

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS, CAMPUS DE MARÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO

Fabio Murakami

**APLICAÇÃO DA REALIDADE VIRTUAL NO PROCESSO DE
RECUPERAÇÃO DE INFORMAÇÃO:
modelagem de interfaces para ambientes virtuais de busca**

MARÍLIA - SP
2026

Fabio Murakami

**APLICAÇÃO DA REALIDADE VIRTUAL NO PROCESSO DE
RECUPERAÇÃO DE INFORMAÇÃO:
modelagem de interfaces para ambientes virtuais de busca**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciência da Informação pela Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Marília.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Informação, Tecnologia e Conhecimento.

LINHA DE PESQUISA: Produção e Organização da Informação.

Orientador: Prof. Dr. Edberto Ferneda

MARÍLIA - SP
2026

FICHA CATALOGRÁFICA

M972a	Murakami, Fabio Aplicação da realidade virtual no processo de recuperação de informação : modelagem de interfaces para ambientes virtuais de busca / Fabio Murakami. -- Marília, 2026 168 p. : il., tabs., fotos Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília Orientador: Edberto Ferneda 1. Realidade Virtual. 2. Recuperação da Informação. 3. Relevância Expandida. 4. Semiótica. 5. Umwelt Informacional. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

Impacto potencial da Aplicação da Realidade Virtual no Processo de Recuperação de Informação: modelagem de interfaces para ambientes virtuais de busca

Do ponto de vista científico, esta tese contribui para a Ciência da Informação ao propor dois conceitos originais, a Relevância Expandida e o *Umwelt* Informacional, e um modelo conceitual de recuperação da informação em ambientes imersivos, situado no paradigma pós-custodial/da complexidade e fundamentado na semiótica peirceana e na biossemiótica de Uexküll. Do ponto de vista tecnológico, abre caminhos para o desenvolvimento de sistemas de busca mais intuitivos e eficazes em Realidade Virtual, capazes de reduzir a sobrecarga cognitiva e ampliar a relevância dos resultados por meio da exploração espacial e da interação multimodal. Do ponto de vista social e educacional, oferece subsídios para a criação de experiências de aprendizagem e disseminação de conhecimento mais engajadoras e inclusivas, potencializando o acesso à informação em diferentes contextos, desde bibliotecas digitais até aplicações em saúde e treinamento profissional. Em conjunto, os resultados desta pesquisa redefinem não apenas a forma como interagimos com a informação em ecossistemas digitais, mas também a própria experiência humana de busca, compreensão e apropriação do conhecimento.

Potential Impact of the Application of Virtual Reality in the Information Retrieval Process: modeling of interfaces for virtual search environments

From a scientific perspective, this thesis contributes to Information Science by proposing two original concepts, Expanded Relevance and the Informational *Umwelt*, and a conceptual model of information retrieval in immersive environments, situated within the post-custodial/complexity paradigm and grounded in Peircean semiotics and Uexküllian biosemiotics. From a technological perspective, it opens pathways for the development of more intuitive and effective search systems in Virtual Reality, capable of reducing cognitive overload and increasing the relevance of results through spatial exploration and multimodal interaction. From a social and educational perspective, it provides support for the creation of more engaging and inclusive learning experiences and knowledge dissemination, enhancing access to information in different contexts, from digital libraries to applications in healthcare and professional training. Taken together, the results of this research redefine not only the way we interact with information in digital ecosystems but also the very human experience of searching, understanding, and appropriating knowledge.

Impact potentiel de l'Application de la Réalité Virtuelle dans le Processus de Recherche d'Information : modélisation d'interfaces pour environnements virtuels de recherche

Du point de vue scientifique, cette thèse contribue aux Sciences de l'Information en proposant deux concepts originaux, la Pertinence Élargie et l'*Umwelt* Informationnel, ainsi qu'un modèle conceptuel de recherche d'information en environnements immersifs, s'inscrivant dans le paradigme post-custodial/de la complexité et fondé sur la sémiotique peircéenne et la biosémiotique d'Uexküll. Du point de vue technologique, elle ouvre des voies pour le développement de systèmes de recherche plus intuitifs et efficaces en Réalité Virtuelle, capables de réduire la surcharge cognitive et d'augmenter la pertinence des résultats grâce à l'exploration spatiale et à l'interaction multimodale. Du point de vue social et éducatif, elle offre des apports pour la création d'expériences d'apprentissage et de diffusion des connaissances plus engageantes et inclusives, favorisant l'accès à l'information dans différents contextes, des bibliothèques numériques aux applications en santé et en formation professionnelle. Dans l'ensemble, les résultats de cette recherche redéfinissent non seulement la manière dont nous interagissons avec l'information dans les écosystèmes numériques, mais aussi l'expérience humaine même de recherche, de compréhension et d'appropriation du savoir.

Fabio Murakami

Aplicação da Realidade Virtual no Processo de Recuperação de Informação: modelagem de interfaces para ambientes virtuais de busca

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciência da Informação pela Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Marília.

Área de Concentração: Informação, Tecnologia e Conhecimento

Linha de Pesquisa: Produção e Organização da Informação

Banca Examinadora

Prof. Dr. Edberto Farneda (Orientador)
UNESP – Faculdade de Filosofia e Ciências - Câmpus de Marília

Prof. Dr. Carlos Cândido de Almeida
UNESP – Faculdade de Filosofia e Ciências - Câmpus de Marília

Prof^a. Dr^a. Maria José Vicentini Jorente
UNESP – Faculdade de Filosofia e Ciências - Câmpus de Marília

Prof^a. Dr^a. Larissa Pavarini da Luz
FATEC – Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza” - Garça

Prof. Dr. Fabrício Baptista
IFPR - Instituto Federal do Paraná – Campus Jacarezinho

Marília, 28 de maio de 2026

À minha família, que me ensinou o amor e a coragem.

Ao conhecimento, que me chama sempre a ir mais longe.

E ao meu orientador, pela companhia atenta que transformou esforço em
aprendizado.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Elza, pelo exemplo de resiliência.

À minha esposa, Loanda, e ao meu filho, Lorenzo, por serem presença, sentido e horizonte.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Edberto Farneda, pela companhia atenta e pela orientação segura no decorrer de todos estes anos.

Ao Prof. Dr. Carlos Cândido de Almeida, pela visão crítica e pela convivência acadêmica que se fortaleceu a partir da Semiótica.

À Prof^a. Dr^a. Maria José Vicentini Jorente, pela generosidade intelectual e pela contribuição que enriquece esta pesquisa.

À Prof^a. Dr^a. Larissa Pavarini da Luz, pelos fundamentos que sustentam esta trajetória.

Ao Prof. Dr. Fabrício Baptista, pela disponibilidade e pelo olhar atento que contribui para o amadurecimento deste trabalho.

Agradeço ainda à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação (PPGCI), por me acolherem e acreditarem no meu potencial.

Durante estes anos, a Ciência da Informação deixou de ser apenas objeto de estudo e se tornou um percurso que orientou meus passos, inserindo-me em um espaço vivo de diálogo e construção.

Sigo nessa trajetória que, assim como a Realidade Virtual, não apenas projeta novas possibilidades, mas também transforma a minha própria realidade, permitindo-me experimentar outras formas de ver, pensar e existir.

“Todos os meios são metáforas ativas em seu poder de traduzir a experiência em novas formas.”

Marshall McLuhan (1964, p. 76)

RESUMO

Esta tese investiga o impacto da Realidade Virtual (VR) no processo de Recuperação da Informação (RI), a partir da constatação de que os modelos clássicos, construídos sobre uma concepção de signo restrita à linguagem verbal, apresentam lacunas estruturais diante de ambientes imersivos, nos quais o signo é também espacial, gestual e perceptivo. A pesquisa adota abordagem teórico-conceitual, de natureza qualitativa, situada no paradigma pós-custodial/da complexidade da Ciência da Informação, fundamentada em revisão bibliográfica que articula a semiótica de Charles Sanders Peirce, utilizada como eixo interpretativo, a biossemiótica de Jakob von Uexküll, a filosofia de Platão e Descartes, e a ontologia do virtual de Pierre Lévy. A partir dessa base filosófica, a tese propõe dois conceitos originais: a **Relevância Expandida**, que amplia o julgamento de pertinência informacional para além da correspondência semântica, incorporando dimensões perceptiva, motora e experiencial; e o ***Umwelt* Informacional**, que descreve o recorte perceptivo-semiótico do espaço de busca que cada usuário está aparelhado para reconhecer e acionar. Com base nesses conceitos, é proposto um modelo conceitual de recuperação da informação em VR que preserva a estrutura clássica de Fernald (2013) e a expande com três camadas específicas: metadados espaciais, expressão de busca multimodal e um laço de refinamento experiencial. O modelo é consolidado em um framework analítico de sete etapas operacionais, aplicável à avaliação crítica de sistemas de RI em ambientes imersivos e exemplificado em quatro contextos: bibliotecas digitais, repositórios acadêmicos, treinamento corporativo e educação. A pesquisa conclui que a realidade virtual constitui não apenas um novo suporte tecnológico, mas um novo paradigma semiótico para a Ciência da Informação, no qual o *Umwelt* do usuário e a atualização do virtual em experiência real tornam-se variáveis centrais do processo informacional.

Palavras-chave: Realidade Virtual; Recuperação da Informação; Relevância Expandida; Semiótica; *Umwelt* Informacional.

ABSTRACT

This thesis investigates the impact of Virtual Reality (VR) on the Information Retrieval (IR) process, based on the recognition that classical models, built upon a conception of the sign restricted to verbal language, present structural gaps when confronted with immersive environments in which the sign is also spatial, gestural, and perceptual. The research adopts a theoretical-conceptual, qualitative approach, situated within the post-custodial/complexity paradigm of Information Science, grounded in a literature review that articulates the semiotics of Charles Sanders Peirce, used as the interpretive axis, the biosemiotics of Jakob von Uexküll, the philosophy of Plato and Descartes, and Pierre Lévy's ontology of the virtual. Building on this philosophical foundation, the thesis proposes two original concepts: **Expanded Relevance**, which broadens the judgment of informational pertinence beyond semantic correspondence to incorporate perceptual, motor, and experiential dimensions; and the **Informational *Umwelt***, which describes the perceptual-semiotic delimitation of the search space that each user is equipped to recognize and act upon. Based on these concepts, a conceptual model for information retrieval in VR is proposed, one that preserves Ferneda's (2013) classical structure while expanding it with three specific layers: spatial metadata, multimodal search expression, and an experiential refinement loop. The model is consolidated into a seven-step analytical framework, applicable to the critical evaluation of IR systems in immersive environments and exemplified across four contexts: digital libraries, academic repositories, corporate training, and education. The research concludes that virtual reality constitutes not merely a new technological medium for information retrieval, but a new semiotic paradigm for Information Science, one in which the user's *Umwelt* and the actualization of the virtual into real experience become central variables of the informational process.

Keywords: Virtual Reality; Information Retrieval; Expanded Relevance; Semiotics; Informational *Umwelt*.

