

XXV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO - XXV ENANCIB

GT 11 – Informação e Saúde

DESAFIOS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO NA ÁREA DA SAÚDE USANDO OS PRECEITOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NEURO SIMBÓLICA

CHALLENGES IN BUILDING A RECOMMENDATION SYSTEM IN HEALTHCARE USING THE PRINCIPLES OF NEURO-SYMBOLIC ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Carlos Alberto Ferreira – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)
Dayanne da Silva Prudêncio – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)
Heitor Lopes Bianchi – Universidade de São Paulo (USP)

Modalidade: Trabalho Completo

Resumo: A aplicação de sistemas de recomendação na área da saúde, especialmente sob a ótica da Inteligência Artificial Neuro-Simbólica, tem se consolidado como um campo de estudo relevante diante da crescente complexidade dos Sistemas de Informação em Saúde. A partir da Ciência da Informação como prisma principal, esse campo busca compreender como a encontrabilidade da informação pode apoiar processos de diagnóstico mais precisos e baseados em evidências. O objetivo deste trabalho é identificar e discutir os principais desafios para a construção de um sistema de recomendação em saúde, analisando tanto os aspectos técnicos quanto os conceituais que permeiam o desenvolvimento de algoritmos inteligentes capazes de apoiar profissionais da área. Metodologicamente, o estudo realiza uma análise crítica das variáveis envolvidas nos Sistemas de Informação em Saúde e de sua relação com a aplicabilidade dos algoritmos de recomendação. A investigação considera as dicotomias e limitações encontradas no processo de integração entre dados clínicos, tratamento da informação e modelagem baseada em Inteligência Artificial. Como conclusão temos que a adoção de sistemas de recomendação fundamentados na Inteligência Artificial Neuro-Simbólica representa uma oportunidade estratégica para a saúde, ao permitir não apenas maior eficácia no processo diagnóstico, mas também a construção de um ambiente informacional mais acessível, dinâmico e orientado à tomada de decisão baseada em evidências.

Palavras-chave: sistemas de recomendação em saúde; inteligência artificial neuro simbólica; encontrabilidade da Informação.

Abstract:

The application of recommendation systems in healthcare, especially from the perspective of Neuro-Symbolic Artificial Intelligence, has established itself as a relevant field of study in light of the growing complexity of Health Information Systems. With Information Science as its main lens, this field seeks to understand how the findability of information can support more accurate and evidence-based diagnostic processes. The objective of this work is to identify and discuss the main challenges for building a healthcare recommendation system, analyzing both the technical and conceptual aspects that permeate the development of intelligent algorithms capable of supporting professionals in the field. Methodologically, the study performs a critical analysis of the variables involved in Health Information Systems and their relationship with the applicability of recommendation algorithms. The investigation considers the dichotomies and limitations found in the

process of integrating clinical data, information processing, and modeling based on Artificial Intelligence. In conclusion, the adoption of recommendation systems based on Neuro-Symbolic Artificial Intelligence represents a strategic opportunity for healthcare, allowing not only greater effectiveness in the diagnostic process, but also the construction of a more accessible, dynamic, and evidence-based decision-making environment.

Keywords: recommendation systems in health; neuro symbolic artificial intelligence; Information Findability.

1 INTRODUÇÃO

Quais são os principais obstáculos enfrentados na implementação de Sistemas de Recomendação na área da saúde ao utilizar a Inteligência Artificial Neuro-Simbólica? Com o propósito de responder a esse questionamento, o presente estudo se propõe a investigar os desafios associados à construção de Sistemas de Recomendação na área da Saúde, fundamentando-se na aplicação da Inteligência Artificial Neuro-Simbólica. A relevância deste tema é emergente, uma vez que a crescente complexidade dos dados em saúde demanda ferramentas que não apenas otimizem a acessibilidade, mas também aprimorem a aplicabilidade das informações disponíveis, contribuindo para decisões clínicas mais precisas, o que visa desenvolver soluções que melhorem o processo de recuperação da informação em saúde, promovendo a eficácia no diagnóstico baseado em evidências.

