). Sua evolução histórica remonta a 1991, com os trabalhos de Haber e Stornetta sobre carimbos de tempo criptográficos, mas ganhou destaque em 2008 com a criação do Bitcoin por Satoshi Nakamoto. A partir de 2015, plataformas como Ethereum e Hyperledger expandiram suas aplicações para diversos setores, incluindo educação e gestão de informações (Christidis; Devetsikiotis, 2016; Bashir; Warraich, 2020).

A essência do blockchain reside em sua estrutura descentralizada, imutabilidade e transparência, garantidas por algoritmos de hash criptográfico que criam registros auditáveis e resistentes a alterações. (Tella; Amuda; Ajani, 2022) Essas características o tornam ideal para aplicações em bibliotecas, como a gestão segura de acervos digitais, a proteção de direitos autorais por meio de contratos inteligentes (smart contracts) e a autenticação de credenciais acadêmicas. (Mahale; Doke, 2025) Além disso, a tecnologia permite a criação de metadados distribuídos, facilitando a colaboração entre instituições sem dependência de sistemas centralizados (Lee et al., 2021).

Apesar de seu potencial, a implementação do blockchain enfrenta desafios significativos, incluindo a complexidade técnica, a necessidade de infraestrutura robusta e a escassez de profissionais

capacitados (Akintunde; Amuda, 2023; Dada; Mohammed, 2023). Questões legais, como o conflito entre a imutabilidade dos registros e regulamentações de proteção de dados, e ambientais, devido ao alto consumo energético de algumas redes, também representam obstáculos (Bhatia; Wright de Hernandez, 2019; Bashir; Warraich, 2023). A falta de padrões universais e a resistência cultural à mudança também dificultam ainda mais sua adoção (Famiza et al., 2024).

No entanto, superados esses desafios, o blockchain pode transformar as bibliotecas em ambientes mais seguros, transparentes e colaborativos, reforçando a preservação digital e a gestão eficiente de dados (Dada; Mohammed, 2023; Tarsik et al., 2024). Preservação e rastreamento digitais, manutenção de registros de bibliotecas corporativas, coleções comunitárias para compartilhamento de objetos, ferramentas e serviços e gestão de dados organizacionais são alguns outros benefícios potenciais viabilizados pela tecnologia de blockchain (Dada; Mohammed, 2023; Bashir e Warraich, 2022). Contudo, são essenciais investimentos em infraestrutura, capacitação profissional e projetos-piloto que demonstrem a viabilidade da tecnologia (Mahale; Doke, 2025). Assim, o blockchain emerge como uma ferramenta promissora para alinhar as bibliotecas às demandas da era digital, desde que integrada de forma estratégica e inclusiva.

6.5 BIG DATA E BIG ANALYTICS

Big Data refere-se a conjuntos de dados massivos e complexos, caracterizados pelos "5Vs" (volume, velocidade, variedade, veracidade e valor), que exigem tecnologias avançadas para seu processamento e análise (Valmohammadi; Varaee, 2023). Já o Big Analytics envolve técnicas para interpretar esses dados, identificando padrões e tendências que subsidiam decisões estratégicas (Garoufallou; Gaitanou, 2021). Nas bibliotecas, essas tecnologias são aplicadas a metadados de recursos informacionais, dados de usuários, como empréstimos e acessos digitais, e informações geradas por sensores ou interações em plataformas digitais, permitindo otimizar serviços como recomendações personalizadas e gestão de coleções (Ajani et al., 2024).

A evolução do Big Data nas bibliotecas acompanhou as transformações digitais com o advento da computação em nuvem e da IoT, ocasionando na transição de dados estruturados (como registros de catálogos) para fluxos contínuos de dados não estruturados, como logs de acesso e interações em redes sociais (Garoufallou; Gaitanou, 2021). Valmohammadi e Varaee (2023) destacam que a análise preditiva de grandes volumes de dados — como padrões de empréstimo, comportamentos de busca e interações digitais — permite antecipar necessidades de aquisição e personalizar recomendações, melhorando a experiência do usuário. Os autores também afirmam que a análise de dados em larga escala permite às bibliotecas acadêmicas identificar padrões de uso de recursos, como frequência de

empréstimos e acesso a bases digitais, facilitando a realocação estratégica de orçamentos e a curadoria de acervos. Além disso, sistemas baseados em big analytics são utilizados para desenvolver recomendações personalizadas, cruzando dados de histórico de buscas, preferências temáticas e comportamentos de navegação, conforme apontado por Garoufallou e Gaitanou (2021).

Essas tecnologias também amparam a gestão de dados de pesquisa, organizando metadados, garantindo integridade e promovendo a interoperabilidade entre repositórios institucionais, uma prática essencial em ambientes acadêmicos (Ajani et al., 2024). A implementação de Bibliotecas inteligentes, com APIs (Application Programming Interface - Interface de Programação de Aplicações) e sensores integrados, exemplifica como a coleta contínua de dados em tempo real refinam serviços como reservas automatizadas e alertas de disponibilidade, aumentando a eficiência operacional. Atualmente, bibliotecas utilizam Big Analytics para prever demandas, mapear comportamentos de usuários e oferecer serviços baseados em evidências, embora enfrentem desafios como falta de infraestrutura e políticas claras (Ajani et al., 2024).

Ferramentas como Hadoop e Tableau são essenciais para analisar grandes volumes de dados, transformando informações brutas em insights aplicáveis. Enquanto o Hadoop gerencia a escala e variedade dos dados, o Tableau viabiliza a comunicação clara dessas informações, essencial para políticas de curadoria digital, gestão de coleções e inovação em serviços orientados por dados (Ajani et al., 2024). Além disso, plataformas de learning analytics monitoram o uso de recursos digitais, correlacionando-os com desempenho acadêmico e auxiliando na tomada de decisões estratégicas, tornando essas práticas muito eficientes, não apenas aumentando a eficiência operacional, mas também apoiando decisões estratégicas baseadas em evidências (Semeler; Pinto; Rozados, 2019).

A análise preditiva, baseada em algoritmos de aprendizado de máquina, permite antecipar necessidades dos usuários, como evidenciado no estudo de Garoufallou e Gaitanou (2021), que citam casos de bibliotecas europeias usando modelos para prever picos de uso sazonais. A curadoria digital também se beneficia do Big Data, com algoritmos de processamento de linguagem natural (NLP) extraindo metadados e facilitando a descoberta de dados em repositórios institucionais (Zhan; Widen, 2019).

Contudo, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios significativos, como a escassez de infraestrutura, a necessidade de capacitação contínua em ciência de dados e questões éticas relacionadas à privacidade e ao viés algorítmico (Garoufallou; Gaitanou, 2021). Para superar essas barreiras, são necessários investimentos em formação profissional e colaborações interdisciplinares com especialistas em TI, garantindo que as bibliotecas possam aproveitar plenamente o potencial transformador do Big Data e Big Analytics (Valmohammadi; Varace, 2023).

A integração dessas plataformas aos serviços bibliotecários tem redefinido práticas tradicionais, como gestão de coleções, referência e instrução bibliográfica. Por exemplo, análises preditivas permitem identificar lacunas nas coleções ou recomendar recursos com base em perfis de uso, enquanto dashboards em tempo real auxiliam na avaliação do impacto de programas de alfabetização informacional (Garoufallou & Gaitanou, 2021). Além disso, as bibliotecas têm utilizado learning analytics para desenvolver serviços sob demanda, como tutoriais personalizados e alertas de novos conteúdos, ampliando o engajamento dos usuários (Ajani et al., 2024). Essas iniciativas não apenas elevam a qualidade dos serviços, mas também reposicionam as bibliotecas como núcleos de inovação no ecossistema acadêmico.