RÉSUMÉ

Cette thèse examine l'impact de la Réalité Virtuelle (RV) sur le processus de Recherche d'Information (RI), à partir du constat que les modèles classiques, construits sur une conception du signe restreinte au langage verbal, présentent des lacunes structurelles face aux environnements immersifs, où le signe est également spatial, gestuel et perceptif. La recherche adopte une approche théorico-conceptuelle, de nature qualitative, s'inscrivant dans le paradigme post-custodial/de la complexité des Sciences de l'Information, fondée sur une révision bibliographique qui articule la sémiotique de Charles Sanders Peirce, utilisée comme axe interprétatif, la biosémiotique de Jakob von Uexküll, la philosophie de Platon et de Descartes, ainsi que l'ontologie du virtuel de Pierre Lévy. À partir de cette base philosophique, la thèse propose deux concepts originaux : la **Pertinence Élargie**, qui étend le jugement de pertinence informationnelle au-delà de la correspondance sémantique pour inclure les dimensions perceptive, motrice et expérientielle ; et l'**Umwelt Informationnel**, qui décrit le découpage perceptivo-sémiotique de l'espace de recherche que chaque utilisateur est équipé pour reconnaître et actionner. Sur la base de ces concepts, un modèle conceptuel de recherche d'information en RV est proposé, préservant la structure classique de Ferneda (2013) tout en l'élargissant par trois couches spécifiques : les métadonnées spatiales, l'expression de recherche multimodale et une boucle de raffinement expérientiel. Le modèle est consolidé en un cadre analytique de sept étapes opérationnelles, applicable à l'évaluation critique des systèmes de RI en environnements immersifs et illustré dans quatre contextes : bibliothèques numériques, dépôts académiques, formation en entreprise et éducation. La recherche conclut que la réalité virtuelle ne constitue pas seulement un nouveau support technologique pour la recherche d'information, mais un nouveau paradigme sémiotique pour les Sciences de l'Information, dans lequel l'*Umwelt* de l'utilisateur et l'actualisation du virtuel en expérience réelle deviennent des variables centrales du processus informationnel.

Mots-clés: Réalité Virtuelle ; Recherche d'Information ; Pertinence Élargie ; Sémiotique ; *Umwelt* Informationnel.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Charles Sanders Peirce	26
Figura 2 - Recorte da obra “A escola de Atenas” de Raphael.....	33
Figura 3 – <i>Antrum Platonicum</i> - gravura de Spiegel.....	36
Figura 4 – Retrato de René Descartes.....	43
Figura 5 – Tecnologia de VR aplicada	46
Figura 6 – Jakob von Uexküll	53
Figura 7 - Visor e controlador de VR	56
Figura 8 - Pierre Lévy	57
Figura 9 - Ivan Sutherland e seu display “Espada de Dâmocles”	61
Figura 10 – Donald A. Norman.....	65
Figura 11 - Modelo de Garrett	74
Figura 12 – Comportamento exploratório em ambientes virtuais.....	77
Figura 13 – Representação do processo de recuperação de informação.....	89
Figura 14 - Extensão do modelo clássico de Ferneda (2013).....	110
Figura 15 – Navegação dentro de realidade imersiva.....	116
Figura 16 – Documento representado como objeto 3D manipulável	123
Figura 17 – Navegação por agrupamentos temáticos.....	126
Figura 18 – Seleção de documentos por gesto de apontamento.....	128
Figura 19 – Resultados organizados em clusters conceituais 3D.....	133
Figura 20 - Ciclo do modelo conceitual de recuperação da informação em VR	138

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Vocabulário Semiótico Peirceano Utilizado na Tese.....	31
Quadro 2 - As Quatro Dimensões da Relevância Expandida	114

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CI	Ciência da Informação
HCI	Human-Computer Interaction
IA	Inteligência Artificial
IHC	Interação Humano-Computador
ISO	International Organization for Standardization
MIT	Massachusetts Institute of Technology
RI	Recuperação da Informação
UX	User Experience
VR	Virtual Reality

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Definição do Problema	14
1.2	Justificativa	15
1.3	Objetivos.....	17
1.3.1	Objetivo Geral.....	17
1.3.2	Objetivos Específicos	17
1.4	Metodologia	18
1.5	Estrutura da Pesquisa	20
2	A PERCEPÇÃO DA REALIDADE	22
2.1	Charles Sanders Peirce e a Semiótica	25
2.1.1	A tríade sógnica e a experiência em Realidade Virtual	27
2.1.2	Ícone, índice e símbolo na Recuperação da Informação em ambientes imersivos	29
2.1.3	A semiótica peirceana como eixo interpretativo do capítulo	31
2.2	Fundamentos Filosóficos da Realidade: Platão e o Mito da Caverna	33
2.2.1	Analogia entre as sombras na caverna e as simulações de VR.	35
2.2.2	Discussão sobre percepção e realidade a partir da perspectiva platônica	40
2.3	René Descartes e a Dúvida Metódica	43
2.3.1	Reflexões sobre a construção da realidade a partir do pensamento cartesiano.....	49
2.4	Jakob von Uexküll e a Biossemiótica da Percepção	52
2.5	Pierre Lévy e a Ontologia do Virtual	56
2.6	Considerações.....	58
3	EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO EM AMBIENTES DE REALIDADE VIRTUAL.....	61
3.1	Donald Norman e a Semiótica Peirceana na Experiência do Usuário.....	65
3.2	Carga Cognitiva e Modelos Mentais	66
3.3	UX aplicada à Realidade Virtual	68
3.4	Interseções entre UX e Ciência da Informação.....	72
3.5	Requisitos para Modelos de Busca e Recuperação em Ambientes Imersivos	79
3.5.1	Visibilidade Contextual	79
3.5.2	Metáforas Espaciais	80
3.5.3	Multimodalidade de Entrada.....	80
3.5.4	Organização Tridimensional da Informação	80

3.5.5	Feedback Multissensorial	80
3.6	Considerações.....	81
4	RECUPERAÇÃO DA INFORMAÇÃO	84
4.1	O processo de recuperação de informação	88
4.2	Documentos (corpus)	90
4.3	Representação dos documentos	92
4.4	Usuário.....	93
4.4.1	Do Usuário ao Sujeito Informacional	95
4.5	Expressão de busca.....	95
4.6	Representação da expressão de busca	98
4.7	Função de busca	100
4.8	Modelo de Recuperação de Informação	102
4.9	Resultado da busca	105
4.10	Interfaces	106
4.11	Considerações.....	109
5	PROPOSIÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL DE RECUPERAÇÃO DA INFORMAÇÃO EM AMBIENTES DE REALIDADE VIRTUAL.....	112
5.1	Relevância Expandida: definição e fundamentação	113
5.2	Princípios norteadores do modelo	115
5.2.1	Dimensão Cognitiva	115
5.2.2	Dimensão sensorial e experiencial	117
5.2.3	Dimensão informacional.....	118
5.3	Proposição de modelo conceitual.....	119
5.3.1	Documentos.....	120
5.3.2	Representação dos Documentos	122
5.3.3	Do Usuário ao Sujeito Informacional em VR.....	124
5.3.4	Expressão de busca.....	127
5.3.5	Representação da expressão de busca.....	130
5.3.6	Função de busca	131
5.3.7	Resultados da busca	132
5.3.8	Interfaces	134
5.3.9	Síntese integradora do modelo	136
5.4	Considerações.....	139
6	O MODELO COMO FRAMEWORK ANALÍTICO	141
6.1	Etapas operacionais.....	141

6.2	Funções do <i>framework</i>	143
6.3	Síntese do framework.....	143
6.4	Discussão do modelo diante dos desafios contemporâneos.....	143
6.4.1	Explosão informacional e complexidade dos dados	144
6.4.2	A questão da relevância.....	144
6.4.3	Corporeidade da percepção e experiência do usuário	144
6.4.4	Ética, privacidade e responsabilidade	145
6.4.5	Originalidade e potencial de aplicação.....	146
6.5	Considerações.....	147
7	CONCLUSÃO	148
7.1	O percurso filosófico e sua contribuição para a CI	148
7.2	A contribuição técnica: o modelo conceitual, a relevância expandida e o <i>Umwelt</i> informacional.....	149
7.3	O framework analítico e sua aplicabilidade.....	150
7.4	Limitações e perspectivas.....	151
7.5	Contribuição e posição da tese na CI.....	152
	REFERÊNCIAS.....	153

1 INTRODUÇÃO

A Realidade Virtual (VR)¹ tem se afirmado como uma das inovações mais promissoras do século XXI. As suas utilizações se ampliam para a educação, a saúde, o entretenimento e, de maneira especial, para a interação entre humanos e computadores. A natureza imersiva da VR quebra paradigmas convencionais de comunicação e da interação com a informação. Ela modifica de maneira significativa a forma como percebemos, acessamos e manuseamos informações.

Nesse contexto, Castells (2012, p. 459) declara que a virtualidade se configura como um novo sistema cultural no qual o elemento simbólico não apenas representa a realidade, mas também a estrutura como experiência. A imersão digital transcende a mera mediação, transformando-se em um ambiente, em um espaço de vivência, no qual os fluxos informacionais se integram à própria experiência social. Dessa forma, é fundamental examinar o comportamento informacional dos usuários em contextos de realidade virtual. A pesquisa fundamenta-se na Ciência da Informação, na Experiência do Usuário (UX) e na Filosofia da Percepção, apresentando uma investigação teórica e conceitual que resulta na elaboração de um modelo para a recuperação da informação em ecossistemas tridimensionais imersivos.

Esta tese tem como objetivo colaborar com a Ciência da Informação ao analisar os efeitos das tecnologias imersivas na organização, recuperação e utilização da informação. Conforme enfatiza Castells (2012, p. 462), o sistema de comunicação em rede desfaz as delimitações de espaço e tempo, instaurando um “espaço de fluxos” onde passado, presente e futuro se interconectam. Essa perspectiva possibilita entender de que maneira a realidade virtual redefine a busca por informação em contextos fluidos, dinâmicos e sensoriais. O comportamento informacional, por sua vez, é compreendido como o conjunto de ações, necessidades e práticas por meio

¹ Neste trabalho será adotada a sigla em inglês "VR" (*Virtual Reality*) para abreviar o termo "Realidade Virtual" em razão da consagração internacional da sigla.

das quais os sujeitos buscam, interpretam e usam informação (WILSON, 1999). Ao transpor esse conceito para o âmbito digital tridimensional, esta tese propõe ampliar os referenciais da Ciência da Informação pela incorporação de dimensões pouco contempladas pelos paradigmas clássicos, como a percepção espacial, a corporeidade e a cognição situada.

Esses aspectos não são periféricos, eles reconfiguram o próprio ciclo sógnico da busca informacional, alterando como o usuário produz signos de necessidade, como o sistema os interpreta e como os resultados retornam ao intérprete. Esta abordagem abre novas perspectivas para a CI ao propor que o processo de constituição do conhecimento em ambientes imersivos é, antes de tudo, um processo semiótico situado, mediado por signos espaciais, gestuais e perceptivos que os modelos lineares de recuperação não foram projetados para processar. Como contribuição teórica e metodológica para a Ciência da Informação, propõe-se uma virada epistemológica, da interface como canal para a interface como ambiente; do usuário como agente racional para o sujeito perceptivo e encarnado; da busca como tarefa lógica para a exploração como vivência. Tais deslocamentos são essenciais para a construção de um modelo conceitual contemporâneo, que é desenvolvido nos capítulos que se seguem como resposta ao problema central da tese.

1.1 Definição do Problema

Com o progresso das tecnologias imersivas, a forma pela qual os usuários se relacionam com a informação tem se alterado de maneira significativa. Nos contextos virtuais tridimensionais, os métodos convencionais de pesquisa, navegação e recuperação de informações mostram-se inadequados, demandando novos paradigmas fundamentados na percepção espacial, na corporeidade e na cognição situada. Os estudos que investigam o comportamento informacional nesses contextos, no entanto, ainda são incipientes. Schleussinger (2021) aponta que as pesquisas sobre recuperação da informação em ambientes imersivos carecem de modelos teóricos consolidados. Slater e Wilbur (1997) estabeleceram as bases para compreender presença e imersão, mas sem articulação direta com os processos de busca e relevância da CI. Já Bates (2002), ao propor o modelo *berrypicking*, antecipou a natureza exploratória da busca sem contemplar a dimensão espacial e corporal dos ecossistemas tridimensionais. Essa lacuna se estende à própria noção de relevância

informacional: os critérios semânticos e sistêmicos consolidados por Saracevic (1996) não foram ainda reinterpretados à luz das variáveis perceptivas, motoras e experienciais que a VR introduz.