A pesquisa é um desdobramento de um projeto em andamento na Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO, intitulado “Os Sistemas de Recomendação em Sistemas de Informação em Saúde: Aplicabilidades e dicotomias para a encontrabilidade da informação no auxílio à formação de diagnósticos”. Com isso, o objetivo deste trabalho é analisar de que maneira os Sistemas de Recomendação, enquanto ferramentas de Inteligência Artificial, podem facilitar a encontrabilidade da informação em Sistemas de Informação em Saúde. Isso, por sua vez, visa aumentar a qualidade dos dados disponíveis, essencial para a tomada de decisões clínicas pelos profissionais de saúde.

A metodologia adotada é de natureza qualitativa, caracterizada por um enfoque bibliográfico e exploratório, pois isso permite uma análise dos conceitos e teorias existentes sobre Sistemas de Recomendação e Inteligência Artificial Neuro-Simbólica no campo informacional, proporcionando uma compreensão mais rica e contextualizada dos desafios e oportunidades na área da saúde. No campo metodológico, para que o entendimento fosse mais centrado nos preceitos da Ciência da Informação, optou-se por alinhamentos de bases de dados nas buscas que contemplassem os três principais campos que se debruçam sobre

tal temática, a primeira a Ciência da Informação, a Ciência da Computação e por fim o que arrola nas Ciências da Saúde. No presente documento serão abordados os conceitos fundamentais de Sistemas de Recomendação, com ênfase no processo de construção e nas funções da Inteligência Artificial Neuro-Simbólica.

2 SISTEMAS DE RECOMENDAÇÃO: CONCEITOS E APLICAÇÕES

Contextualizar os Sistemas de Recomendação requer, primeiramente, a compreensão de um fator central: sua natureza como uma aplicação da Inteligência Artificial, fundamentada no desenvolvimento de algoritmos estruturados.

De acordo com Alvarez (2016), os Sistemas de Recomendação são projetados para fornecer ao usuário recomendações personalizadas que facilitam novas descobertas. Esses sistemas empregam diversas estratégias, como recomendações baseadas em avaliações de outros usuários, perfis individuais, cliques e comparações de interesses.

Para delinear uma das funcionalidades dos Sistemas de Recomendação, é relevante observar que, ao realizar uma busca, seja aberta ou fechada, esses sistemas monitoram e estruturam possíveis recomendações. A partir de um viés coletor, eles utilizam cookies e informações obtidas por meio de formulários preenchidos pelos usuários. Após essa coleta, os algoritmos analisam os resultados das pesquisas e as interações nos diversos ambientes informacionais digitais, utilizando os dados previamente coletados para realizar análises e formularem recomendações para novos usuários.

Sistemas de Recomendação pode ser definido como ferramentas de Inteligência Artificial que analisam, a partir de algoritmos, os dados *online* para recomendar algo. Tal tecnologia surgiu em meados dos anos 90, com o intuito de suprir a dificuldade de encontrar o que se procura – em alguns casos até induzir na escolha – pois muitos usuários não têm noção muitas vezes do que exatamente procura por conta da vasta quantidade de informações disponíveis (Alvarez *et al.*, 2016).

D'arc (2021) afirma que em seu início tal sistema era conhecido como filtragem colaborativa, justamente por serem feitas a partir de colaboração de diversas pessoas. Entretanto, por não ser apenas realizadas através de colaboração, o termo foi generalizado para o que temos atualmente, Sistemas de Recomendação.

Ricchi, Bokach e Shapira (2015) definem Sistemas de Recomendação como softwares que, a partir de dados sobre usuários e itens, geram previsões acerca da relevância que um

usuário atribuiria a determinados itens, auxiliando na tomada de decisões e na descoberta de novas preferências. Os principais objetivos desses sistemas podem ser categorizados em três itens:

Primeiramente, a personalização, que visa apresentar conteúdos ou produtos relevantes aos usuários, aumentando seu engajamento e satisfação. Em segundo lugar, a descoberta de itens, que sugere produtos que podem não estar imediatamente visíveis para os usuários. Por fim, a filtragem, que busca selecionar um subconjunto útil em meio à sobrecarga informacional, facilitando a escolha entre milhares de opções disponíveis.