6.6 COMPUTAÇÃO EM NUVEM

A computação em nuvem tem ganhado crescente adoção no contexto bibliotecário, oferecendo serviços categorizados em quatro modelos principais: IaaS (Infraestrutura como Serviço), que elimina custos com servidores locais; PaaS (Plataforma como Serviço), permitindo o desenvolvimento de catálogos online personalizados; SaaS (Software como Serviço), com ferramentas prontas como Google Drive, para colaboração compartilhada e armazenamento; e Armazenamento em Nuvem, facilitando o compartilhamento seguro de recursos. As bibliotecas têm implementado diversas práticas baseadas nessa tecnologia, incluindo recursos de armazenamento, sistemas de automação, serviços de e-mail, aplicações de tecnologias sociais e hospedagem de sites. (Assim; Arif, 2024)

Os principais motivadores para adoção incluem eficiência operacional e redução de custos, redução de investimentos em infraestrutura física, a escalabilidade de recursos e a facilidade de acesso a serviços digitais são fatores-chave para sua adoção. Assim também a migração para plataformas como Microsoft Azure permitindo eliminar gastos com hardware e otimizar o acesso a repositórios institucionais (Asim et al., 2024; Jayakanth et al., 2022).

A computação em nuvem também facilita a colaboração interinstitucional através do compartilhamento de bases de dados e serviços consorciados, o que amplia o alcance das coleções digitais (Wada, 2018). Ferramentas específicas como Koha para automação de processos, Dropbox para armazenamento e plataformas como DSpace e EPrints para repositórios digitais têm sido amplamente adotadas (Ali; Naveed; Khan, 2024), embora desafios técnicos como instabilidades em servidores Tomcat ainda persistam (Jayakanth et al., 2022). Outra prática emergente é o uso de autenticação federada via Shibboleth para acesso remoto a recursos licenciados, ampliando a democratização da informação, o que pode ser estratégico para instituições acadêmicas, especialmente em cenários que demandam flexibilidade e resiliência operacional (Jayakanth et al., 2021).

Apesar das inúmeras oportunidades e vantagens, a implementação dessa tecnologia nas bibliotecas ainda enfrenta obstáculos significativos, incluindo questões de segurança cibernética, privacidade de dados e dependência de provedores externos. Problemas de conectividade afetam 59,7% das instituições em países em desenvolvimento (Abdelkader et al., 2021), enquanto a falta de expertise técnica e a complexidade na gestão de ambientes híbridos (nuvens públicas e privadas) representam desafios adicionais (Munguti; Opiyo, 2018). Migrações mal planejadas podem resultar em gargalos de desempenho, como sobrecarga de CPU (Jayakanth et al., 2022), e questões legais sobre jurisdição de dados exigem políticas claras, sobretudo em colaborações internacionais (Al-Ramahi et al., 2022).

As tendências futuras apontam para a integração da computação em nuvem com outras tecnologias emergentes, como IA - para análise preditiva de acervos e blockchain - para garantia de procedência de dados (Indraji et al., 2024). Modelos híbridos de computação em nuvem surgem como estratégia para equilibrar segurança e custos (Hoxha; Xaliko, 2023), enquanto novas abordagens como computação em névoa (fog computing) e análises de big data aplicadas à gestão bibliotecária ganham destaque na pesquisa acadêmica, China e EUA liderando a produção científica (Yu et al., 2018; Ali et al., 2024).

Por fim, essas inovações reforçam o papel transformador da computação em nuvem na modernização de serviços bibliotecários, desde que acompanhadas de investimentos em capacitação técnica e frameworks de governança robustos.

6.7 REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA

A Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA) emergem como tecnologias transformadoras no âmbito bibliotecário, promovendo a criação de espaços dinâmicos e interativos. Enquanto a RV cria ambientes digitais imersivos por meio de dispositivos específicos, a RA sobrepõe elementos digitais ao mundo físico através de smartphones ou tablets, enriquecendo a interação com acervos e serviços (Oyelude, 2018). Apesar do potencial inovador, sua adoção ainda é muito incipiente devido a desafios como custos elevados e carência de capacitação técnica entre os profissionais (Shahzad; Khan, 2024).

A aplicação dessas tecnologias tem impactado significativamente os serviços bibliotecários. A RA, por exemplo, viabiliza soluções como o app ShelvAR, que identifica livros que estão fora do lugar e indicam o local correto nas estantes, otimizando a organização e a localização de materiais. Além disso, overlays digitais fornecem informações adicionais sobre acervos e sugestões de leitura, enquanto mapas virtuais facilitam a navegação interativa. Já a RV possibilita tours virtuais remotos, visualização

3D de documentos raros e sistemas de navegação inteligente, ampliando o acesso e o engajamento dos usuários (Hussain, 2022). Ambas as tecnologias também favorecem o aprendizado dinâmico, seja por meio de workshops imersivos (RV) ou interações contextualizadas (RA), embora barreiras como a necessidade de capacitação e investimento em equipamentos persistam.

Experiências em bibliotecas acadêmicas dos EUA e Canadá revelam uma adoção ainda experimental, focada em espaços dedicados e empréstimo de equipamentos, com impacto limitado na integração direta em currículos ou pesquisa. No entanto, projeta-se um futuro promissor para aplicações educacionais, como simulações e desenvolvimento de conteúdo imersivo, à medida que a tecnologia amadurece. (Greene; Groenendyk, 2021)

A implementação enfrenta obstáculos multifacetados. Barreiras financeiras destacam-se, especialmente em bibliotecas de países em desenvolvimento, onde os custos de aquisição e manutenção de hardware e software são limitados (Dahya et al., 2021). A falta de proficiência técnica entre bibliotecários e usuários exige programas abrangentes de treinamento (Lund; Agbaji, 2018), enquanto a escassez de suporte técnico especializado dificulta a solução de problemas e a integração com sistemas existentes (Chen; Yang, 2024). Questões éticas, como privacidade e aceitação social, demandam diretrizes claras para uso responsável (Wójcik, 2021). Além disso, a resistência à mudança e a necessidade de adaptação cultural entre usuários e profissionais podem retardar a adoção, destacando a importância de estratégias de gestão e envolvimento ativo da comunidade bibliotecária (Jalo; Pirkkalainen, 2024)

Superar esses desafios é crucial para que RV e RA realizem plenamente seu potencial de modernizar os serviços bibliotecários, transformando-os em ambientes alinhados às demandas tecnológicas do século XXI e às expectativas de usuários cada vez mais conectados.

6.8 IMPRESSÃO 3D, 4D E 5D

As tecnologias de impressão 3D estão sendo gradualmente incorporadas no contexto bibliotecário, particularmente em bibliotecas acadêmicas, como ferramentas para promover inovação, aprendizagem prática e democratização do acesso tecnológico (Kotula, 2023). Enquanto a impressão 3D já apresenta aplicações consolidadas, as tecnologias de impressão 4D, 5D e 6D ainda se encontram em fase experimental, representando uma lacuna de pesquisa na área da Biblioteconomia. A diferença fundamental entre essas tecnologias reside em suas capacidades: a impressão 3D cria objetos camada por camada; a 4D incorpora a dimensão temporal, permitindo que materiais mudem de forma ao longo do tempo; a 5D adiciona dois eixos para impressão de peças curvas mais resistentes; e a 6D combina

os recursos da 5D com materiais inteligentes criando estruturas que se adaptam a estímulos, como luz e temperatura por exemplo (Anas et al., 2022; Dargude et al., 2025).