A partir dessa lacuna, formula-se a questão central desta pesquisa: **como modelar conceitualmente a recuperação da informação em contextos imersivos de realidade virtual, de modo a preservar os fundamentos epistemológicos da Ciência da Informação e ao mesmo tempo incorporar as dimensões perceptivas, espaciais e semióticas que os ambientes tridimensionais exigem?**

1.2 Justificativa

A escolha do tema desta pesquisa se fundamenta na constatação de que os modelos tradicionais de Recuperação da Informação (RI), baseados em interfaces bidimensionais, apresentam limitações quando confrontados com ecossistemas imersivos. O crescimento das tecnologias de Realidade Virtual amplia as possibilidades de interação humano-computador e demanda novas formas de organização, acesso e uso da informação. De acordo com projeções recentes, o mercado global de VR, AR e realidade mista atingiu US\$ 28 bilhões em 2021 e deve ultrapassar US\$ 250 bilhões até 2028 (WONG; HUI; KONG, 2023, p. 2149). Esse crescimento é impulsionado pela expansão de aplicações em educação, saúde, treinamento profissional e entretenimento interativo (KHADKA; KOUDELKA, 2024, p. 139; RAJI et al., 2024, p. 725). Esse crescimento acelerado evidencia que os ecossistemas imersivos deixaram de ser uma perspectiva futurista para se tornarem uma demanda concreta de infraestrutura informacional. Este cenário impulsiona a necessidade de desenvolver novos modelos e estratégias para a Recuperação da Informação que sejam intrinsecamente adaptados a esses ambientes tridimensionais e multissensoriais (FERNANDES et al., 2023, p. 736). Nesse cenário, investigar os impactos da VR na RI torna-se não apenas relevante, mas necessário para a consolidação de referenciais teóricos e metodológicos capazes de orientar a construção de sistemas informacionais mais responsivos e inclusivos.

Do ponto de vista científico, esta tese se justifica pela necessidade de expandir o campo da Ciência da Informação para além dos modelos lineares e textuais, incorporando dimensões sensoriais, cognitivas e espaciais. A Ciência da Informação dispõe de referenciais consolidados sobre comportamento informacional, relevância e

cognição situada, cujos fundamentos estabelecidos por autores como Wilson (1999), Saracevic (2007) e Ingwersen (1992) continuam a servir como bases teóricas essenciais. Contudo, a necessidade de atualização desses modelos frente às complexidades dos ambientes digitais contemporâneos é amplamente reconhecida. Autores contemporâneos têm revisitado essas bases, buscando adaptar as noções clássicas às novas dinâmicas de busca (DAMAYANTI et al., 2025). Por exemplo, a relevância tem sido explorada sob perspectivas multidimensionais que consideram as limitações algorítmicas e a experiência subjetiva do usuário em espaços informacionais dinâmicos (HJØRLAND, 2010; PEIKOS; PASI, 2024). Paralelamente, a cognição situada, ampliada pelo diálogo com as teorias da cognição corporificada (*embodied cognition*), revela como o comportamento informacional se transforma quando o corpo e o espaço de interação se tornam variáveis centrais na recuperação da informação. Esse é um desafio crítico em ecossistemas de realidade virtual (BORGES et al., 2007; COX, 2018).

No entanto, a articulação específica entre esses fundamentos e as dimensões perceptivas, espaciais e semióticas que os ambientes imersivos de VR introduzem ainda não foi sistematizada em um modelo conceitual próprio para a CI. Tais dimensões incluem a corporeidade na condição da busca, a presença como variável de relevância, e a estrutura perceptiva do usuário como filtro do espaço informacional. É essa lacuna de articulação, e não a ausência de literatura sobre os conceitos individuais, que esta tese se propõe a preencher. Ao propor um modelo conceitual que integre essas dimensões, a pesquisa contribui para a renovação teórica do campo, alinhando-se às tendências interdisciplinares que aproximam a Ciência da Informação da Experiência do Usuário (UX) e da Filosofia da Percepção.

Do ponto de vista tecnológico, a justificativa decorre da insuficiência dos sistemas de recuperação da informação existentes diante das demandas dos ambientes imersivos. Os sistemas atuais foram projetados para interfaces bidimensionais e operam sobre representações textuais e estruturas lineares de consulta. Essa arquitetura não contempla a navegação espacial, a expressão gestual de necessidades informacionais nem o feedback perceptivo como mecanismo de refinamento da busca. Sweller (1988) demonstrou que a sobrecarga cognitiva, o excesso de demandas sobre a memória de trabalho, compromete diretamente a eficácia dos processos de aprendizagem e recuperação. Em ambientes imersivos,

esse risco se intensifica pela simultaneidade de estímulos sensoriais. Desenvolver referenciais conceituais para a RI em VR é, portanto, uma contribuição epistemológica para a CI. Não se trata apenas de uma resposta a demandas tecnológicas, mas da construção de um quadro teórico que permita ao campo compreender, avaliar e orientar o design de sistemas informacionais em ecossistemas tridimensionais.

Por fim, a relevância social e educacional sustenta-se na possibilidade de democratizar o acesso à informação e ampliar as formas de apropriação do conhecimento. Ambientes de realidade virtual já vêm sendo aplicados em bibliotecas digitais, educação, saúde e treinamento profissional. O projeto *Virtual Reality Library Experience*, da University of Oklahoma, demonstrou que a imersão favorece a compreensão e a retenção de conteúdos complexos (SCHLEUSSINGER, 2021). Já o relatório MIT Horizon (2024) aponta que tecnologias imersivas, quando projetadas com base em princípios de aprendizagem fundamentados em pesquisa empírica, produzem engajamento e construção ativa do conhecimento que métodos tradicionais não replicam. A modelagem de interfaces imersivas para RI pode, portanto, fortalecer práticas inclusivas, reduzir barreiras de acesso e enriquecer os processos formativos e informacionais em diferentes contextos. Dessa forma, a presente pesquisa se justifica por sua contribuição científica, tecnológica e social, respondendo a lacunas teóricas e práticas e reafirmando a centralidade da Ciência da Informação no enfrentamento dos desafios trazidos pelas tecnologias imersivas contemporâneas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Propor um modelo conceitual de recuperação da informação para ambientes imersivos de realidade virtual, com base no comportamento informacional dos usuários e nos princípios da Ciência da Informação, da Experiência do Usuário (UX) e da semiótica da percepção.

1.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos foram formulados de modo a garantir uma progressão lógica: partem da identificação de fatores centrais na experiência do usuário em realidade virtual, avançam para a análise de seus efeitos na recuperação da

informação, revisitam modelos consolidados da área e culminam na proposição de um modelo conceitual. São eles:

1. Identificar os elementos da experiência do usuário que afetam a busca, o acesso e o uso da informação em contextos de realidade virtual.
2. Analisar os efeitos da imersão e da percepção sensorial na dinâmica de reconhecimento e recuperação da informação.
3. Examinar os modelos clássicos de recuperação da informação, em especial os modelos booleano, vetorial e probabilístico, identificando seus limites conceituais diante das variáveis perceptivas, espaciais e semióticas que os ambientes imersivos de realidade virtual introduzem.
4. Desenvolver um modelo conceitual teórico para a recuperação da informação em ambientes imersivos, considerando aspectos cognitivos, sensoriais e espaciais.

1.4 Metodologia

O presente trabalho é uma pesquisa teórico-conceitual, de natureza qualitativa, fundamentada em revisão bibliográfica interdisciplinar nas áreas de Ciência da Informação, Filosofia, Experiência do Usuário (UX), Percepção e Tecnologia da Informação. A investigação será estruturada em três frentes:

- **Base conceitual:** revisão bibliográfica que articula três tradições teóricas de áreas distintas - os fundamentos epistemológicos da Ciência da Informação (comportamento informacional, relevância, representação e recuperação); a biossemiótica de Uexküll e a semiótica peirceana como lentes para compreender a percepção e a produção de signos em ambientes imersivos; e os estudos de Experiência do Usuário (UX) aplicados à realidade virtual, com ênfase em presença, carga cognitiva e cognição situada.
- **Análise crítica dos modelos clássicos:** exame dos modelos booleano, vetorial e probabilístico de recuperação da informação e das dimensões de relevância com o objetivo de identificar seus limites conceituais diante das variáveis perceptivas, espaciais e semióticas que os ambientes imersivos introduzem e de delimitar quais elementos podem ser preservados, quais

precisam ser expandidos e quais precisam ser reinterpretados no modelo proposto.

- **Proposição de modelo:** desenvolver um modelo conceitual de recuperação da informação para ambientes de realidade virtual, embasado nas teorias estudadas. Por seu caráter essencialmente teórico-conceitual, esta pesquisa não realiza testes empíricos ou experimentos com usuários; a validação prática do modelo constitui agenda para investigações futuras, conforme indicado nas considerações finais.

Esta pesquisa busca oferecer bases conceituais e estruturais que contribuam para a evolução teórica da Ciência da Informação diante dos desafios trazidos pelas tecnologias imersivas, antecipando necessidades e propondo caminhos metodológicos para o desenvolvimento de sistemas informacionais tridimensionais.

Do ponto de vista epistemológico, esta pesquisa se situa no paradigma pós-custodial, informacional e científico da Ciência da Informação (SILVA; RIBEIRO, 2002), que sucede os paradigmas custodial-historicista e cognitivo ao deslocar o foco da área do documento fixo e da custódia física para o fluxo informacional dinâmico, complexo e em rede. Esse deslocamento paradigmático, por vezes também chamado de paradigma da complexidade, dada sua ênfase em fenômenos informacionais não lineares, multifacetados e dependentes de contexto, é o que permite compreender a informação em ambientes de realidade virtual não como um documento estático a ser descrito e recuperado, mas como um fluxo perceptivo, corporal e semioticamente mediado, constantemente reconfigurado pela interação entre sujeito e sistema. É nesse paradigma, e não como ruptura em relação a ele, que se inscreve o modelo conceitual proposto nesta tese.

Cabe registrar, ainda, que a presente pesquisa reconhece as implicações éticas inerentes ao campo investigado. Sistemas de recuperação da informação em VR operam sobre dados sensório-motores: trajetórias espaciais, movimentos corporais, padrões de fixação ocular. Estes são substancialmente mais invasivos do que os dados de clique e consulta textual dos sistemas tradicionais. Embora a tese não realize coleta de dados com usuários, o modelo proposto incorpora a dimensão ética como critério de design. Transparência sobre o uso dos dados perceptivos, respeito à privacidade e conformidade com marcos regulatórios como a Lei Geral de Proteção

de Dados (LGPD) e o Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados (GDPR) são condições que qualquer implementação prática do modelo deve observar.