Quanto às técnicas utilizadas para efetuar as recomendações, podem ser classificadas em três grandes categorias. A primeira é a filtragem colaborativa, que se baseia no comportamento coletivo dos usuários, recomendando itens que foram apreciados por usuários com interesses semelhantes, utilizando históricos de avaliações próximas. Além disso, ela identifica itens semelhantes àqueles que o usuário já consumiu e valorizou.

A segunda categoria é a filtragem baseada em conteúdo, que utiliza atributos dos itens e o perfil do usuário. Nesta abordagem, características como gênero, atores ou palavras-chave são extraídas para construir um perfil de interesse, permitindo recomendações de itens com atributos semelhantes aos preferidos pelo usuário. A terceira categoria abrange os sistemas híbridos, que combinam a filtragem colaborativa e a filtragem baseada em conteúdo para aproveitar as forças de cada método e mitigar suas fraquezas. Esses sistemas podem operar de diversas maneiras: em cascata, onde um método alimenta o outro; em mistura, onde os *scores* são somados; ou em seleção dinâmica, em que a escolha dos métodos é realizada conforme o contexto.

Um sistema de recomendação, também referido na literatura como mecanismo de recomendação, é uma ferramenta que utiliza uma variedade de algoritmos de análise de dados, tanto preditivos quanto não preditivos, e pode incorporar Inteligência Artificial para realizar recomendações online. Essas recomendações podem ser personalizadas para cada usuário, dependendo do objetivo da plataforma, da quantidade de dados disponíveis e da tecnologia empregada na construção do sistema (Agrawal; Gans; Goldfarb, 2019).

Resnick e Varian (1997, *apud* Reategui e Cazella, 2005) destacam que os Sistemas de Recomendação aumentam a capacidade e a eficácia do processo de indicação, um fenômeno já amplamente reconhecido nas interações sociais humanas. Assim, esses sistemas têm um potencial significativo para fornecer apoio tecnológico no desenvolvimento e no uso das

Inteligências Artificiais Neuro-Simbólicas, especialmente aquelas direcionadas à melhoria da encontrabilidade da informação na área da saúde.

3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NEURO-SIMBÓLICA E SISTEMAS DE RECOMENDAÇÃO NA SAÚDE: CONCEITOS, PRÁTICAS E DESAFIOS

Diante das diversas aplicações da Inteligência Artificial (IA), destaca-se a Inteligência Artificial Neuro-Simbólica como uma das mais promissoras, devido às inúmeras possibilidades de uso que oferece ao combinar elementos da chamada IA "tradicional", frequentemente associada à Inteligência Artificial generativa, com princípios oriundos da Neurociência, focando na manipulação de símbolos e signos.

A Inteligência Artificial Neuro-Simbólica surge como uma intersecção entre as abordagens conexionistas e simbólicas da IA propondo um paradigma que visa compreender e replicar aspectos mais complexos da inteligência humana. Esta abordagem integra redes neurais, responsáveis pela aprendizagem e generalização em grandes conjuntos de dados, com métodos simbólicos que abordam raciocínio lógico, modelagem do conhecimento e representação semântica. Dessa forma, a IA neuro-simbólica oferece uma fusão entre a flexibilidade das redes neurais e a interpretabilidade na estrutura lógica dos sistemas simbólicos, superando algumas limitações que cada uma dessas metodologias enfrenta quando utilizadas isoladamente (Toledo, 2022).

Com a ascensão da aprendizagem profunda e os avanços significativos nas tecnologias de processamento natural de linguagem, a necessidade de desenvolver sistemas que possam interpretar, raciocinar e aprender em um nível mais elevado torna-se cada vez mais evidente e urgente. A integridade e eficácia dos sistemas neuro simbólicos reside na sua capacidade de resolver uma ampla gama de problemas que requerem uma compreensão mais profunda de regras e relações. Esta complexidade é uma faceta notável que observamos nos seres humanos durante a resolução de desafios variados em suas vidas cotidianas e profissionais. A interligação inteligente entre os dados empíricos que são processados pelas extensas redes neurais e o conhecimento normativo que é estruturado do raciocínio simbólico permite uma versatilidade considerável. Isso possibilita que as máquinas não apenas executem tarefas básicas, mas que também sejam capazes de aprender novas formas de abordar problemas, adaptando-se a diferentes contextos variados e dinâmicos, o

que representa um avanço na interação entre a inteligência artificial e a cognição humana (Teixeira, 1998).