A impressão 3D, atualmente a mais consolidada, permite a criação de objetos físicos a partir de modelos digitais, servindo a diversos propósitos educacionais, de pesquisa e artísticos. Bibliotecas como a da Universidade da Flórida oferecem serviços de impressão 3D que apoiam disciplinas variadas, desde engenharia até antropologia, possibilitando a produção de réplicas de artefatos históricos, modelos moleculares ou protótipos de invenções (Bossart et al, 2019). As tecnologias emergentes de impressão 4D e 5D ampliam essas possibilidades ao incorporar dimensões adicionais, como materiais que mudam de forma sob estímulos ou capacidades de fabricação mais complexas, embora suas aplicações bibliotecárias ainda sejam muito incipientes (Kotula, 2023).

As práticas bibliotecárias que utilizam impressão 3D incluem desde a disponibilização de impressoras para uso livre até programas estruturados de capacitação. A Universidade de Nevada, Reno, por exemplo, oferece tutoriais online, consultorias individuais e workshops para ensino de modelagem 3D (Radniecki, 2017). Muitas instituições adotam modelos de hardware e software de código aberto, como impressoras baseadas no projeto RepRap e programas como Blender ou FreeCAD, para reduzir custos e aumentar a acessibilidade (Kotula, 2023). Serviços de digitalização 3D também são comuns, permitindo a reprodução de objetos frágeis ou raros em colaboração com museus e departamentos acadêmicos (Bossart et al, 2019). Essas iniciativas não apenas apoiam a aprendizagem prática, mas também fomentam a criatividade e a colaboração entre usuários de diferentes áreas.

Ainda que as aplicações das tecnologias de impressão 4D e 5D em bibliotecas ainda sejam experimentais, seu potencial é promissor. A impressão 4D poderia ser utilizada para criar materiais educativos adaptativos, como mapas táteis que mudam de forma para representar dados dinâmicos, enquanto a impressão 5D, com sua capacidade de fabricação mais complexa, poderia apoiar pesquisas avançadas em engenharia e design avançado, oferecendo suporte a pesquisas de ponta, ou na preservação de acervos por meio de réplicas de livros raros com fidelidade estrutural. (Kotula, 2023)

Kotula (2023) também afirmam que bibliotecas que adotam essas tecnologias precisarão investir em capacitação contínua de pessoal e em parcerias com especialistas, além de promover a conscientização sobre seu potencial entre os usuários. Embora os desafios sejam significativos, como custos e necessidade de infraestrutura, a integração dessas tecnologias pode transformar as bibliotecas em centros de inovação multidisciplinar.

6.9 MÍDIAS SOCIAIS

A integração de tecnologias emergentes com mídias sociais está transformando os serviços bibliotecários ao criar canais dinâmicos e interativos de comunicação e engajamento com os usuários. Ferramentas de IA e chatbots integrados a plataformas como WhatsApp e Facebook Messenger possibilitam atendimento de referência automatizado e personalizado, respondendo consultas em tempo real (Mensah; Onyancha, 2021). Já a RA, aplicada em redes sociais como Instagram e TikTok, permite promover acervos digitais de forma imersiva, através de tours virtuais por coleções especiais ou tutoriais interativos (Stephens, 2022). Essas inovações ampliam o alcance dos serviços, tornando-os mais acessíveis e alinhados às expectativas dos usuários contemporâneos.

As mídias sociais assumem um papel estratégico no marketing e comunicação das bibliotecas, facilitando a divulgação eficiente de recursos e eventos. Plataformas como Facebook, Instagram e YouTube são utilizadas para compartilhar atualizações sobre novos acervos, workshops e serviços, enquanto métricas de engajamento (curtidas, compartilhamentos) fornecem insights valiosos sobre as preferências dos usuários (AlAwadhi; Al-Daihani, 2019). Campanhas segmentadas nessas plataformas permitem atingir públicos específicos, como estudantes de determinadas áreas, fortalecendo os vínculos entre a biblioteca e sua comunidade.

A interação com os usuários é outra dimensão impactada pelas mídias sociais, que possibilitam a criação de comunidades participativas. Ferramentas como grupos no Facebook e fóruns no Reddit facilitam discussões colaborativas, feedback em tempo real e cocriação de serviços, incluindo sugestões para aquisições ou melhorias nos espaços físicos (Nguyen et al, 2012). Bibliotecas podem adotar mídias sociais como abordagem estratégica para transformar-se em centros de inovação, tornando-se mais relevantes e responsivas às necessidades de seus públicos.

Diante do exposto, conclui-se que as tecnologias emergentes evidenciam transformações que estão redefinindo fundamentalmente o papel das bibliotecas, convertendo seus espaços físicos centrados em acervos impressos para ecossistemas digitais dinâmicos e interativos (Band, 2024). A adoção dessas tecnologias modifica profundamente a execução de serviços e práticas bibliotecárias, transformando tanto os ambientes de trabalho quanto as formas de acesso à informação pelos usuários, resultando em ganhos significativos de eficiência e precisão. As tendências tecnológicas atuais demonstram que a profissão bibliotecária precisa se reinventar, adaptando-se e se abrindo às novas oportunidades de desenvolvimento de práticas e serviços inovadores do século XXI.

7 RECOMENDAÇÕES

As recomendações foram apresentadas por diversos pesquisadores e enfatizam a necessidade de integrar tecnologias emergentes nas bibliotecas, visando modernizar serviços e práticas bibliotecárias. Essas propostas convergem para uma abordagem multifacetada, que inclui investimento em infraestrutura acessível, capacitação contínua de profissionais e integração curricular, garantindo a eficácia e a sustentabilidade da adoção tecnológica. Além disso, destacam-se a importância do planejamento estratégico, da ética e da adaptação às tendências inovadoras para maximizar o impacto dessas ferramentas.

A transformação de bibliotecas tradicionais em ambientes inteligentes e centrados no usuário é um objetivo central, alinhado às demandas da era digital. Para isso, são necessárias soluções técnicas, como sistemas de DRM e autenticação, combinadas com estratégias organizacionais, como parcerias e políticas robustas. No entanto, desafios como custos, complexidade técnica e questões de segurança e privacidade devem ser cuidadosamente avaliados.

A capacitação profissional e o apoio institucional são fundamentais para garantir a eficiência e a relevância dos serviços, enquanto a combinação de interação, marketing e avaliação contínua assegura que as expectativas dos usuários sejam atendidas. Em síntese, as recomendações fornecem um caminho estruturado para a adoção responsável e eficiente de tecnologias emergentes, promovendo bibliotecas mais dinâmicas, seguras e alinhadas com o futuro digital.

Para a implementação de Inteligência Artificial em bibliotecas, a literatura recomenda as seguintes ações:

- Desenvolver planos claros para integração de IA incluindo treinamento contínuo para bibliotecários, parcerias com especialistas em tecnologia e criação de estruturas éticas que garantam privacidade e transparência no uso de dados (Shahzad et al., 2024; Hussain, 2023).
- Priorizar infraestrutura tecnológica adequada e modelos de financiamento sustentáveis (Shahzad et al., 2024).
- Superar limitações financeiras e técnicas por meio de parcerias internacionais, adaptação de sistemas de IA a contextos locais e suporte multilíngue (Barsha; Munshi, 2024).
- Adotar tecnologias de baixo custo, como chatbots e reconhecimento facial (Hussain, 2023).
- Atualizar sistemas de gestão bibliotecária (ex.: Koha, Millennium) para compatibilidade com IA (Molaudzi; Ngulube, 2024).
- Automatizar catalogação, melhorar descoberta de recursos e oferecer serviços personalizados (Cox et al., 2019; Wheatley; Hervieux, 2019; Vijayakumar; Sheshadri, 2019).