1.5 Estrutura da Pesquisa

Esta tese está organizada da seguinte forma:

- **Capítulo 1 - Introdução** – apresenta o tema da pesquisa, a delimitação do problema, o objetivo geral e os específicos, a metodologia utilizada e a organização geral do trabalho.
- **Capítulo 2 – A percepção da realidade:** analisa fundamentos filosóficos a partir da semiótica de Charles Sanders Peirce, utilizada como eixo interpretativo do capítulo, articulada às perspectivas de Platão, Descartes e Jakob von Uexküll e à ontologia do virtual de Pierre Lévy, relacionando essas reflexões aos conceitos de percepção, realidade e experiência em ambientes imersivos de Realidade Virtual.
- **Capítulo 3 – Experiência do usuário em ambientes de realidade virtual:** aborda os princípios da Experiência do Usuário (UX), sua evolução teórica e metodológica, discutindo a aplicação desses fundamentos a ambientes tridimensionais e a implicação desse enfoque para a organização e recuperação da informação.
- **Capítulo 4 – Recuperação da informação:** revisita os principais modelos teóricos da área, destacando sua trajetória histórica, contribuições e limitações. O capítulo analisa especialmente a noção de relevância e prepara o terreno para sua adaptação a contextos imersivos de Realidade Virtual.
- **Capítulo 5 – Proposição do modelo conceitual de recuperação da informação em VR:** apresenta o modelo conceitual elaborado nesta pesquisa, que reinterpreta os elementos clássicos da recuperação da informação, sistematizados por Ferneda (2013), à luz de três dimensões complementares: a cognitiva, ancorada na teoria dos modelos mentais e na gestão da carga cognitiva; a sensorial e experiencial, fundamentada nos estudos de presença, imersão e flow; e a semiótica, que reconhece o espaço informacional imersivo como um sistema de signos cujos elementos

existem e se relacionam independentemente da percepção imediata do usuário.

- **Capítulo 6 – O modelo como framework analítico:** apresenta o modelo conceitual em sua função operacional para a Ciência da Informação, explicitando como seus elementos, reinterpretados à luz da biossemiótica e dos fundamentos clássicos da RI, podem orientar a análise crítica de sistemas de recuperação em ambientes imersivos, a avaliação da experiência informacional do usuário e a identificação de lacunas em projetos existentes. O capítulo demonstra que o modelo não é apenas explicativo, mas constitui um quadro de referência analítico aberto à aplicação empírica em pesquisas futuras.
- **Capítulo 7 – Conclusão:** recapitula os objetivos e resultados do estudo, enfatiza as contribuições obtidas e sugere perspectivas para a continuidade e aprofundamento em pesquisas futuras.

2 A PERCEPÇÃO DA REALIDADE

A Realidade Virtual (VR) se encontra na lista das tecnologias disruptivas do Século XXI devido à sua capacidade de introduzir modos inovadores de interação e imersão sensorial. O amplo potencial transformador da realidade virtual abrange vários campos, engloba o desenvolvimento humano, indústria e entretenimento e apresenta exemplos notáveis de sua ampla utilização. A dimensão transformadora da VR já se manifesta em aplicações concretas em saúde, educação e treinamento profissional. Tecnologias imersivas redefinem como sujeitos interagem com informações complexas e constroem conhecimento situado. O projeto TACTILITY, apoiado pela European Commission (2023), demonstra que a VR pode estender o ciclo perceptivo humano para além dos sentidos naturais, replicando o tato em ambientes digitais. Isso permite formas de engajamento que os sistemas bidimensionais não comportam.

Mais do que ampliar recursos tecnológicos, essas aplicações revelam uma questão fundamental para a Ciência da Informação. Se a percepção, e, portanto, a produção e interpretação de signos, pode ser reconfigurada por ambientes imersivos, os modelos de recuperação da informação precisam ser repensados a partir de novos fundamentos filosóficos e semióticos. É essa questão que este capítulo começa a responder.

Considerar as implementações práticas e transformadoras da realidade virtual nos campos da educação, saúde e indústria, é importante para expandir a análise para além das aplicações tangíveis. Nesse horizonte, a integração de dispositivos multimodais, capazes de combinar estímulos vibratórios, térmicos e eletrotáteis, transcende a funcionalidade técnica ao encontrar fundamentação na semiótica de Charles Sanders Peirce (BODON, 2024), que permite interpretar a diversidade do toque não apenas como uma transmissão de sinais, mas como uma rede de signos icônicos e indiciais (PERSSON, 2024; WIKSTRÖM; DAGMAN; KARLSSON, 2011) que reconfiguram a mediação da experiência e da informação em ambientes imersivos.

À medida que esta pesquisa busca entender as complexidades do comportamento informacional dentro dos ambientes de realidade virtual, emergem questões que transcendem a simples funcionalidade tecnológica, alcançando os domínios da percepção e da experiência humana. Esta interseção entre a Ciência da Informação (CI) e a VR nos permite vislumbrar como tecnologias de Recuperação da Informação (RI) moldam e são moldadas pela maneira como os usuários interagem e processam informações em ambientes virtuais. A partir dessas aplicações concretas, emerge uma questão filosófica que interessa diretamente à Ciência da Informação: o que é real em um ambiente imersivo?

A pergunta não é nova: Peirce (1931) já a reformulava ao deslocar o problema da distinção entre real e ilusório para a legitimidade da relação entre signo e objeto; Platão (2006) a formulou ao distinguir o mundo sensível do mundo das ideias; Descartes (2005), ao questionar a confiabilidade dos sentidos; e Uexküll (1926), ao demonstrar que aquilo que conta como real para um organismo depende inteiramente do aparato perceptivo que esse organismo possui para acessar o ambiente. Mas a VR a radicaliza ao demonstrar, empiricamente, que ambientes construídos digitalmente podem produzir experiências perceptivas e informacionais indistinguíveis das físicas.

Sob a perspectiva semiótica adotada nesta tese, porém, a questão decisiva não é se conseguimos distinguir o real do simulado, mas se os signos produzidos em um ambiente imersivo têm referência legítima a objetos reais e se os sistemas de recuperação que operam sobre eles são capazes de mediar essa relação com rigor. É essa reorientação da pergunta, do problema da ilusão para o problema da mediação sógnica, que fundamenta a investigação filosófica deste capítulo. Com essa perspectiva ampliada, a investigação sobre VR adquire uma dimensão filosófica, enriquecendo a reflexão sobre suas implicações na cognição humana e na natureza da experiência.

Este capítulo tem por objetivo construir o fundamento filosófico e semiótico do modelo proposto nesta tese. Para isso, examina quatro perspectivas distintas sobre a relação entre signo, sujeito, percepção e realidade: Charles Sanders Peirce (1931), cuja semiótica fornece o vocabulário conceitual signo, objeto, interpretante, ícone, índice, símbolo, a partir do qual as demais perspectivas serão relidas ao longo do capítulo; Platão (2006), que distingue níveis de acesso ao real e permite pensar a informação como mediação entre o sensível e o inteligível; Descartes (2005), que

questiona a confiabilidade dos sentidos e coloca o problema do fundamento do conhecimento; e Jakob von Uexküll (1926), que demonstra que cada organismo constrói seu próprio mundo perceptivo a partir das capacidades que possui para perceber e agir. A articulação dessas quatro perspectivas, com a semiótica peirceana funcionando como eixo transversal de leitura das demais, e a distinção ontológica de Pierre Lévy (1996) entre virtual e real fornece o arcabouço conceitual sobre o qual o modelo de recuperação da informação em VR será edificado nos capítulos seguintes.

Charles Sanders Peirce, ao propor uma concepção triádica do signo, composta por signo, objeto e interpretante, desloca o problema filosófico da realidade: em vez de perguntar o que é real em si, a questão passa a ser como o real se manifesta através de cadeias de signos legítimos. Sua tricotomia entre ícone, índice e símbolo oferece, além disso, um vocabulário preciso para qualificar a natureza dessas relações sógnicas. A VR, sob essa perspectiva, não é avaliada por sua capacidade de reproduzir fielmente o mundo físico, mas por sua capacidade de produzir signos, icônicos, indiciais ou simbólicos, que mantenham referência legítima a objetos informacionais reais e que sejam reconhecíveis pelo ciclo interpretativo do usuário. É essa lente semiótica que orienta a leitura das três perspectivas seguintes.

Platão, no sétimo livro de *A República* (PLATÃO, 2006), apresenta o Mito da Caverna como uma alegoria sobre os diferentes graus de acesso ao real. Os prisioneiros que observam apenas sombras projetadas na parede não estão sendo enganados por uma realidade falsa: estão operando com signos que têm referência legítima aos objetos que os produzem, ainda que limitada pela posição que ocupam. Essa distinção é fundamental, não se trata de uma versão distorcida da realidade, mas de um grau de mediação sógnica: os prisioneiros interpretam os signos disponíveis em seu campo perceptivo sem ter acesso aos objetos que os originam. A analogia com a VR, sob essa perspectiva, não é a da ilusão a ser superada, mas a dos diferentes graus de mediação informacional: assim como os prisioneiros constroem sentido a partir das sombras, os usuários de um ambiente imersivo constroem sentido a partir de signos digitais que têm referência a objetos reais, documentos, conceitos, relações semânticas, mesmo que sua substância seja virtual.

René Descartes, conhecido por sua dúvida sistemática e pela conhecida frase "Cogito, ergo sum" (penso, logo existo), estabelece uma abordagem estruturada para examinar a precisão das percepções sensoriais e a garantia da própria existência. Os

conceitos filosóficos introduzidos por Descartes continuam a influenciar o discurso moderno, estimulando o exame crítico da natureza da realidade e da autoconsciência. A VR ressignifica o ceticismo cartesiano: em vez de apenas renovar a dúvida sobre a confiabilidade dos sentidos, ela demonstra que ambientes construídos digitalmente podem produzir experiências perceptivas e informacionais genuínas, não porque enganam os sentidos, mas porque, como propõe Lévy (1996), o virtual se atualiza em experiência real no momento da interação. O que Descartes via como problema, a impossibilidade de distinguir o real do simulado, torna-se, sob a perspectiva semiótica adotada nesta tese, uma oportunidade: se os signos produzidos em VR têm referência legítima a objetos reais, o ambiente imersivo é um espaço válido de mediação informacional.

Jakob von Uexküll, por sua vez, propõe que cada organismo constrói seu próprio mundo perceptivo, o *Umwelt*, a partir das capacidades que possui para perceber e agir. Nessa perspectiva, a realidade não é um dado objetivo e universal, mas uma construção funcional determinada pelo ciclo perceptivo de cada ser. Esta visão alinha-se diretamente com a experiência em VR: ao imergir em um ambiente virtual, o usuário integra os estímulos digitais ao seu ciclo funcional, atribuindo-lhes significado e respondendo a eles como responderia ao mundo físico. A VR, nesse sentido, não engana os sentidos: ela os alimenta com sinais coerentes o suficiente para que o *Innenwelt* do usuário os interprete como reais.

2.1 Charles Sanders Peirce e a Semiótica

Charles Sanders Peirce (1839-1914), filósofo, lógico e cientista norte-americano, é reconhecido como o fundador da semiótica moderna, a ciência geral dos signos, e como um dos principais expoentes do pragmatismo filosófico. Sua obra, dispersa em milhares de manuscritos e reunida postumamente em coletâneas como os *Collected Papers* (PEIRCE, 1931), constitui um dos sistemas filosóficos mais originais e influentes sobre a natureza da significação, do conhecimento e da realidade.