Com isso, Inteligência Artificial Neuro Simbólica representa um avanço significativo em direção a uma IA que não apenas replica de forma eficaz a capacidade preditiva de modelos baseados em redes neurais, mas também incorpora de maneira consistente componentes de raciocínio lógico e representação de conhecimento de maneira integrada. Isso enfatiza a necessidade de um desenvolvimento tecnológico que reúna o melhor das duas tradições, culminando em sistemas mais inteligentes, adaptáveis e particularmente mais capazes de uma interação rica, contextualizada e relevante com os humanos. Essa poderosa sinergia é um passo importante e necessário em direção a uma IA mais próxima da complexidade da cognitividade humana, pois apresenta uma variedade considerável de aplicações práticas que vão desde assistentes virtuais mais intuitivos até inovações e avanços em áreas cruciais como medicina, educação, possibilitando também resolução de problemas complexos em ambientes corporativos e empresariais.

Os fundamentos teóricos da Inteligência Artificial Neuro Simbólica se inscrevem em um diálogo entre diferentes paradigmas da inteligência artificial, fornecendo assim uma base para o desenvolvimento e a aplicação de sistemas inteligentes que buscam emular a capacidade humana de raciocínio. Para uma compreensão aprofundada desse campo, é crucial contextualizar a inteligência artificial, que remonta à década de 1950, quando Alan Turing e John McCarthy se dedicaram a explorar a possibilidade de máquinas que pudessem replicar processos complexos de raciocínio humano. Neste contexto, surgem conceitos fundamentais que moldaram e continuam a influenciar a trajetória da IA incluindo a ideia de agentes inteligentes e a proposta de algoritmos sofisticados que permitem à máquina aprender de forma eficiente a partir de dados variados. Essa evolução culmina com o advento das redes neurais, que foram inspiradas no funcionamento do cérebro humano, proporcionando o desenvolvimento de uma técnica para reconhecimento de padrões e a modelagem de dados em diversas aplicações.

A partir da década de 1980, as redes neurais começaram a emergir como uma abordagem proeminente no campo da inteligência artificial, marcando uma nova era de inovação tecnológica. Com o desenvolvimento de arquiteturas como a Rede Neural Artificial *Multi-Layer Perceptron*, que utilizam a retropropagação para ajustar pesos sinápticos de forma eficiente, esse método foi amplamente adotado em diversas aplicações. Entretanto, a

lógica simbólica, que se ocupa da representação e manipulação do conhecimento em forma de símbolos, também se desenvolveu paralelamente, apresentando-se como uma alternativa para resolução de problemas onde o raciocínio baseado em regras é essencial. Os sistemas de raciocínio simbólico, incluindo ontologias, linguagens de marcação e sistemas especialistas, demonstram a eficácia da representação formal de conhecimento, pois criam um contrapeso à capacidade das redes neurais de lidar com a incerteza e a ambiguidade, mostrando que diferentes abordagens podem coexistir e até mesmo se complementar. À medida que a pesquisa avança, fica nítido que tanto redes neurais quanto a lógica simbólica têm seus papéis importantes em diversos contextos da inteligência artificial contemporânea.

A integração desses dois universos — a flexibilidade das redes neurais, por um lado, e a precisão da lógica simbólica, por outro — reflete a busca por uma inteligência artificial mais holística, capaz de superar os limites das abordagens tradicionais. Tal sinergia entre diferentes paradigmas de pensamento representa uma abordagem necessária, especialmente quando se considera que a interpretação contextual e a análise crítica são fundamentais na resolução de problemas complexos que a humanidade enfrenta. Ao unir as sofisticadas técnicas de aprendizado profundo, que são essenciais para a *machine learning* moderna, às representações simbólicas que facilitam a compreensão e manipulação do conhecimento, a IA neuro simbólica se posiciona de maneira promissora no avanço do entendimento e da operação em ambientes complexos, garantindo uma aplicação mais ampla das tecnologias emergentes que estão revolucionando setores diversos (Faceli, et al., 2011).