- Implementar assistentes virtuais e robôs de consulta, alinhando-os com estratégias institucionais (Huang et al., 2023).
- Focar em cinco áreas principais: automação de processos internos, serviços ao usuário (ex.: chatbots), apoio a cientistas de dados, alfabetização em IA e gestão de usuários, equilibrando inovação com questões éticas (Cox; Mazumdar, 2022).
- Incluir disciplinas de IA nos currículos de biblioteconomia e promover treinamentos contínuos (Silva, 2024; Zondi et al., 2024).

Para a implementação de Internet das Coisas em bibliotecas, a literatura recomenda as seguintes ações:

- Desenvolver planos estratégicos para IoT, considerando rastreamento de recursos, circulação e serviços personalizados (Assim; Arif, 2023; De Sarkar, 2022).
- Investir em redes sem fio, computação em nuvem e segurança cibernética, para suportar e integrar com recursos de IoT (Khan et al., 2022; Bi et al., 2022).
- Utilizar RFID para automação de empréstimos, monitoramento de acervos e segurança (Bansal et al., 2018; Muhamad; Darwesh, 2020).
- Utilizar sensores para gestão inteligente de espaços (iluminação, climatização) (Yao; Song, 2015; Maepa; Moeti, 2021).
- Utilizar *beacons* para navegação interna e OCR para acessibilidade (Antevski et al., 2016; Karthikeyan et al., 2021).
- Adotar protocolos como TLS e autenticação de dois fatores (Liang; Chen, 2020; Xie et al., 2019).
- Promover interoperabilidade com padrões abertos (ex.: MQTT) (Wójcik, 2016).

Para a implementação de Blockchain em bibliotecas, a literatura recomenda as seguintes ações:

- Promover autenticação de registros acadêmicos e preservação digital (Hoy, 2017; Lemieux, 2016).
- Aplicar gestão de direitos digitais e contratos inteligentes para empréstimos (Griffey, 2016; Casino et al., 2019).
- Reduzir consumo energético e promover treinamentos para bibliotecários (Kushwaha; Singh, 2021).

Para a implementação de Realidade Virtual e/ou Realidade Aumentada em bibliotecas, a literatura recomenda as seguintes ações:

- Integrar acessibilidade desde o projeto inicial e criar relatórios detalhados (Clark; Lischer-Katz, 2020).
- Oferecer treinamentos técnicos e pedagógicos (Shahzad et al., 2023).
- Alocar recursos para hardware/software e estabelecer parcerias com desenvolvedores (Mayesti et al., 2024).

Para a implementação de Big Data e Big Analytics em bibliotecas, a literatura recomenda as seguintes ações:

- Utilizar Hadoop, Tableau e técnicas de mineração para recomendações personalizadas (Golub; Hansson, 2017; Wang et al., 2016).
- Desenvolver políticas alinhadas a regulamentações (Campbel; Cowan, 2016).

Para a implementação de Robótica em bibliotecas, a literatura recomenda as seguintes ações:

- Garantir conectividade estável e treinar bibliotecários (Ajani et al., 2023).
- Utilizar robôs para contação de histórias, inventário automatizado e suporte a usuários com deficiência (Nguyen, 2020; Shukor et al., 2018).
- Estabelecer parcerias com instituições de pesquisa e fornecedores de robótica para garantir suporte técnico (Wójcik, 2020).
- Buscar financiamento adequado para a aquisição, manutenção e desenvolvimento de tecnologias robóticas (Ajani et al., 2022; Wójcik, 2023).
- Utilizar chatbots e assistentes virtuais para responder perguntas simples e direcionar usuários (Ali, 2019; Cox, 2021).

Para a implementação de Computação em Nuvem em bibliotecas, a literatura recomenda as seguintes ações:

- Avaliar infraestrutura existente e priorizar provedores confiáveis (Hsu; Lin, 2016; Eskrootchi et al., 2020).
- Implementar criptografia e conformidade com regulamentos (Jalamneh; Khder, 2021).
- Adotar a computação nuvem para reduzir custos com hardware, aumentar a escalabilidade e melhorar a acessibilidade dos recursos (Tella et al., 2020; Jayakanth et al., 2022).

- Oferecer treinamento contínuo para bibliotecários e usuários, garantindo que estejam familiarizados com as ferramentas em nuvem e suas funcionalidades. (Al-Ramahi et al., 2022).
- Migrar sistemas integrados de gestão bibliotecária existentes para a computação em nuvem para reduzir custos de manutenção (Romero, 2012; Jayakanth et al., 2022).
- Hospedar repositórios institucionais (como DSpace ou EPrints) em plataformas de computação em nuvem para garantir acesso remoto e backup seguro (Jayakanth et al., 2022).

Para a implementação de Impressão 3D/4D em bibliotecas, a literatura recomenda as seguintes ações:

- Criar makerspaces e colaborar com departamentos acadêmicos (Bossart et al., 2019; Kotula, 2023).
- Implementação de impressão 3D como uma solução de baixo custo utilizando hardware e software de código aberto, baseadas no projeto RepRap e programas como FreeCad e Blender. (Kotula, 2023)
- Para melhor sustentabilidade financeira dos serviços de impressão 3D, utilizar modelos de cobrança por uso e a contratação de estudantes para integrar a impressão 3D em projetos de pesquisa e ensino. (Bossart; Gonzales, 2023)

Para a implementação de Mídias Sociais em bibliotecas, a literatura recomenda as seguintes ações:

- Usar WhatsApp, Facebook e TikTok para serviços de referência e divulgação (Chaputula et al., 2020; Stephens, 2022).
- Estabelecer diretrizes para privacidade e análise de métricas (Alawadhi; Al-Daihani, 2019).
- Incorporar chatbots em redes sociais para atendimento automatizado (França et al., 2021).
- Desenvolver políticas claras sobre privacidade e uso de dados nas mídias sociais, garantindo conformidade com regulamentações e proteção dos usuários (Alawadhi; Al-Daihani, 2019).
- Oferecer treinamentos contínuos para bibliotecários sobre ferramentas de mídia social, estratégias de engajamento e análise de métricas (Mensah; Onyanha, 2021).

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Bibliotecas são espaços dinâmicos e adotar tecnologias emergentes tornam-se cada vez mais relevante em um mundo cada vez mais digital. O importante é equilibrar inovação com acessibilidade, inclusão e alinhamento das tecnologias às reais necessidades do usuário.

Esse estudo apresentou a adoção das tecnologias emergentes da 4IR nas práticas bibliotecas. Objetivou apresentar cada uma dessas tecnologias integradas nessas práticas a partir de exemplos reais implementados por bibliotecas em diferentes países.

O futuro das bibliotecas está em se tornarem “inteligentes”, combinando acesso à informação com análise de dados e interatividade com usuário avançada. Entretanto, para a adoção das tecnologias emergentes em bibliotecas é necessário um planejamento para sua implementação, investimento em infraestrutura e treinamento técnico para a equipe bibliotecária. (Gaikwad; Bilawar, 2023) É essencial que todos os envolvidos esteja cientes dos riscos e dificuldades para continuar oferecendo serviços essenciais a seus usuários. Também é fundamental adotar estratégias que mantenham ativos digitais e protejam a privacidade do usuário.