Figura 1 - Charles Sanders Peirce



Fonte: NAPOLÉON SARONY, 1891

Na Figura 1, observa-se Charles Sanders Peirce, filósofo, lógico e cientista norte-americano reconhecido como fundador da semiótica moderna. É sua concepção triádica do signo, composta por signo, objeto e interpretante, que fornece o vocabulário conceitual utilizado ao longo desta tese para analisar a mediação semiótica em ambientes de realidade virtual. Diferentemente da tradição semiológica de Ferdinand de Saussure, que trata o signo como uma relação binária entre significante e significado, Peirce propõe uma concepção triádica da significação, na qual o signo não se define por uma relação fixa entre dois termos, mas por um processo dinâmico e potencialmente infinito de interpretação, envolvendo três elementos irreduzíveis entre si: o signo (ou *representamen*), o objeto e o interpretante (PEIRCE, 1931). Nas palavras do próprio Peirce:

Um signo, ou *representamen*, é algo que está para alguém no lugar de alguma coisa, sob algum aspecto ou capacidade. Ele se dirige a alguém, isto é, cria na mente dessa pessoa um signo equivalente, ou talvez um signo mais desenvolvido. A esse signo que ele cria, denomino o interpretante do primeiro signo. O signo está no lugar de algo, seu objeto. (PEIRCE, 1931, CP 2.228, tradução nossa)

O signo é aquilo que representa algo para alguém, sob algum aspecto ou capacidade. Não é o objeto em si, mas aquilo que está no lugar do objeto, permitindo que ele seja conhecido, mesmo que parcialmente. O objeto é aquilo a que o signo se refere, sua referência, o que é representado. Peirce distingue ainda entre objeto

imediatos, o objeto tal como representado dentro do próprio signo, e objeto dinâmico, o objeto real que existe independentemente da representação e que nenhum signo esgota por completo.

O terceiro elemento da tríade, o interpretante, é frequentemente o mais mal compreendido, inclusive fora do campo da semiótica peirceana: não se trata do intérprete, a pessoa que interpreta o signo, mas do efeito que o signo produz na mente de quem o interpreta, um novo signo, mais desenvolvido, gerado pela relação entre o signo original e seu objeto. É esse deslizamento constante, cada interpretante tornando-se, por sua vez, um novo signo que demanda novo interpretante, que Peirce chama de semiose ilimitada: o processo pelo qual a significação nunca se esgota, mas se desdobra indefinidamente em novos atos interpretativos.

Essa tríade tem uma implicação central para qualquer sistema que pretenda mediar o acesso de um sujeito a um objeto de conhecimento, incluindo os sistemas de recuperação da informação: não existe significação sem um intérprete situado, e não existe conhecimento do objeto que não seja mediado por signos. O real, para Peirce, não é inacessível, mas também não é dado de forma imediata e transparente: ele se manifesta progressivamente através da cadeia de interpretantes que a investigação continuada é capaz de produzir (PEIRCE, 1931).

Peirce complementa a tríade fundamental com um conjunto de tricotomias que classificam os signos sob diferentes aspectos. A mais conhecida, e a que mais interessa a este trabalho, é a que classifica o signo segundo sua relação com o objeto que representa, distinguindo três modalidades: ícone, índice e símbolo. Essa tricotomia, detalhada na próxima seção, é o instrumento conceitual mais utilizado ao longo desta tese, pois permite qualificar com precisão a natureza dos diferentes elementos que compõem um ambiente de realidade virtual, dos metadados espaciais aos gestos do usuário.

2.1.1 A tríade sígnica e a experiência em Realidade Virtual

A tríade signo-objeto-interpretante oferece um instrumento particularmente produtivo para pensar a natureza da mediação informacional em ambientes de realidade virtual, precisamente porque a VR radicaliza a pergunta sobre o que conta como signo legítimo de um objeto real. Num sistema de recuperação da informação convencional, o documento indexado funciona como signo: um conjunto de termos,

metadados e estruturas formais que representam, para o usuário, um objeto informacional que ele busca conhecer, seja um artigo científico, uma imagem ou um registro de dados. O usuário, ao interpretar esse signo, produz um interpretante: um julgamento sobre a pertinência daquele documento em relação à sua necessidade informacional, julgamento que pode se desdobrar em novas buscas, refinamentos de consulta ou na satisfação da necessidade original.

Em ambientes bidimensionais, essa cadeia semiótica opera de forma relativamente restrita: o signo é predominantemente verbal e simbólico, apresentado em listas ou caixas de texto, e o interpretante que o usuário produz se expressa quase exclusivamente por meio de novos signos verbais, uma nova consulta, um clique, uma reformulação de termos. Contudo, a realidade virtual expande esse processo ao envolver dimensões nas quais a utilidade do signo é avaliada por meio de interações sensorio-motoras diretas (YANG ET AL., 2022, P. 216).

A realidade virtual transforma radicalmente essa dinâmica ao expandir tanto a natureza dos signos disponíveis quanto os meios pelos quais o interpretante pode se manifestar. O documento deixa de ser apenas um registro textual e passa a ser também um objeto espacial, posicionado, orientado e dotado de propriedades sensoriais, um signo que se oferece à percepção do usuário não apenas pelo que diz, mas por onde está, como se apresenta e como responde à aproximação e à manipulação. Essa dimensão interativa da realidade virtual permite que o intérprete transcenda o registro puramente cognitivo, manifestando-se através de ações sensoriomotoras e respostas imediatas que fortalecem a sensação de presença no ambiente (MAKRANSKY; PETERSEN, 2021, P. 942).

Correspondentemente, o interpretante que o usuário produz deixa de se restringir à linguagem verbal: um gesto de aproximação, um deslocamento no espaço, um olhar direcionado, todos esses atos corporais passam a funcionar como interpretantes legítimos, expressões da necessidade informacional do usuário que o sistema precisa reconhecer e processar, tanto quanto reconheceria uma consulta digitada. Essa ampliação não é meramente técnica, é semioticamente significativa: ela reconhece que a produção de interpretantes, na perspectiva peirceana, não está restrita a nenhuma modalidade sígnica específica. Um gesto pode ser tão plenamente um signo de intenção informacional quanto uma palavra, desde que o sistema esteja

preparado para reconhecê-lo como tal e para produzir, em resposta, novos signos capazes de gerar, por sua vez, novos interpretantes no usuário.

É precisamente esse ciclo, sistema e usuário produzindo e interpretando signos reciprocamente, em uma cadeia que se retroalimenta a cada iteração, que esta tese chama de ciclo sógnico da busca, e que constitui o núcleo da reformulação do processo de recuperação da informação proposta nos capítulos seguintes. O objeto que esse ciclo persegue, a necessidade informacional do usuário, nunca é dado de forma imediata e completa: ele se aproxima, se refina e se esclarece progressivamente à medida que a cadeia de interpretantes avança, num movimento que reproduz, em escala informacional, a própria lógica da semiose ilimitada. Compreender o documento, o gesto e o resultado da busca como elementos de uma mesma cadeia sógnica, e não como categorias isoladas pertencentes a domínios técnicos distintos (representação, interação, recuperação), é o que permite a este trabalho tratar a recuperação da informação em VR como um processo semiótico único e integrado, e não como uma justaposição de módulos técnicos independentes.

2.1.2 Ícone, índice e símbolo na Recuperação da Informação em ambientes imersivos

A realidade virtual reintroduz, na experiência de busca, dimensões icônicas e indiciais que os sistemas bidimensionais historicamente marginalizaram, ou trataram apenas como metáforas visuais de apoio, sem reconhecê-las como categorias legítimas e autônomas de significação informacional. Um documento representado espacialmente em um ambiente imersivo, por exemplo, pode funcionar como ícone quando sua forma, cor ou disposição visual remete, por semelhança, ao tipo de conteúdo que contém: um documento sobre um tema visual pode ser representado por uma miniatura de imagem, um artigo extenso pode ser representado por um objeto tridimensional mais volumoso que um resumo. Essa iconicidade oferece ao usuário um acesso perceptivo imediato a propriedades do documento que, num sistema bidimensional, exigiriam leitura verbal de metadados.

Mais significativo ainda é o papel dos índices em ambientes imersivos. A posição de um documento no espaço, sua proximidade em relação a outros documentos, a direção do olhar do usuário no momento em que um item se torna disponível, todos esses elementos funcionam como índices: signos cuja relação com

o objeto informacional que representam, sua relevância relativa, sua pertinência temática, se estabelece por contiguidade espacial e causal, não por convenção simbólica arbitrária. Um documento posicionado mais próximo do usuário, ou na direção para a qual ele orienta seu olhar, é indicialmente marcado como mais relevante, independentemente de qualquer rótulo textual que o acompanhe.

Da mesma forma, os gestos, deslocamentos e orientações corporais do usuário, discutidos na seção anterior como itens legítimos da necessidade informacional, são, sob esta tricotomia, predominantemente indiciais: eles não representam a necessidade informacional por semelhança, nem por convenção simbólica prévia, mas porque existe uma conexão causal direta entre o estado interno do usuário, sua atenção, sua intenção, seu interesse, e o movimento de seu corpo no espaço. Essa integração multimodal, que une pistas visuais, auditivas e hápticas, não apenas reforça a agência do usuário, mas permite a contextualização da aprendizagem por meio de cenários realistas que facilitam a transferência de conhecimento (MAKRANSKY; MAYER, 2022, P. 1775; MARTIN et al., 2022).

O símbolo, por sua vez, não desaparece nos ambientes imersivos, ele persiste na forma de rótulos textuais, categorias de classificação e nas próprias consultas verbais que o usuário ainda pode formular, quando o sistema oferece essa possibilidade. O modelo proposto nesta tese não descarta o registro simbólico herdado da tradição da RI, mas o integra a um ecossistema semiótico mais amplo, no qual ícones e índices espaciais, gestuais e perceptivos operam em conjunto com os símbolos verbais, ampliando o repertório de signos que sistema e usuário podem trocar ao longo do ciclo sógnico da busca.

Essa hibridização semiótica, símbolos, ícones e índices operando simultaneamente na mediação entre usuário e informação, é o fundamento peirceano sobre o qual esta tese constrói sua principal contribuição conceitual, detalhada nos capítulos seguintes: a proposição de um modelo de recuperação da informação capaz de reconhecer, processar e responder a essa multiplicidade sógnica própria dos ambientes de realidade virtual. O Quadro 1 sintetiza o vocabulário peirceano apresentado nesta seção, a tríade signo-objeto-interpretante e a tricotomia ícone-índice-símbolo, servindo de referência para sua aplicação ao longo dos capítulos seguintes.

Quadro 1 - Vocabulário Semiótico Peirceano Utilizado na Tese

Conceito	Definição	Aplicação no modelo proposto
Signo (representamen)	Aquilo que representa algo para alguém, sob algum aspecto ou capacidade	O documento, o gesto, o resultado da busca
Objeto	Aquilo a que o signo se refere; sua referência	A necessidade informacional, o conteúdo buscado
Interpretante	O efeito que o signo produz na mente de quem o interpreta; um novo signo gerado	O julgamento de relevância produzido pelo intérprete
Ícone	Signo que representa por semelhança de qualidades	Miniatura visual de um documento, forma que remete ao conteúdo
índice	Signo que se relaciona ao objeto por contiguidade real, causal	Posição espacial, proximidade, direção do olhar
Símbolo	Signo que se relaciona ao objeto por convenção social	Posição espacial, proximidade, direção do olhar

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, 2026

Como se observa no Quadro 1, os seis conceitos não operam isoladamente: a tríade descreve o processo geral de significação, enquanto a tricotomia qualifica a natureza específica de cada signo produzido nesse processo, distinção que se tornará operacional já no capítulo seguinte, ao tratar da recuperação da informação em ambientes bidimensionais e imersivos.

2.1.3 A semiótica peirceana como eixo interpretativo do capítulo

Diferentemente de Platão, Descartes e Uexküll, cuja contribuição a este capítulo consiste em oferecer uma tese específica sobre a natureza do real ou da percepção, a contribuição de Peirce é de outra natureza: ele não propõe uma resposta concorrente à pergunta "o que é real?", mas fornece o instrumento conceitual através do qual as demais respostas, platônica, cartesiana e biossemiótica, serão lidas, comparadas e articuladas ao longo deste capítulo. É por isso que a tríade signo-objeto-interpretante e a tricotomia ícone-índice-símbolo são apresentadas antes das demais perspectivas, e não depois, como seria de se esperar numa exposição puramente cronológica, que colocaria Platão e Descartes à frente de Peirce por precedência histórica. A opção por essa ordem não é arbitrária: ela reflete o papel estrutural que a semiótica peirceana desempenha nesta tese, o de ser a lente através

da qual as demais perspectivas são reinterpretadas, e não apenas mais uma perspectiva na fila.