Assim, os fundamentos teóricos que sustentam essas interações delineiam um caminho promissor para a pesquisa em inteligência artificial, refletindo tanto uma continuidade histórica das ideias que nos trouxeram até aqui quanto uma busca por inovação interdisciplinar e colaborativa que pode abrir novas portas para o futuro da tecnologia na área da saúde.

A lógica simbólica, frequentemente considerada um dos fundamentos mais importantes da inteligência artificial, oferece uma estrutura sistemática para a representação do conhecimento, possibilitando que diversos sistemas computacionais manipulem informações complexas de maneira metódica e eficiente. Em contraste com as abordagens estatísticas que atualmente predominam nas redes neurais, as quais se baseiam em padrões de dados e no aprendizado com grandes volumes de informações, a lógica simbólica se

distingue por utilizar sentenças bem definidas, predicados e regras formais rigorosas para expressar proposições e suas inferências. Por meio dessa forma de representação, torna-se viável descrever as relações intrincadas entre objetos, classificar diversos tipos de conhecimentos e construir argumentos que tenham validade. Por meio de sistemas de lógica proposicional e da lógica de primeira ordem, a lógica simbólica cria um ambiente totalmente estruturado no qual raciocínios dedutivos podem ser realizados com clareza e rigor consideráveis, permitindo assim a efetiva extração de conclusões fundamentadas e válidas a partir de um conjunto de premissas estabelecidas, promovendo a validação das informações dentro de um contexto lógico bem estruturado, fortalecendo a confiança na integridade dos dados tratados.

As redes neurais, com sua excepcional atitude para extrair padrões a partir de grandes volumes de dados, permitem um aprendizado a partir da experiência adquirida ao longo do tempo, enquanto os sistemas simbólicos trazem à tona a capacidade de manipular representações abstratas de conhecimento. Essa simbiose é particularmente valiosa e relevante em aplicações que exigem uma compreensão mais profunda e contextualizada do conhecimento, como no processamento de linguagem natural e em sistemas de assistência à decisão, onde a necessidade de se interpretar nuances e significados é fundamental para a tomada de decisões informadas.

Outra vantagem significativa da abordagem neuro simbólica é a sua notável capacidade de fornecer interpretabilidade, um aspecto que frequentemente é negligenciado em sistemas que são baseados apenas em aprendizado profundo. A interpretabilidade é um elemento fundamental em vários setores que demandam altos níveis de transparência e responsabilidade, como na medicina e na justiça, onde as decisões tomadas precisam ser compreendidas e justificáveis. Ao preservar os significados, bem como as relações complexas entre os conceitos, os modelos neuro simbólicos tornam-se muito mais explicáveis para os usuários finais.

Além disso, a abordagem neuro simbólica propicia uma flexibilidade superior na resolução de problemas complexos e desafiadores. A capacidade de raciocinar sobre conceitos de alto nível, enquanto simultaneamente processa dados e padrões em níveis mais baixos, garante que os sistemas sejam capazes de lidar com a ambiguidade e a incerteza de forma mais assertiva. Essa adaptabilidade é essencial em domínios dinâmicos e em constante evolução, onde a variabilidade dos dados e a necessidade de decisões rápidas são

a norma e muitas vezes a chave para o sucesso. Como resultado, os sistemas neuro simbólicos não apenas superam problemas técnicos intrínsecos das abordagens isoladas, como também oferecem um panorama mais holístico que está alinhado às necessidades do mundo real, representando um avanço na pesquisa e aplicação da inteligência artificial atualmente. Essa combinação de capacidades torna os sistemas neuro simbólicos uma escolha promissora para enfrentar os desafios contemporâneos, estabelecendo uma nova era de inovação em tecnologias cognitivas e computacionais, em especial quando se trata de assuntos relacionados a áreas como a da Saúde, que lidam com dados muito sensíveis e com cada vez mais especificidades.