As tecnologias emergentes transformam bibliotecas em espaços mais eficientes e interativos, mas exigem investimento, planejamento estratégico e adaptação cultural. A implementação bem-sucedida depende de equilibrar inovação com acessibilidade e ética (Nepali; Tamang, 2022). Recomenda-se a criação de parcerias para alcançar viabilidade financeira, ofertando serviços bibliotecários mais engajados com a modernidade. A realidade de cada país dificulta ou favorece a adoção de tecnologias emergentes pelas bibliotecas, porém há como obter recursos por meio de projetos interinstitucionais que favorecem que essa modernização aconteça. Para que a equipe bibliotecária tenha condições de utilizar ou implementar alguns desses serviços é necessário também um planejamento estratégico de workshops e treinamento de forma que esses profissionais possam aprender e praticar o uso dessas tecnologias.

As bibliotecas e sua equipe precisam se movimentar para lidar com toda essa transformação tecnológica causada pelo avanço e uso das tecnologias da informação. Toda essa transformação também acarretou na exigência de aprimoramento de muitas competências e no ajuste e atualização do currículo da Biblioteconomia e Ciência da Informação, incluindo competências interdisciplinares e coletivas que integrem conhecimentos e habilidades de TI. (Olubiyo, 2024) Para os futuros profissionais é muito importante, senão imperativo, que os currículos se adequem, adaptando novos conhecimentos de tecnologias emergentes, formando bibliotecários que estejam aptos para o mundo moderno.

REFERÊNCIAS

- ABDELKADER, K. et al. Challenges and factors affecting cloud computing adoption in higher technical education institutions in Libya. In: IEEE INTERNATIONAL MAGHREB MEETING OF THE CONFERENCE ON SCIENCES AND TECHNIQUES OF AUTOMATIC CONTROL AND COMPUTER ENGINEERING, 1., 2021, [S.l.]. Anais [...]. [S.l.]: IEEE, 2021. p. 310-315.
- ADEGOKE, K. A.; BABALOLA, G. A. Academic libraries in IoT era: moving towards smart services. In: THE DLIS, 2022, [S.l.]. Anais [...]. [S.l.: s.n.], 2022. p. 68.
- ADETAYO, A. J. Artificial intelligence chatbots in academic libraries: the rise of ChatGPT. Library Hi Tech News, v. 40, n. 3, p. 18-21, 2023.
- ADEYEMI, I. O. et al. Virtual and augmented reality as predictors of users' intention to use Lagos State Public Library, Lagos State, Nigeria. The Electronic Library, v. 41, n. 5, p. 682-699, 2023.
- AITHAL, S.; AITHAL, P. S. Effects of AI-based ChatGPT on higher education libraries. International Journal of Management, Technology, and Social Sciences (IJMTS), v. 8, n. 2, p. 95-108, 2023.
- AJAKAYE, J. E. Applications of artificial intelligence (AI) in libraries. In: Handbook of research on emerging trends and technologies in librarianship. [S.l.]: IGI Global, 2022. p. 73-90.
- AJANI, F. O. et al. Harnessing data librarianship for big data in academic libraries. MiddleBelt Journal of Library and Information Science, v. 22, n. 1, p. 48-59, 2024.
- AJANI, Y. A. et al. Big data and the management of libraries in the era of the Fourth Industrial Revolution: implications for policymakers. Digital Library Perspectives, v. 40, n. 2, p. 311-329, 2024.
- AJANI, Y. A. et al. Information professionals of the future and their prospects in the era of Fourth Industrial Revolution: the need for transformative potential in Nigeria. Mousaion, v. 40, n. 3, 2022.
- AJANI, Y. A. et al. Reincarnation of libraries via metaverse: a pathway for a sustainable knowledge system in the digital age. Business Information Review, v. 40, n. 4, p. 191-197, 2023.
- AKINTUNDE, M. O.; AMUDA, H. O. Predictors of adoption of blockchain technology by academic libraries in Nigeria. Library Hi Tech, [S.l.], 2023.
- ALAWADHI, S.; AL-DAIHANI, S. M. Marketing academic library information services using social media. Library Management, v. 40, n. 3/4, p. 228-239, 2019.
- ALI, N.; NAVEED, M.; KHAN, S. A. Research visualization on cloud computing services in the field of information science and library science. Digital Library Perspectives, v. 40, n. 3, p. 429-439, 2024.
- AL-RAMAHI, N. M. et al. The TOEQCC framework for sustainable adoption of cloud computing at higher education institutions in the kingdom of Jordan. Sustainability, v. 14, n. 19, p. 12744, 2022.
- AMARAL, F. V.; JULIANI, J. P.; BETTIO, R. W. Internet das coisas em bibliotecas: proposta de um sistema para monitoramento de ruído para bibliotecas. Em Questão, [S.l.], p. 458-483, 2022.

ANAS, S. et al. Concept of 5D printing technology and its applicability in the healthcare industry. *Materials Today: Proceedings*, v. 56, p. 1726-1732, 2022.

ANTEVSKI, K.; REDONDI, A. E. C.; PITIC, R. A hybrid BLE and Wi-Fi localization system for the creation of study groups in smart libraries. In: *IFIP WIRELESS AND MOBILE NETWORKING CONFERENCE*, 9., 2016, [S.l.]. Anais [...]. [S.l.]: IEEE, 2016. p. 41-48.

ASEMI, A.; KO, A.; NOWKARIZI, M. Intelligent libraries: a review on expert systems, artificial intelligence, and robot. *Library Hi Tech*, v. 39, n. 2, p. 412-434, 2021.

ASIM, M.; ARIF, M. Internet of things adoption and use in academic libraries: a review and directions for future research. *Journal of Information Science*, [S.l.], p. 01655515231188338, 2023.

ASIM, M.; ARIF, M.; RAFIQ, M. Adoption and uses of cloud computing in academic libraries: a systematic literature. *Journal of Information Science*, [S.l.], p. 01655515241263272, 2024.

BABU, B. R. Exploring the past, present and future of librarianship: trends and developments. In: *NATIONAL CONFERENCE ON EXPLORING THE PAST, PRESENT, AND FUTURE OF LIBRARY AND INFORMATION SCIENCE*, 2023, [S.l.]. Anais [...]. [S.l.: s.n.], 2023. p. 1-11.

BAND, U. D. Emerging technologies and trends in library: a study. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, v. 11, n. 4, p. 157-163, 2024.

BARSHA, S.; MUNSHI, S. A. Implementing artificial intelligence in library services: a review of current prospects and challenges of developing countries. *Library Hi Tech News*, v. 41, n. 1, p. 7-10, 2023.

BASHIR, F.; WARRAICH, N. F. Future libraries' blockchain opportunities and challenges: a systematic literature review and research agenda. *Digital Library Perspectives*, [S.l.], 2023.

BELPAEME, T. et al. Social robots for education: a review. *Science Robotics*, v. 3, n. 21, p. eaat5954, 2018.

BHATIA, S.; WRIGHT DE HERNANDEZ, A. D. Blockchain is already here. What does that mean for records management and archives? *Journal of Archival Organization*, v. 16, n. 1, p. 75-84, 2019.

BI, S. et al. A survey on artificial intelligence aided internet-of-things technologies in emerging smart libraries. *Sensors*, v. 22, n. 8, p. 2991, 2022.

BOSSART, J. L.; GONZALEZ, S. R.; BHARTI, N. Retrospective analysis of a sustainable 3D printing service in an academic library. *Library Hi Tech*, v. 37, n. 4, p. 669-678, 2019.

BUBINGER, H.; DINNEEN, J. D. "What could go wrong?": an evaluation of ethical foresight analysis as a tool to identify problems of AI in libraries. *The Journal of Academic Librarianship*, v. 50, n. 5, p. 102943, 2024.

CALVERT, P. Thriving in the age of accelerations: a brief look at the societal effects of artificial intelligence and the opportunities for libraries. *Journal of Library Administration*, v. 57, n. 7, p. 789-798, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01930826.2017.1362912>. Acesso em: 20 fev. 2025.