Assim, quando a seção seguinte relê o Mito da Caverna platônico, ela não trata os prisioneiros como vítimas de uma ilusão a ser superada, mas como intérpretes situados operando sobre signos, as sombras, que mantêm referência legítima, ainda que indicial e parcial, aos objetos que as produzem. Essa releitura só é possível porque a tríade peirceana já foi estabelecida como instrumento de análise. Da mesma forma, a dúvida metódica cartesiana, quando revisitada, deixa de ser tratada como um problema insolúvel sobre a confiabilidade dos sentidos e passa a ser reformulada como uma questão sobre a legitimidade referencial dos signos: não importa se os sentidos podem ser enganados, importa se os signos que um ambiente, físico ou virtual, produz têm referência genuína a objetos e relações do mundo.

E quando o capítulo chega a Uexküll, a noção de *Umwelt* é compreendida não como uma tese biológica isolada, mas como uma tese sobre a relatividade da produção sónica: cada organismo, ou, na extensão proposta por esta tese, cada usuário, só reconhece como signo aquilo que seu aparato perceptivo está preparado para processar como tal. O *Umwelt*, lido peirceanamente, é o campo de possibilidades sónicas de um intérprete situado.

Essa função de eixo interpretativo, mais do que qualquer aplicação específica da semiótica peirceana isoladamente considerada, é o que justifica a posição de Peirce neste capítulo, e antecipa o papel que a perspectiva semiótica desempenhará em toda a tese: da leitura dos três pilares filosóficos apresentados nas seções seguintes à proposição do modelo conceitual de recuperação da informação em realidade virtual, discutida a partir do Capítulo 4. Para a Ciência da Informação, essa opção teórica tem uma implicação direta: ela desloca o critério de legitimidade de um ambiente informacional, seja ele um catálogo bidimensional ou um espaço imersivo tridimensional, da sua materialidade para a qualidade e a coerência dos signos que produz e disponibiliza à interpretação do usuário. É esse deslocamento, e não a filosofia de Platão, Descartes ou Uexküll isoladamente, que fundamenta, em última instância, o modelo proposto por esta tese.

2.2 Fundamentos Filosóficos da Realidade: Platão e o Mito da Caverna

Platão é representado na célebre obra *A Escola de Atenas*, de Rafael Sanzio (1508), apontando em direção ao céu, gesto que simboliza sua teoria das Formas e o primado do mundo inteligível sobre o sensível. Nessa obra, ele aparece na companhia de Aristóteles, posicionado de forma proeminente no centro da composição. O gesto de apontar para o reino celestial funciona como representação simbólica de seu conceito de Formas e do reino dos ideais. Esse retrato não apenas captura a eminência intelectual de Platão, mas também oferece ao leitor um vislumbre visual de suas contemplações filosóficas antes de adentrarmos sua obra escrita. No sétimo livro de *A República*, Platão (2006) apresenta o Mito da Caverna, alegoria central de sua teoria das Formas e um dos textos mais influentes da história da filosofia ocidental para pensar a relação entre percepção, conhecimento e acesso ao real. Para a presente tese, a alegoria importa não como metáfora da ilusão, mas como modelo de mediação: os prisioneiros não estão em contato com o falso, mas com um grau limitado de acesso ao real, condição que a Ciência da Informação reconhece em qualquer sistema de representação e recuperação.

Figura 2 - Recorte da obra “A escola de Atenas” de Raphael.



Fonte: SANZIO, 1508

Na Figura 2, observa-se a representação de Platão e Aristóteles no centro de *A Escola de Atenas* (SANZIO, 1508). O gesto de Platão, mão elevada em direção ao céu, simboliza o primado do mundo inteligível das Formas sobre o mundo sensível,

contrastando com o gesto de Aristóteles apontando para a terra. Essa oposição visual antecipa o argumento central do Mito da Caverna: o conhecimento verdadeiro exige a ascensão do plano dos signos sensíveis ao plano dos objetos inteligíveis, distinção que, como se verá, ressoa diretamente com o problema da mediação informacional em ambientes imersivos. Ao ser inserida nesse contexto, a imagem não apenas ilustra o protagonismo do filósofo na tradição ocidental, mas também prepara o terreno para a compreensão do Mito da Caverna como metáfora central de sua concepção sobre percepção e realidade.

Paviani (2003, p. 44) apresenta a obra de Platão na qual o diálogo entre Sócrates e Glauco delineia uma narrativa sobre um grupo de cativos confinados em uma caverna. Esses indivíduos têm seus corpos restringidos de uma forma que os obriga a olhar incessantemente para a parede da caverna situada à sua frente, tornando-os incapazes de orientar suas cabeças. Posicionada atrás dos cativos está uma parede elevada, com um fogo luminoso brilhando ainda mais além. Em meio à parede e ao fogo, há uma via pela qual os indivíduos atravessam enquanto carregam uma variedade de objetos, abrangendo esculturas de homens e outras entidades animadas feitas de diversos materiais, como madeira, pedra e muito mais. Os cativos permanecem incapazes de perceber diretamente esses indivíduos ou objetos; sua única interação é com as silhuetas projetadas na parede da caverna pela luminosidade do fogo (PLATÃO, 2006).

Dado que os cativos nunca encontraram nada além dessas sombras, elas funcionam para eles como apresentações diretas do real, não como representações de objetos ausentes, mas como a própria realidade. Esse equívoco é o núcleo filosófico da alegoria: os prisioneiros tomam signos por objetos, representações por apresentações. Do ponto de vista semiótico, as sombras são representações, signos que têm como objeto as figuras que as projetam, mas os prisioneiros, sem acesso ao objeto, não conseguem reconhecer a mediação sógnica que as constitui. É precisamente essa condição, a de operar com representações sem ter acesso direto aos objetos que elas representam, que define também o usuário de qualquer sistema de recuperação da informação: ele interage com registros, metadados e índices que representam documentos, não com os documentos em sua totalidade.

A alegoria prossegue, segundo Platão (2006), com a libertação de um dos prisioneiros. Inicialmente, ele é forçado a se levantar e virar-se em direção à luz do

fogo, o que lhe causa grande desconforto. Seus olhos, acostumados à escuridão, são ofuscados pela luz intensa, e ele sente dor ao olhar para os objetos cuja sombra ele observava anteriormente. Gradualmente, porém, seus olhos se ajustam, e ele começa a perceber o fogo e os objetos que antes via apenas como sombras. O prisioneiro, então, é arrastado para fora da caverna, um processo ainda mais doloroso devido à luz solar muito mais forte. Seus olhos, novamente ofuscados, lutam para se ajustar à claridade do mundo exterior. Aos poucos, ele consegue distinguir as sombras e os reflexos das coisas na água, e, por fim, contempla os próprios objetos e, eventualmente, o próprio sol, fonte de toda luz e vida.

O prisioneiro liberto compreende que as sombras que tomava por apresentações diretas do real eram, na verdade, representações mediadas, signos de objetos aos quais ele não tinha acesso. Essa ascensão não revela uma "realidade verdadeira" em oposição a uma "realidade falsa", mas diferentes graus de mediação sónica: das sombras aos objetos, dos objetos ao sol, fonte que torna os objetos visíveis e cognoscíveis. Para a Ciência da Informação, essa gradação ressoa diretamente: o usuário de um sistema de RI opera sempre com representações, metadados, índices, resumos, que têm como objeto documentos que ele pode ou não acessar diretamente. A qualidade do sistema depende de quão bem essas representações mediam o acesso ao objeto real.

Ao retornar à caverna para libertar seus companheiros (PLATÃO, 2006), o prisioneiro encontra resistência. Os outros prisioneiros, ainda imersos nas sombras, resistem à ideia de uma realidade diferente e atacam o libertador, preferindo a familiaridade da ilusão à dolorosa e desorientadora luz da verdade. Esta alegoria, além de ilustrar a teoria das ideias de Platão, sugere que a educação é um processo de iluminação gradual e doloroso, onde se transcende o mundo sensível e enganoso para alcançar o conhecimento verdadeiro, representado pelo mundo inteligível das Formas.

2.2.1 Analogia entre as sombras na caverna e as simulações de VR.

A alegoria da caverna de Platão oferece uma chave para pensar a relação entre mediação sónica e acesso ao real, questão central tanto para a filosofia quanto para a Ciência da Informação. As sombras projetadas na parede não são um "retrato distorcido" da realidade, mas representações que têm como objeto figuras reais às

quais os prisioneiros não têm acesso direto. Lévy (1996) permite precisar essa distinção: o virtual, seja a sombra platônica ou o ambiente de VR, não é o oposto do real, mas uma modalidade de existência que pressiona por atualização. O ambiente imersivo não diverge do "reino físico autêntico", ele constitui um espaço próprio de mediação sógnica, no qual signos digitais têm referência a objetos reais e podem mediar relações informacionais genuínas. Em ambos os cenários, os indivíduos interagem com signos que têm referência a objetos reais, mediados por diferentes graus de acesso ao real, o que, como demonstra a perspectiva peirceana adotada nesta tese, não configura ilusão, mas mediação sógnica legítima.

Figura 3 – *Antrum Platonicum* - gravura de Spiegel



Fonte: SAENREDAM, 1604

Na Figura 3, a gravura de Spiegel representa de maneira vívida a alegoria da caverna de Platão, destacando o contraste entre os prisioneiros limitados às sombras e aqueles que vislumbram a luz exterior. Esse recurso visual reforça o simbolismo central da narrativa platônica, evidenciando a tensão entre ilusão e verdade. A imagem cria uma ponte com a discussão sobre realidade virtual, ilustrando como tanto as sombras quanto os mundos digitais se apresentam como construções perceptivas que desafiam a distinção entre realidade aparente e realidade autêntica. Baltezarević (2023) aprofunda essa relação ao examinar as implicações metafísicas da VR a partir da alegoria platônica, argumentando que ambientes imersivos reconfiguram a percepção humana da realidade ao ponto de tornar a distinção entre físico e digital epistemicamente irrelevante para o usuário imerso. Sob a perspectiva semiótica

adotada nesta tese, esse argumento pode ser precisado: não se trata de usuários "aceitando simulações como verdadeiras", mas de signos digitais que se atualizam em experiência genuína, produzindo estados perceptivos, cognitivos e informacionais reais, independentemente de sua substância material. Baltezarević (2023) examina especificamente como a VR desafia dois conceitos centrais da tradição filosófica ocidental: a distinção entre presença física e presença mediada, e o critério de autenticidade da experiência perceptiva.

Ao deslocar esses fundamentos, a tecnologia imersiva levanta questões éticas concretas para a CI, entre elas: como garantir a transparência sobre a natureza sógnica dos ambientes virtuais, como proteger os dados perceptivos e comportamentais coletados durante a imersão, e como assegurar que o usuário mantenha autonomia sobre seus processos de busca e interpretação informacional. Essa preocupação se justifica, dado que a imersão espacial altera o engajamento do usuário ao circundá-lo com estímulos sensoriais que visam criar uma percepção de presença física em um ambiente não físico (LANREZAC; FÉREY; BAADEN, 2021, p. 14).