Diferentes práticas consideradas inovadoras já foram aplicadas na área da Saúde, mas poucas são tão inspiradoras e promissoras quanto o uso de soluções de Inteligência Artificial, especialmente os Sistemas de Recomendação. Historicamente, a aplicação de alternativas tecnológicas para auxiliar diagnósticos e tratamentos, clínicos ou não, trouxe benefícios significativos para os profissionais da saúde. Contudo, essa evolução também exige um maior treinamento e aprendizado por parte dos usuários, além de uma velocidade acelerada na criação e manutenção das soluções tecnológicas.

Ao analisar Sistemas Inteligentes, como os Sistemas de Recomendação, é fundamental considerar alguns aspectos relevantes que determinam sua capacidade de agregar valor aos Sistemas de Informação em Saúde. O primeiro aspecto está relacionado à confiabilidade dos dados coletados, que envolve conceitos fundamentais como a coleta e curadoria de dados, essenciais para garantir a qualidade das informações utilizadas pelos profissionais da saúde. O segundo aspecto diz respeito ao armazenamento dos dados, seja em Sistemas de Big Data ou em bancos de dados relacionais tradicionais. Para ambientes complexos como os da saúde, a utilização de Sistemas de Big Data é frequentemente recomendada.

A atual proliferação dos Sistemas de Recomendação é impulsionada tanto pela expectativa em relação à sua utilidade quanto pela percepção dos benefícios reais que podem proporcionar aos usuários. Esses sistemas têm se tornado cada vez mais populares, uma vez que facilitam a entrega de informações, produtos e serviços alinhados aos interesses variados dos usuários. Inicialmente desenvolvidos para o marketing, especialmente em e-commerce, os Sistemas de Recomendação são definidos como filtros de informação, destinados a apresentar dados ou objetos relevantes.

Shafer (2001) argumenta que esses filtros de informação podem ser aplicados a páginas web, filmes, músicas, livros, entre outros. O autor ressalta que os Sistemas de Recomendação se baseiam na relevância entre usuários, onde o que é considerado relevante para uma pessoa pode ser igualmente pertinente para outra com interesses similares. Assim, é inegável que esses sistemas desempenham um papel crucial diante da crescente demanda por conteúdo personalizável. Portanto, podemos definir os Sistemas de Recomendação (RecSys) como sistemas de filtragem e recuperação de informações que buscam prever preferências, tendências e interesses dos usuários em determinados domínios de conhecimento, realizando sugestões frequentemente de forma assertiva.

4 CONTRIBUIÇÕES DA CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO À ENCONTRABILIDADE DA INFORMAÇÃO EM SAÚDE

A encontrabilidade, ou "findability", da informação em saúde — entendida como a capacidade de localizar de forma eficiente e precisa conteúdos médicos, científicos e clínicos — representa um desafio que requer soluções robustas em organização, indexação e recuperação de dados. A Ciência da Informação, fundamentada na organização do conhecimento, arquitetura da informação e recuperação de informação, tem contribuído de maneira significativa para permitir que profissionais de saúde, pesquisadores e cidadãos acessem rapidamente conteúdos confiáveis e relevantes (Alvarez; Vidotti; Sanchez, 2018).

Os pilares da encontrabilidade em saúde incluem o uso de metadados, vocabulários controlados e a construção de tesouros, que padronizam a terminologia e aprimoram a precisão das pesquisas. Um exemplo notável é o MeSH (*Medical Subject Headings*), desenvolvido pela *National Library of Medicine*, que atua como um vocabulário hierarquizado permitindo a indexação, catalogação e recuperação de artigos em bases de dados como a Medline/PubMed. O uso do MeSH reduz a ambiguidade terminológica e melhora a relevância dos resultados de busca, ao agrupar sinônimos e definir relações hierárquicas entre conceitos. Além disso, esses sistemas controlados alimentam mecanismos de mapeamento automático de termos nas plataformas de busca, ampliando a capacidade de localização, mesmo quando o usuário não conhece o termo técnico exato.