CAMPBELL, D. G.; COWAN, S. R. The paradox of privacy: revisiting a core library value in an age of big data and linked data. *Library Trends*, v. 64, n. 3, p. 492-511, 2016.

CASINO, F.; DASAKLIS, T. K.; PATSAKIS, C. A systematic literature review of blockchain-based applications: current status, classification and open issues. *Telematics and Informatics*, v. 36, p. 55-81, 2019.

CHAPUTULA, A. H.; ABDULLAH, H.; MWALE, B. Proliferation of social media in academic libraries: use of WhatsApp as a platform for providing library services. *Library Management*, v. 41, n. 8/9, p. 717-729, 2020.

CHEN, C.-M.; YANG, Y.-C. A game-based augmented reality navigation system to support makerspace user education in a university library. *The Electronic Library*, v. 42, n. 1, p. 78-101, 2024.

CHRISTIDIS, K.; DEVETSIKIOTIS, M. Blockchains and smart contracts for the internet of things. *IEEE Access*, v. 4, p. 2292-2303, 2016.

COX, A. M. et al. Maturing research data services and the transformation of academic libraries. *Journal of Documentation*, v. 75, n. 6, p. 1432-1462, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JD-12-2018-0211>. Acesso em: 20 fev. 2025.

COX, A. M.; MAZUMDAR, S. Defining artificial intelligence for librarians. *Journal of Librarianship and Information Science*, v. 56, n. 2, p. 330-340, 2024.

CUONG NGUYEN, L.; PARTRIDGE, H.; EDWARDS, S. L. Towards an understanding of the participatory library. *Library Hi Tech*, v. 30, n. 2, p. 335-346, 2012.

DADA, K. S. J.; MOHAMMED, H. T. Connecting the dots through the adoption of blockchain technologies in library services. In: *Encyclopedia of Information Science and Technology*. 6. ed. [S.l.]: IGI Global, 2025. p. 1-18.

DAHYA, N. et al. Perceptions and experiences of virtual reality in public libraries. *Journal of Documentation*, v. 77, n. 3, p. 617-637, 2021.

DAIMARI, V. R. et al. Libraries in the age of Fourth Industrial Revolution: a systematic review based on scientometric and altmetric tools. *Global Knowledge, Memory and Communication*, [S.l.], 2024.

DARGUDE, S. et al. Exploring the evolution of 5D and 6D printing: current progress, challenges, technological innovations, and transformative biomedical applications. *Hybrid Advances*, [S.l.], p. 100470, 2025.

DAVID-WEST, B. T. Fourth industrial revolution and library and information science curriculum development in Nigeria. *Library Philosophy and Practice (e-journal)*, v. 6702, 2021.

DE SARKAR, T. Internet of Things (IoT) and library services. *Library Hi Tech News*, v. 39, n. 9, p. 18-22, 2022.

DIXIT, C. et al. Role of artificial intelligence. *International Journal of Modern Achievement in Science, Engineering and Technology*, v. 1, n. 2, p. 114-122, 2024.

DUAN, Y.; EDWARDS, J. S.; DWIVEDI, Y. K. Artificial intelligence for decision making in the era of big data – evolution, challenges and research agenda. *International Journal of Information Management*, [S.l.], 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.021>. Acesso em: 20 fev. 2025.

EHONIYOTAN, F.; AMZAT, O. Impact of emerging technologies in libraries: issues and opportunities. *Lokoja Journal of Information Science Research*, v. 1, n. 1, p. 61-68, 2023.

ENAKRIRE, R. T. The use of information and communication technologies (ICTs) by librarians for information and knowledge management in academic institutions in the Fourth Industrial Revolution. In: *Information, knowledge, and technology for teaching and research in Africa: human machine interaction and user interfaces*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. p. 153-164.

ESKROOTCHI, R. et al. Key factors influencing the adoption of cloud computing technology in the Medical Sciences University libraries. *Library Philosophy and Practice*, v. 4291, p. 1-27, 2020.

FAMIZA, N. T. et al. Readiness of academic libraries for blockchain technology: a conceptual exploration. *Jurnal Kejuruteraan, Teknologi dan Sains Sosial*, v. 10, n. 1, p. 22-30, 2024.

FOURIE, I. et al. From tradition to fast pacing 4IR and Society 5.0, to embracing community librarianship: an evolutionary approach on how to prepare students. *Library Trends*, v. 72, n. 4, p. 727-756, 2024.

GAIKWAD, M. N.; BILAWAR, P. B. Transforming academic libraries: exploring emerging trends and technologies. *LIS Links Newsletter*, v. 9, n. 1, p. 1-9, 2023.

GAROUFALLOU, E.; GAITANOU, P. Big data: opportunities and challenges in libraries, a systematic literature review. *College & Research Libraries*, v. 82, n. 3, p. 410, 2021.

GOLUB, K.; HANSSON, J. (Big) data in library and information science: a brief overview of some important problem areas. *Journal of Universal Computer Science*, v. 23, n. 11, p. 1098-1108, 2017.

GREENE, D.; GROENENDYK, M. An environmental scan of virtual and augmented reality services in academic libraries. *Library Hi Tech*, v. 39, n. 1, p. 37-47, 2021.

GRIFFEY, J. Blockchain and intellectual property. In: *INTERNET LIBRARIAN*, 2016, [S.l.]. Anais [...]. [S.l.: s.n.], 2016. Disponível em: [em linha]. Acesso em: 21 maio 2019.

GUPTA, N. K. et al. Artificial intelligence, robotics and its applications in green libraries. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, v. 10, n. 1, p. 3979-3987, 2023.

HANSON, K. T. Technological leapfrogging and innovation: re-imagining evaluation approaches and practice in Africa. In: *Public policy and technological transformations in Africa: nurturing policy entrepreneurship, policy tools and citizen participation*. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 67-84.

HEARN, J. et al. The impact of AI, machine learning, automation and robotics on the information professions. [S.l.: s.n.], 2021.

HERVIEUX, S.; WHEATLEY, A. (Ed.). The rise of AI: implications and applications of artificial intelligence in academic libraries. Chicago, IL: Association of College and Research Libraries, 2022.

HERVIEUX, S.; WHEATLEY, A. Perceptions of artificial intelligence: a survey of academic librarians in Canada and the United States. *The Journal of Academic Librarianship*, v. 47, n. 1, p. 102270, 2021.

HORSFALL, M. N.; OPURUM, A. C. Emerging intelligent technologies for smart school libraries. *Zambia Journal of Library & Information Science (ZAJLIS)*, v. 7, n. 2, p. 19-23, 2023.

HOXHA, K.; ALIKO, D. Cloud computing adoption in Albania: empirical study. In: RTA-CSIT, 2023, [S.l.]. Anais [...]. [S.l.: s.n.], 2023. p. 28-34.

HOY, M. B. An introduction to the blockchain and its implications for libraries and medicine. *Medical Reference Services Quarterly*, v. 36, n. 3, p. 273-279, 2017.

HSU, C.-L.; LIN, J. C.-C. Factors affecting the adoption of cloud services in enterprises. *Information Systems and e-Business Management*, v. 14, p. 791-822, 2016.

HUANG, Y.; COX, A. M.; COX, J. Artificial intelligence in academic library strategy in the United Kingdom and the Mainland of China. *The Journal of Academic Librarianship*, v. 49, n. 6, p. 102772, 2023.

HUANG, Y.-H. Exploring the implementation of artificial intelligence applications among academic libraries in Taiwan. *Library Hi Tech*, v. 42, n. 3, p. 885-905, 2022.