Dentro da alegoria de Platão, os cativos percebem exclusivamente as sombras projetadas na parede, com a convicção de que essas sombras simbolizam a única realidade existente. Da mesma forma, os usuários de VR interagem com ambientes digitais tridimensionais cujos objetos não possuem substância física, mas isso não os priva de existência real. Como argumenta Lévy (1996), o virtual é uma modalidade ontológica própria: existe como potência que se atualiza em experiência genuína no momento da interação. O ambiente imersivo não precisa de substância material para ser real, precisa de signos coerentes com o ciclo funcional do usuário, signos que o intérprete processa como referências legítimas a objetos do mundo. Nesse sentido, a analogia com a caverna de Platão não é a da ilusão a ser denunciada, mas a dos diferentes graus de mediação sógnica: assim como os prisioneiros constroem sentido a partir das sombras, os usuários de VR constroem sentido a partir de signos digitais que têm referência a objetos reais. A qualidade dessa mediação, e não sua substância material, é o que define a legitimidade informacional do ambiente imersivo.

Quando um usuário acessa um ambiente de VR, seu ciclo perceptivo passa a processar signos digitais como sinais funcionais do mundo ao redor. A sensação de presença que emerge não depende de o usuário "esquecer" que está em um ambiente

digital. Depende, como demonstram Slater e Wilbur (1997), da coerência entre os estímulos oferecidos pelo sistema e as estruturas perceptivas do usuário. Sob a perspectiva semiótica peirceana, o ambiente imersivo é real na medida em que os signos que produz têm referência legítima a objetos e relações do mundo: um documento acessado em VR existe como objeto informacional real independentemente do suporte pelo qual é apresentado, e sua relevância não depende da consciência do usuário sobre a natureza do ambiente, mas da qualidade da mediação sógnica que o sistema oferece.

À medida que adquirimos mais experiência com a realidade virtual, compreenderemos melhor os requisitos computacionais para fazer com que tais mundos pareçam realistas para seus visitantes. (BOSTROM, 2003, p. 247, tradução nossa)

Essa capacidade de produzir experiências perceptivas coerentes tem paralelos com a alegoria platônica, mas o paralelo precisa ser lido com cuidado. Tanto as sombras da caverna quanto os ambientes de VR são representações no sentido semiótico peirceano: signos que têm referência a objetos reais mas não os esgotam. Isso não é um defeito, é a condição de todo signo. Nenhuma representação é total, seja ela uma sombra, um metadado, um índice ou um ambiente imersivo. O que distingue uma representação adequada de uma inadequada, para a Ciência da Informação, não é seu grau de completude em relação a um real inacessível, mas sua capacidade de mediar com eficácia a relação entre o usuário e o objeto informacional que ele busca. Essa leitura, porém, merece uma qualificação filosófica importante. Tratá-la como "representação parcial" pressupõe a existência de uma realidade total e acessível com a qual a VR seria comparada e da qual ela ficaria aquém.

Como será detalhado na seção dedicada a Pierre Lévy, ao final deste capítulo, o virtual não é o oposto do real, mas uma modalidade ontológica que pressiona por atualização sem estar ainda completamente realizada. Nesse sentido, um ambiente de VR não é uma cópia degradada da realidade física: é uma atualização de possibilidades que o mundo físico não comporta. O usuário imerso não é enganado por uma sombra; ele habita um espaço de virtualidade que se atualiza em experiência real no momento da interação, o que libera a análise da VR do paradigma da ilusão e a reposiciona no paradigma da produção de realidade, com consequências diretas para pensar a recuperação da informação em ambientes imersivos.

Quando um usuário navega em um repositório imersivo, os documentos que encontra, os signos que interpreta e as relações semânticas que percebe são reais como objetos de conhecimento, independentemente de sua substância material. Como afirma Peirce (1931, CP 5), o real é aquilo que é como é independentemente de qualquer percepção individual: a informação existe no repositório antes de ser percebida, e continua existindo depois que o usuário encerra sua sessão. A alegoria da caverna, relida sob essa perspectiva, não descreve uma ilusão a ser superada, mas diferentes graus de acesso ao real, e a VR representa um desses graus, legítimo e produtivo do ponto de vista informacional.

As implicações filosóficas dessa comparação são profundas. Elas levantam questões sobre a natureza da realidade, a confiabilidade dos sentidos e a capacidade humana de discernir entre o real e o ilusório. Se as experiências de VR podem ser tão convincentes a ponto de serem confundidas com a realidade, isso sugere que nossa percepção da realidade é, em grande medida, construída e suscetível à manipulação. Assim como Platão sugere que a verdadeira compreensão exige uma ascensão do mundo sensorial para o mundo das ideias, a experiência de VR nos obriga a reconsiderar a natureza da realidade e a refletir sobre os limites de nossa percepção. Dembiński (2019) aprofunda essa análise ao discutir a teoria platônica dos "dois mundos", onde a matemática e os objetos matemáticos são vistos como ideais eternos e imutáveis, independentes da realidade sensorial. Esta visão ressoa com a maneira como a VR cria ambientes digitais persuasivos que, embora artificiais, são tratados pelos usuários como reais devido à sua complexidade e detalhamento.

Dembiński (2019), ao discutir a teoria platônica dos dois mundos, reforça que a percepção humana opera sempre sobre diferentes graus de mediação sógnica. Sob a perspectiva semiótica adotada nesta tese, isso não significa que as representações "distorcem" uma realidade verdadeira inacessível, mas que todo acesso ao real é mediado por signos que têm referência legítima a seus objetos, ainda que parcial. Para a Ciência da Informação, essa constatação não é um problema filosófico a ser superado, mas o ponto de partida de qualquer sistema de representação e recuperação: indexar, descrever e organizar documentos é sempre produzir signos sobre objetos informacionais, com a consciência de que nenhuma representação esgota seu objeto. O desafio não é eliminar a mediação, mas torná-la tão adequada quanto possível às necessidades do usuário em seu contexto de busca.

2.2.2 Discussão sobre percepção e realidade a partir da perspectiva platônica

Platão (2006), em sua teoria de formas ou ideias, afirma que o reino sensorial percebido por meio de nossos sentidos é meramente uma réplica ou sombra deficiente de um reino mais perfeito e imutável: o reino das formas ou ideias. O filósofo argumenta que os objetos físicos são instâncias particulares de Formas universais, perfeitas e imutáveis que existem em um domínio metafísico. Uma cadeira concreta é uma manifestação singular e imperfeita da Forma ideal de cadeira. Essa perspectiva tem valor analítico para a Ciência da Informação: ela antecipa o problema da representação documental, na medida em que indexar um documento é sempre tentar capturar, em descritores e metadados, algo que excede qualquer representação particular. Contudo, a tese não adota o platonismo como ontologia, mas como ponto de partida filosófico. A semiótica peirceana oferece uma alternativa mais produtiva para a CI: em vez de postular Formas perfeitas e inacessíveis, Peirce (1931) propõe que o real é aquilo que a investigação continuada e coletiva converge em revelar, e que os signos que produzimos sobre ele são instrumentos dessa convergência, sempre revisáveis e aperfeiçoáveis. A alegoria da caverna serve como ilustração desse conceito ao demonstrar que os prisioneiros, que apenas observam sombras na parede, estão percebendo uma realidade distorcida e incompleta. As entidades que criam as sombras (que permanecem dentro do reino sensorial) são, elas mesmas, meras cópias de formas ideais. De acordo com Platão (2006), a realidade genuína só pode ser compreendida por meio da racionalidade e da reflexão filosófica, facilitando a transição do reino sensorial para o reino das ideias.

A realidade virtual, em virtude de sua capacidade de gerar ambientes sensoriais altamente imersivos e interativos, representa um desafio e amplia a dicotomia platônica entre o reino sensorial e o reino ideal. No reino da realidade virtual, o domínio sensorial não é apenas uma réplica defeituosa do mundo físico, mas sim uma construção completamente nova com o potencial de superar as restrições da realidade física. A realidade virtual facilita o desenvolvimento de ambientes que podem ser alterados, explorados e encontrados de maneiras que não são viáveis no reino físico, introduzindo assim novas perspectivas para as experiências humanas. Na realidade virtual, um indivíduo tem a capacidade de voar pelo ar, transformar sua aparência ou interagir com seres fantásticos que estão ausentes no reino físico. Contudo, essa aparente liberdade não é absoluta. Críticos argumentam que, embora a realidade

virtual possa expandir as possibilidades de ação e percepção, ela é frequentemente limitada por restrições tecnológicas e pela perda de "autenticidade" decorrente da mediação (MADARY; METZINGER, 2016, P. 15; METZINGER, 2018, P. 109). A complexidade e a riqueza de detalhes do mundo físico, incluindo fenômenos sensoriais e interações intercorpóreas, são difíceis de replicar integralmente em simulações digitais, o que levanta questões sobre se tais ambientes podem genuinamente substituir a experiência vivida ou se são apenas modelos reduzidos da realidade (MADARY; METZINGER, 2016, P. 16; SÁNCHEZ-VIVES; SLATER, 2005, P. 334). Essas realidades simuladas, embora não sejam tangíveis "reais" no sentido físico, oferecem experiências que são capazes de ser tão vívidas e profundas quanto as encontradas no mundo físico.

Em essência, a realidade virtual estabelece uma nova forma de "mundo sensorial" que, embora artificial, apresenta novos caminhos para percepção, interação e cognição. A capacidade da realidade virtual de produzir novos espaços sensoriais problematiza a dicotomia platônica entre mundo sensível e mundo inteligível. Se o ambiente imersivo pode gerar experiências perceptivas funcionalmente equivalentes às do mundo físico, então o critério de distinção entre os dois planos não pode ser simplesmente a materialidade. Sob a perspectiva semiótica adotada nesta tese, o que define a legitimidade de um ambiente informacional não é sua substância física, mas a qualidade dos signos que produz e a adequação com que esses signos mediam o acesso do usuário aos objetos informacionais que busca.

No reino da realidade virtual, os ambientes sensoriais são manifestações da engenhosidade e inventividade humanas, com a capacidade de transcender as limitações do mundo físico. Isso implica que as experiências sensoriais podem não ser inerentemente inferiores ou menos autênticas do que a compreensão racional das formas ideais, mas podem constituir uma forma legítima e enriquecedora de conhecimento e percepção. Todavia, essa perspectiva é contestada por abordagens platônicas contemporâneas, que interpretam a realidade virtual como uma "caverna dos tempos modernos", reiterando a dicotomia entre a aparência mediada e a essência inteligível (BALTEZAREVIĆ, 2023, p. 166; EHOUNI; DIOMANDÉ; BOSSÉ, 2026). Sob essa ótica, a imersão sensorial na VR, por ser fundamentalmente dependente de construções algorítmicas e representações, corre o risco de nos afastar da verdade profunda ao substituir a compreensão racional por uma simulação

que, embora convincente, permanece um simulacro ou uma "sombra" deficiente da realidade, operando no domínio do aparente e não do inteligível (EHOUNI; DIOMANDÉ; BOSSÉ, 2026). Nesse sentido, a imersão total característica da realidade virtual pode ser interpretada como um distanciamento absoluto do ambiente real, intensificando a experiência perceptiva enquanto paradoxalmente a isola da base física.

Do ponto de vista computacional, "na superfície da Terra, objetos macroscópicos em áreas habitadas podem precisar ser continuamente simulados, mas fenômenos microscópicos provavelmente poderiam ser preenchidos *ad hoc*" (BOSTROM, 2003, p. 247, tradução nossa). Como complemento, a VR permite a investigação de princípios filosóficos de uma forma pragmática e experiencial acessível. Por exemplo, um indivíduo pode se envolver com vários pontos de vista filosóficos sobre a realidade na realidade virtual mergulhando em diversos ambientes virtuais que incorporam essas perspectivas. Essa experiência imersiva pode gerar uma compreensão mais profunda e intuitiva de conceitos filosóficos abstratos, como a diferenciação entre o sensorial e o ideal.