A Ciência da Informação também orienta o design e a avaliação de Sistemas de Recuperação da Informação na área da saúde. Estudos como "*Search still matters: information retrieval in the era of generative AI*" demonstram que, mesmo com os avanços

da Inteligência Artificial generativa, a qualidade das respostas ainda depende da eficácia dos sistemas de busca subjacentes, como o da PubMed e motores de busca especializados em literatura biomédica. Esses sistemas incorporam técnicas avançadas de ranking, expansão de consulta e feedback de relevância para refinar resultados, atendendo às complexas necessidades de clínicos e pesquisadores no contexto da prática baseada em evidências.

Diversos desafios merecem ser destacados para proporcionar uma análise abrangente e alinhada ao objetivo deste trabalho, que é compreender os desafios na construção de um sistema de recomendação em Sistemas de Informação em Saúde, com a Inteligência Artificial Neuro-Simbólica como apoio.

O primeiro desafio relaciona-se à escolha da ferramenta de recuperação de informação, como a web semântica e ontologias. A utilização de ontologias como SNOMED CT, UMLS e Linked Data viabiliza buscas semânticas, permitindo que a máquina compreenda relações conceituais e retorne resultados contextualmente relevantes. No entanto, a complexidade de modelar e manter essas ontologias continua sendo um obstáculo significativo.

Outro desafio refere-se ao uso de Retrieval-Augmented Generation (RAG). As técnicas RAG combinam motores de busca com modelos generativos de IA para oferecer respostas fundamentadas em evidências, vinculando citações e permitindo o rastreamento da origem da informação. Estudos indicam melhorias na cobertura e qualidade das respostas, mas a integração com sistemas de saúde requer rigorosos controles de verificação.

Por fim, é essencial considerar os desafios relacionados à adoção dos princípios FAIR em dados clínicos. Os princípios FAIR garantem que dados de pesquisa e registros clínicos sejam encontráveis por humanos e máquinas. Wilkinson *et al.* (2016) definiram requisitos de metadados ricos, identificadores persistentes e repositórios indexados, práticas que já estão sendo implementadas em ensaios clínicos e repositórios genômicos. No contexto hospitalar, a National Library of Medicine enfatiza que metadados adequados e identificadores únicos são cruciais para a detectabilidade dos conjuntos de dados clínicos. Assim, a Ciência da Informação fornece metodologias e ferramentas — desde vocabulários controlados e sistemas de recuperação de informação a arquitetura da informação e princípios FAIR — que transformam o desafio de encontrar informações em saúde em processos cada vez mais eficientes, rigorosos e centrados no usuário.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos aspectos a ser destacado é a relevância do estudo dos Sistemas de Recomendação com o apoio da Inteligência Artificial Neuro-Simbólica, pois isso permite avaliar a adequação do uso dessas soluções em diversos Sistemas de Informação em Saúde. Na área da saúde, a medicina tem se fundamentado cada vez mais em evidências científicas sólidas. Dessa forma, os algoritmos de recomendação podem efetivamente auxiliar no processo de tomada de decisão clínica.

Os dados clínicos da população, que crescem de maneira exponencial, demandam constantemente ferramentas para filtragem e redução de informações que não influenciam a formação de diagnósticos baseados em evidências. Os rastros digitais deixados pelos usuários ao longo do uso de dispositivos fornecem insumos para que os Sistemas de Recomendação adquiram dados adicionais, permitindo previsões baseadas em padrões conhecidos de doenças e anomalias.

A análise da interseção entre Sistemas de Recomendação e a área da saúde revela um potencial transformador considerável, mesmo que este potencial se contraponha a desafios significativos que exigem atenção e resolução. Sistemas de recomendação, frequentemente utilizados em diversas indústrias para personalizar e otimizar experiências, demonstram a capacidade de melhorar a eficiência dos diagnósticos, personalizar tratamentos e contribuir para a adesão a regimes médicos. A implementação de algoritmos que processem dados clínicos, histórico médico e preferências do paciente visa criar um modelo mais centrado no indivíduo, permitindo intervenções mais específicas e eficazes.