HUSSAIN, A. Uses of blockchain technologies in library services. *Library Hi Tech News*, v. 38, n. 8, p. 9-11, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/lhtn-08-2020-0079>. Acesso em: 20 fev. 2025.

HUSSAIN, A. Review of augmented reality in academic and research libraries. *Library Hi Tech News*, v. 39, n. 9, p. 23-25, 2022.

HUSSAIN, A. Use of artificial intelligence in the library services: prospects and challenges. *Library Hi Tech News*, v. 40, n. 2, p. 15-17, 2023.

HUSSAINI, S.; HARUNA, M.; SHRIVASTAVA, D. Blockchain: the gateway to new technology and its applications for academic libraries. *Journal of Information Technology and Sciences*, v. 8, n. 1, p. 12-21, 2022.

IBRAHIM, H. M.; AHMAD, K.; SALLEHUDIN, H. Impact of organisational, environmental, technological and human factors on cloud computing adoption for university libraries. *Journal of Librarianship and Information Science*, [S.l.], p. 09610006231214570, 2023.

IGBINOVIA, M. O. The Internet of Things in libraries will focus on its adoption in developing countries. *Library Hi Tech News*, v. 38, n. 4, p. 13-17, 2021.

IGWE, K. N.; SULYMAN, A. S. Smart libraries: changing the paradigms of library services. *Business Information Review*, v. 39, n. 4, p. 147-152, 2022.

INDRAJI, C.; NAIKAR, S. Application of cloud computing in libraries: prospects and challenges. *International Journal of Novel Research and Development (IJNRD)*, v. 10, n. 2, p. 315-322, 2025.

INDRAJI, C.; NAIKAR, S.; DOMINIC, J. Use of robotics and artificial intelligence for enhancing library services. *Library Progress International*, v. 44, n. 3, p. 3002-3010, 2024.

ISIAKA, A. O. et al. The evolving role of libraries in the Fourth Industrial Revolution: navigating digital transformation. *Library Philosophy & Practice*, [S.l.], 2024.

JALAMNEH, A. A.; KHDER, M. A. Challenges of implementing cloud computing in the Arab libraries environment. *Information Sciences Letters*, v. 10, n. 1, p. 81-91, 2021.

JALO, H.; PIRKKALAINEN, H. Effect of user resistance on the organizational adoption of extended reality technologies: a mixed methods study. *International Journal of Information Management*, v. 75, p. 102731, 2024.

JAYAKANTH, F.; BYRAPPA, A. T.; MINJ, F. Migration of a research library's ICT-based services to a cloud platform. *Information Technology and Libraries*, v. 41, n. 1, 2022.

KANNAUJIA, S. K. et al. AI-powered revolution: automating information management in libraries. In: *Academic libraries*. [S.l.: s.n.], 2024. p. 291.

KARTHIKEYAN, D. et al. Sophisticated and modernized library running system with OCR algorithm using IoT. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, v. 24, n. 3, p. 1680-1691, 2021.

KAUSHAL, V.; YADAV, R. The role of chatbots in academic libraries: an experience-based perspective. *Journal of the Australian Library and Information Association*, v. 71, n. 3, p. 215-232, 2022.

KOTUŁA, S. D. Implementation of 3D printing in an open-source solution in an academic library. *The Journal of Academic Librarianship*, v. 49, n. 5, p. 102768, 2023.

KUMAR, A.; BALA, S.; KUMAR, S. Emerging technologies in libraries: exploring the future and their implication in libraries. In: *Academic libraries*. [S.l.: s.n.], 2024. p. 229.

KUSHWAHA, A. K.; SINGH, A. P. Connecting blockchain technology with libraries: opportunities and risks. *Journal of Indian Library Association*, v. 56, n. 3, p. 12-19, 2021. Disponível em: <https://journal.ilaindia.net/>.

LEE, C.-C. et al. E-book circulation system based on blockchain. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL SCIENCE AND COMPUTATIONAL INTELLIGENCE (CSCI)*, 2021, [S.l.]. Anais [...]. [S.l.]: IEEE, 2021. p. 615-619.

LEMIEUX, V. L. Trusting records: is blockchain technology the answer? *Records Management Journal*, v. 26, n. 2, p. 110-139, 2016.

LIANG, X.; CHEN, Y. Libraries in Internet of Things (IoT) era. *Library Hi Tech*, v. 38, n. 1, p. 79-93, 2020.

LISCHER-KATZ, Z.; CLARK, J. Barriers to supporting accessible VR in academic libraries. [S.l.]: Temple University Libraries, 2020.

LUETH, K. L. Why the Internet of Things is called Internet of Things: definition, history, disambiguation. IoT Analytics, v. 19, 2014. Disponível em: <https://iot-analytics.com/internet-of-things-definition/>. Acesso em: 8 abr. 2025.

LUND, B. The Fourth Industrial Revolution: does it pose an existential threat to libraries? Information Technology and Libraries, v. 40, n. 1, 2021. Disponível em: <https://ital.corejournals.org/index.php/ital/article/view/13193>. Acesso em: 20 fev. 2025.

MAEPA, M. R.; MOETI, M. N. IoT-based smart library seat occupancy and reservation system using RFID and FSR technologies for South African universities of technology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ITS APPLICATIONS, 2021, [S.l.]. Anais [...]. [S.l.: s.n.], 2021. p. 1-8.

MAHALE, P. R.; DOKE, B. R. Blockchain and information science: a new era of security and transparency in library management. In: NATIONAL CONFERENCE ON NAVIGATING THE FUTURE: INNOVATIONS IN LIBRARY SCIENCE, 2025, [S.l.]. International Journal of Multidisciplinary Research and Technology, v. 6, n. 3, p. [S.p.], 2025.

MALGWI, P. G.; OTUBELU, B. N.; SADIQ, H. Enhancing library services in the Fourth Industrial Revolution (4IR): the innovative role of emerging technologies. [S.l.: s.n.], 2023.

MARWALA, T. The Fourth Industrial Revolution and academic library practices. In: Academic libraries: reflecting on crisis, the Fourth Industrial Revolution and the way forward. [S.l.: s.n.], 2022. p. 1.

MAYESTI, N. et al. Librarians' views of the readiness of university libraries in Indonesia to adopt virtual and augmented reality. Digital Library Perspectives, v. 40, n. 2, p. 212-230, 2024.

MENSAH, M.; ONYANCHA, O. B. A social media strategy for academic libraries. The Journal of Academic Librarianship, v. 47, n. 6, p. 102462, 2021.

MOLAUDZI, A. I.; NGULUBE, P. Use of artificial intelligence innovations in public academic libraries. IFLA Journal, [S.l.], p. 03400352241301780, 2025.

MSAUKI, G. Library 4.0 and sustainable development: opportunities and challenges. In: Examining the impact of industry 4.0 on academic libraries. [S.l.: s.n.], 2021. p. 31-44.

MUNGUTI, S. N.; OPIYO, E. Factors influencing the adoption of cloud computing in software development companies in Kenya. International Academic Journal of Information Systems and Technology, v. 2, n. 1, p. 126-144, 2018.

NAIK, B. J. Importance of AI in library science. Material Science, v. 22, n. 09, 2023.

NAMDEO, D. K.; KHARE, R.; NAMDEO, P. Environmental sustainability through green library practices and services in the agriculture university libraries of Madhya Pradesh and Chhatisgarh. In: Application of information communication technology in public libraries. [S.l.: s.n.], 2022. p. 156-163.

NEPALI, S.; TAMANG, R. A review on emerging trends and technologies in library. American Journal of Information Science and Technology, v. 6, n. 1, p. 8-15, 2022.

NGUYEN, L. C. The impact of humanoid robots on Australian public libraries. Journal of the Australian Library and Information Association, v. 69, n. 2, p. 130-148, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/24750158.2020.1764491>. Acesso em: 20 fev. 2025.

OLORUNFEMI, M.; ADEKOYA, C. O. Technostress and information and communication technology usage among librarians in Nigerian universities. Global Knowledge, Memory and Communication, [S.l.], 2023.

OLUBIYO, P. O. Fourth Industrial Revolution (4IR) and innovative library and information service delivery. International Journal of Library and Information Science Studies, v. 10, n. 3, p. 62-72, 2024.

OPELE, J. K. The impact of emerging technologies on library education: a global perspective. University of Ibadan Journal of Library and Information Science, v. 6, n. 2, 2023.

OYELUDE, A. A. Virtual reality (VR) and augmented reality (AR) in libraries and museums. Library Hi Tech News, v. 35, n. 5, p. 1-4, 2018.

PATEL, S.; BADIR, S. O.; MOLANDER, G. A. Developments in photoredox-mediated alkylation for DNA-encoded libraries. Trends in Chemistry, v. 3, n. 3, p. 161-175, 2021.

PURITAT, K. et al. Book recommendation for library automation use in school libraries by multi features of support vector machine. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, v. 12, n. 4, 2021.

RADNIECKI, T. Supporting 3D modeling in the academic library. Library Hi Tech, v. 35, n. 2, p. 240-250, 2017.

SANTA ANNA, J. Trajetória histórica das bibliotecas e o desenvolvimento dos serviços bibliotecários: da guarda informacional ao acesso. RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, v. 13, n. 1, p. 138-155, 2015.

SEMELER, A. et al. Algorithmic literacy: generative artificial intelligence technologies for data librarians. EAI Endorsed Transactions on Scalable Information Systems, v. 11, n. 2, 2024.

SEVERINO, A. J. Metodologia do trabalho científico. São Paulo: Cortez, 2017.

SEYAMA, J.; NAGAYAMA, R. S. The uncanny valley: effect of realism on the impression of artificial human faces. Presence, v. 16, n. 4, p. 337-351, 2007.

SHAHZAD, K. et al. Effects of motivational and behavioral factors on job productivity: an empirical investigation from academic librarians in Pakistan. Behavioral Sciences, v. 13, n. 1, p. 41, 2023.

SHAHZAD, K. et al. Identifying university librarians' readiness to adopt artificial intelligence (AI) for innovative learning experiences and smart library services. *Global Knowledge, Memory and Communication*, [S.l.], 2024.

SHAHZAD, K.; KHAN, S. A.; IQBAL, A. Impact of augmented reality on libraries: a systematic literature review. *Journal of Librarianship and Information Science*, [S.l.], p. 09610006241259492, 2024.

SHUKOR, A. Z. et al. Object tracking and following robot using color-based vision recognition for library environment. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC)*, v. 10, n. 2-7, p. 79-83, 2018.

SIFE, A. S.; MATTO, G. Realigning library and information services with the Fourth Industrial Revolution. In: COTUL SCIENTIFIC CONFERENCE, 2022, [S.l.]. Anais [...]. [S.l.: s.n.], 2022.

SILVA, J. F. A integração da inteligência artificial na biblioteconomia: um caminho em construção. *Código 31: Revista de Informação, Comunicação e Interfaces*, v. 2, n. 1, 2024.

SINHA, P.; BRAR, K. S. Application of Internet of Things (IoT) in libraries. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE MANAGEMENT IN HIGHER EDUCATION INSTITUTION, 2022, [S.l.]. Anais [...]. [S.l.: s.n.], 2022. p. 199-204.

SOFTBANK ROBOTICS. Pepper: the humanoid robot transforming library services. *The Japan Times*, [S.l.], 2016. Disponível em: <https://www.japantimes.co.jp/news/2016/05/19/business/tech/softbanks-pepper-robot-becomes-android-friendly/>. Acesso em: 20 fev. 2025.

STEPHENS, R. Getting started with TikTok for library marketing. *Public Services Quarterly*, v. 18, n. 1, p. 59-64, 2022.

SURYAWANSHI, S. Using AI tools in libraries. *Indian Journal of Psychology*, v. 2, p. 205-213, 2024.

TARSIK, N. F. et al. Readiness of academic libraries for blockchain technology: a conceptual exploration. *Jurnal Kejuruteraan, Teknologi and Sains Sosial*, v. 10, n. 1, p. 22-30, 2024.

TELLA, A. Repackaging LIS professionals and libraries for the Fourth Industrial Revolution. *Library Hi Tech News*, v. 37, n. 8, p. 1-6, 2020.

TELLA, A.; AMUDA, H. O.; AJANI, Y. A. Relevance of blockchain technology and the management of libraries and archives in the 4IR. *Digital Library Perspectives*, v. 38, n. 4, p. 460-475, 2022.

VALJAŠKOVÁ, A. Work 4.0 project and its interconnection to the capability of memory institution to be active players in cultural industry in Slovakia. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON THE IMPACT OF INDUSTRY 4.0 ON JOB CREATION, 2018, Trenčianske Teplice. Anais [...]. Trenčianske Teplice: Alexander Dubček University, 2019. p. 224-232. Disponível em: <https://fsev.tnuni.sk/konferencia2018/Zbornik-industry-4-0.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2023.

VALMOHAMMADI, C.; VARAEE, F. Analyzing the interaction of the challenges of big data usage in a cloud computing environment. *Business Information Review*, v. 40, n. 1, p. 21-32, 2023.

WADA, I. Cloud computing implementation in libraries: a synergy for library services optimization. *International Journal of Library and Information Science*, v. 10, n. 2, p. 17-27, 2018.

WANG, D.-X. Information service in the big data era and development strategies for university libraries. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCE AND CONTEMPORARY HUMANITY DEVELOPMENT, 2., 2015, [S.l.]. Anais [...]. [S.l.]: Atlantis Press, 2015. p. 664-668.

WEI, Q.; CHANG, Z.; CHENG, Q. Usability study of the mobile library app: an example from Chongqing University. *Library Hi Tech*, v. 33, n. 3, p. 340-355, 2015.

WHEATLEY, A.; HERVIEUX, S. Artificial intelligence in academic libraries: an environmental scan. *Information Services and Use*, v. 39, n. 4, p. 347-356, 2019.

WÓJCIK, M. Areas and contexts of the use of robotics in libraries: an overview of the applied solutions and a discussion of prospects. *Library Hi Tech*, v. 42, n. 5, p. 1443-1456, 2023.

WÓJCIK, M. Internet of Things – potential for libraries. *Library Hi Tech*, v. 34, n. 2, p. 404-420, 2016.

XIE, K. et al. Internet of Things-based intelligent evacuation protocol in libraries. *Library Hi Tech*, v. 38, n. 1, p. 145-163, 2020.

YAO, F.; ZHANG, C.; CHEN, W. Smart talking robot Xiaotu: participatory library service based on artificial intelligence. *Library Hi Tech*, v. 33, n. 2, p. 245-260, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/LHT-02-2015-0010>. Acesso em: 20 fev. 2025.

YU, K.; GONG, R.; TANG, H. Based on statistical education to study innovative service and relationship quality of university library under big data. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, v. 14, n. 6, p. 2419-2425, 2018.

ZHAN, M.; WIDÉN, G. Understanding big data in librarianship. *Journal of Librarianship and Information Science*, v. 51, n. 2, p. 561-576, 2019.

ZONDI, N. P. et al. A review of artificial intelligence implementation in academic library services. *South African Journal of Libraries and Information Science*, v. 90, n. 2, p. 1-8, 2024.