Entretanto, a realidade enfrenta limitações substanciais que podem comprometer a efetividade dessa tecnologia. A qualidade e a integridade dos dados são críticas; dados incompletos ou enviesados podem resultar em recomendações não apenas ineficazes, mas potencialmente prejudiciais. Além disso, preocupações éticas relacionadas à privacidade e ao consentimento dos pacientes não podem ser negligenciadas. A confiança do público na utilização de Sistemas de Recomendação, especialmente na saúde, depende da transparência dos algoritmos e da utilização ética das informações pessoais. Assim, surgem questões sobre se a adoção desses sistemas contribuirá para uma maior equidade e qualidade no atendimento à saúde ou se, ao contrário, exacerbará disparidades existentes.

Por fim, a linha entre realidade e utopia torna-se mais tênue à medida que se considera a evolução tecnológica no campo da saúde. Para que a integração dos Sistemas de Recomendação não permaneça apenas uma ideia idealista, mas se torne uma aplicação prática e benéfica, é imperativo desenvolver um alinhamento robusto entre tecnologias contemporâneas, regulamentações éticas e necessidades dos pacientes. Somente por meio da colaboração entre profissionais de tecnologia, especialistas em saúde e formuladores de políticas será possível criar um ecossistema que não apenas adote a inovação, mas também proteja o bem-estar dos usuários. Em síntese, a visão de um futuro em que os Sistemas de Recomendação desempenham um papel integral na saúde depende da resolução de questões interligadas que cercam sua implementação realista. Assim, acreditamos que os Sistemas de Recomendação na área da saúde são uma lanterna em um labirinto de dados, e que a luz fornecida pela Ciência da Informação pode auxiliar o usuário a encontrar a saída, visando o que é mais desejado no momento: a informação.

REFERÊNCIAS

AGRAWAL, Ajay; GANS, Joshua; GOLDFARB, Avi. **Máquinas preditivas: a simples economia da Inteligência Artificial**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2019.

ALVAREZ, E. B. *et al.* Os sistemas de recomendação, arquitetura da informação e a encontrabilidade da informação. **Transinformação**, [s.l.], ez. v. 28, n. 3, 2016.

ALVAREZ, E. B.; VIDOTTI, S. A. B. G. SANCHEZ, J. A. P. Modelo para avaliar a encontrabilidade da informação em ambientes informacionais que usam sistemas de recomendações. **Informação & Tecnologia**, [s.l.], 5, n. 2, p. 201-219, 2018.

CAZELLA, S. C.; NUNES, M.; REATEGUI, E. A ciência da opinião: estado da arte em sistemas de recomendação. *In*: CONGRESSO DA SBC JORNADA DE ATUALIZAÇÃO DE INFORMÁTICA, 30., 2010, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: [s.n.], 2010. p. 161-216.

D'ARC, T. Por que usar um sistema de recomendação com inteligência artificial? **SmartHint**, São José dos Pinhais, 2021. Disponível em:
<https://www.smarthint.co/sistema-de-recomendacao-inteligencia-artificial>.

DINGLI, Alexiei; FARRUGIA, David. **Neuro-symbolic AI: design transparent and trustworthy systems that understand the world as you do**. Birmingham: Packt, 2023.

FACELI, K. *et al.* **Inteligência artificial: uma abordagem de aprendizado de máquina**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

XXV Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação - XXV ENANCIB
Rio de Janeiro, RJ - 03 a 07 de novembro de 2025

RICCI, F.; ROKACH, L.; SHAPIRA, B. (ed.). **Recommender systems handbook**. 2nd ed. New York: Springer. 2015.

SCHAFFER, J. B.; KONSTAN, J. A.; RIEDL, J. E-Commerce recommendation applications. **Data Mining and Knowledge Discovery**, [s./l.], v. 5, 115–153, 2001.

TEIXEIRA, João de Fernandes. **Mentes e máquinas: uma introdução à ciência cognitiva**. Porto Alegre: Artes Médicas. 1998.

TOLEDO, Mario. **Redes Neurais para sistemas de recomendação: uso de redes neurais recorrentes para tratamento de Cold-Start Problem**. São Paulo: Dialética. 2022.