Duan (2022), ao propor o conceito de metacomputação a partir da filosofia platônica, oferece uma conclusão que converge com a perspectiva semiótica adotada nesta tese: a metacomputação sugere que as realidades virtuais podem ser vistas como manifestações legítimas de conhecimento e percepção, transcendentais em relação às limitações do mundo físico. Conclui-se que a realidade virtual não refuta a distinção platônica entre o sensível e o inteligível, mas a complexifica: ao demonstrar que ambientes digitais podem produzir experiências perceptivas e informacionais genuínas, a VR revela que o critério de distinção entre os dois planos não é a materialidade, mas a qualidade da mediação sónica. Sob a perspectiva peirceana, as manifestações virtuais são tão reais quanto as físicas na medida em que os signos que produzem têm referência legítima a objetos e relações do mundo. Para a Ciência da Informação, essa conclusão tem uma implicação direta: a legitimidade de um ambiente imersivo como espaço de recuperação da informação não depende de sua substância física, mas da adequação com que seus signos mediam a relação entre o usuário e os objetos informacionais que ele busca. A realidade virtual nos incentiva a reavaliar nossas percepções da realidade e a adotar novos modos de percepção e compreensão do mundo, seja real ou virtual, integrando conceitos avançados como a

metacomputação para uma exploração mais profunda dos reinos da experiência humana e virtual.

2.3 René Descartes e a Dúvida Metódica

René Descartes, conhecido como um dos pensadores mais influentes da época moderna, é famoso por seu método pioneiro na busca de conhecimento genuíno, comumente chamado de dúvida metódica. Em suas *Meditações Metafísicas* (DESCARTES, 2005), Descartes introduz a dúvida metódica como instrumento filosófico: não para eliminar o conhecimento, mas para suspender provisoriamente qualquer crença que possa ser posta em dúvida, por mais sólida que pareça, até encontrar algo que resista a qualquer questionamento. Trata-se de um procedimento metodológico, não de um ceticismo absoluto: a dúvida é o caminho, não o destino. O objetivo é precisamente o oposto do ceticismo irresolúvel: encontrar uma certeza indubitável sobre a qual reconstruir o conhecimento.

Figura 4 – Retrato de René Descartes



Fonte: HALS, 1625

Na Figura 4, observa-se o retrato de René Descartes pintado por Frans Hals (1625). A expressão contida do filósofo ilustra a postura de suspensão do juízo que caracteriza sua dúvida metódica: não uma ruptura com o conhecimento, mas um procedimento rigoroso de questionamento provisório em busca de certezas indubitáveis. A imagem prepara o leitor para compreender por que o ceticismo

cartesiano ressoa com a experiência em VR: em ambos os casos, a questão não é se o que se percebe é real, mas quais fundamentos permitem afirmar que o processo de conhecimento, e de recuperação da informação, opera sobre bases confiáveis.

Descartes adota essa metodologia devido ao seu pensamento de que muitas de nossas convicções se baseiam em bases precárias, lançando dúvidas sobre qualquer conhecimento derivado de tais convicções. Ele examina a confiabilidade de nossos sentidos, alegando que eles frequentemente nos enganam: "Experimentei algumas vezes que esses sentidos eram enganosos, e é de prudência nunca se fiar inteiramente em quem já nos enganou uma vez" (DESCARTES, 2005, p. 3). O filósofo contempla a noção de que o mundo externo, conforme percebido por nós, pode ser uma invenção de uma entidade malévola ou meras invenções semelhantes às sombras alegóricas na caverna de Platão. Descartes afirma: "Suporei, pois, que há não um verdadeiro Deus, que é a soberana fonte da verdade, mas certo gênio maligno, não menos ardiloso e enganador do que poderoso, que empregou toda a sua indústria em enganar-me" (DESCARTES, 2005, p. 12).

O objetivo da dúvida metódica não é o ceticismo, mas seu oposto: encontrar uma certeza que resista a qualquer questionamento e que possa servir de fundamento para o conhecimento racional. Descartes é racionalista precisamente porque usa a dúvida como instrumento da razão, não como negação dela. No ápice desse procedimento, encontra o Cogito: o ato de duvidar pressupõe um sujeito que duvida, e esse sujeito não pode ser posto em dúvida sem se contradizer.

"Penso, logo existo" não é uma percepção sensorial, mas uma certeza racional que independe de qualquer dado dos sentidos. Para a Ciência da Informação, esse sujeito cartesiano antecipa o que Belkin (1980) e Ingwersen (1992) chamarão de sujeito cognitivo: aquele cujo estado de conhecimento define o que conta como informação relevante e orienta o processo de busca. A certeza do Cogito não resolve o problema da relevância informacional, mas o coloca com precisão: o sujeito que busca informação existe como intérprete ativo, não como receptor passivo de dados.

Assim, enquanto ele está duvidando, ele não pode duvidar de que está pensando; e se ele está pensando, então ele deve existir: "Mas, logo que parei de pensar assim, tudo se desfez, e eu próprio cessei de existir, tanto que, finalmente, estive forçado a concluir que a proposição eu sou, eu existo é necessariamente verdadeira todas as vezes que a enuncio ou a concebo em meu espírito"

(DESCARTES, 2005, p. 16). O Cogito oferece a Descartes um ponto de partida indubitável: a existência do sujeito pensante não pode ser negada sem se contradizer. Mas esse ponto de partida não é, por si só, uma fundação completa do conhecimento.

Descartes ainda precisará, a partir daí, reconstruir toda a cadeia epistêmica, incluindo a garantia das ideias claras e distintas. A semiótica peirceana oferece aqui uma distinção produtiva para a Ciência da Informação: enquanto Descartes busca uma certeza absoluta e individual como fundamento, Peirce propõe que o conhecimento é sempre provisório e coletivo, produto de uma comunidade de investigadores que converge progressivamente sobre o real. Para os sistemas de recuperação da informação, essa perspectiva peirceana é mais fértil: a relevância de um documento não é uma certeza indubitável do sujeito isolado, mas um julgamento construído na interação entre o usuário, o sistema e o contexto da busca. Descartes utiliza esta base indubitável para reconstruir o conhecimento. A partir do Cogito, Descartes busca estabelecer outras verdades pelo critério da clareza e distinção: uma ideia é clara quando está presente e manifesta ao espírito atento, e distinta quando é precisa e separada de qualquer outra. Esse critério é inteiramente racional e independe dos sentidos. Para a Ciência da Informação, a tensão com a perspectiva semiótica peirceana é produtiva: enquanto Descartes localiza a clareza na intuição do sujeito individual, Peirce a localiza nos efeitos práticos do signo e em sua inteligibilidade para uma comunidade de intérpretes. Representar um documento com clareza e distinção, para a CI, não significa capturar uma essência evidente ao indexador, mas produzir signos cujos efeitos práticos permitam ao usuário identificar relevância no contexto de sua busca.

A certeza encontrada no "Cogito" contrasta fortemente com as realidades enganosas que podem ser experimentadas na VR, onde o mundo sensorial pode ser completamente fabricado. No entanto, mesmo dentro das realidades virtuais, a certeza da própria existência do usuário permanece intacta, pois a consciência e o pensamento persistem, independentemente do contexto sensorial. Assim, a VR oferece uma perspectiva para explorar e validar o insight cartesiano sobre a relação entre pensamento e existência.

A tecnologia de VR possui uma capacidade distinta de gerar encontros sensoriais de natureza tão convincente que eles têm o potencial de enganar nossas faculdades sensoriais, levando-nos a perceber esses encontros como experiências

autênticas. Por meio de representações visuais tridimensionais, efeitos auditivos espaciais e respostas táteis, a realidade virtual produz experiências perceptivas que o usuário integra ao seu ciclo funcional como sinais significativos. Como será detalhado na seção dedicada a Pierre Lévy, ao final deste capítulo, o esquema ontológico do virtual, atual, possível e real oferece a chave para compreender esse processo: quando o usuário interage com um ambiente de VR, potências informacionais, documentos, relações semânticas, metadados espaciais, tornam-se existência vivida na experiência de busca. O usuário não ignora que está em um ambiente digital: ele habita um espaço onde o virtual se torna atual, produzindo experiência informacional genuína.

Figura 5 – Tecnologia de VR aplicada



Fonte: UNSPLASH.COM, 2020

Na Figura 5, observa-se a aplicação da tecnologia de realidade virtual em um contexto prático, no qual o usuário interage com um ambiente digital imersivo por meio de um headset. Essa cena ilustra a tensão cartesiana entre a certeza do sujeito pensante e a experiência perceptiva mediada tecnologicamente. O Cogito ("penso, logo existo") permanece válido no ambiente imersivo: o sujeito que interage com a VR existe como intérprete ativo, independentemente da substância do ambiente que percebe. A imagem reforça que a VR não engana os sentidos, mas oferece ao ciclo perceptivo do usuário sinais coerentes que se atualizam em experiência genuína, tornando o ambiente imersivo um campo produtivo para reexaminar os fundamentos do conhecimento informacional situado.

Essa capacidade de envolver os indivíduos em uma realidade alternativa levanta incertezas quanto à confiabilidade das percepções sensoriais, uma noção previamente examinada por Descartes (2005) por meio de seu ceticismo sistemático. Descartes (2005, p. 3) postulou que as percepções sensoriais são fontes não confiáveis de conhecimento, como evidenciam ilusões de ótica, sonhos e interpretações equivocadas. Isso coloca um dilema epistemológico central: se os sentidos não garantem certeza, o conhecimento legítimo deve fundar-se exclusivamente na razão. Para a Ciência da Informação, esse dilema tem consequências diretas: os modelos clássicos de recuperação da informação foram construídos predominantemente sobre critérios racionais e formais, como algoritmos de similaridade semântica e estruturas lógicas de indexação, precisamente porque desconfiam da subjetividade perceptiva do usuário. A VR radicaliza esse dilema ao reintroduzir o corpo e a percepção como variáveis centrais do processo informacional, exigindo que a CI reveja os fundamentos racionais dos seus modelos à luz de uma epistemologia que reconhece a dimensão sensorial e semiótica da busca.

Esses exemplos foram empregados por ele para ilustrar as limitações de confiar totalmente em nossos sentidos para adquirir insights precisos da realidade. A VR serve como uma manifestação tangível desse ceticismo cartesiano, criando ambientes sintéticos que podem ser potencialmente confundidos com o mundo físico pelos mecanismos sensoriais do usuário. A VR ressignifica o ceticismo cartesiano: em vez de apenas questionar a confiabilidade dos sentidos, ela demonstra que a produção de experiência real não depende de substância material, mas da coerência dos signos oferecidos ao intérprete. Sob a lente peirceana, o que importa não é se o ambiente é "artificial" ou "natural", mas se os signos que ele produz têm referência legítima a objetos do mundo real, e se o sistema de recuperação que opera sobre eles é capaz de mediar essa relação com rigor e transparência.

Descartes (2005, p. 12) também contemplou o cenário potencial em que nossas experiências vividas poderiam ser interpretadas como uma mera invenção ou uma criação enganosa de um intelecto malévolo, lançando dúvidas sobre a existência de um mundo externo autêntico. Descartes utilizou esse experimento mental para demonstrar que, mesmo que se suponha a total não confiabilidade das percepções sensoriais, o próprio ato de duvidar não pode ser posto em dúvida sem se contradizer. Não se trata de afirmar que os sentidos produzem falsidades, mas de suspender

metodicamente qualquer crença que não resista ao escrutínio racional. O que permanece após essa suspensão não é o vazio, mas o sujeito pensante: aquele que duvida, interpreta e produz signos sobre o mundo. Para a semiótica peirceana, esse sujeito é o intérprete, o polo ativo do processo sógnico que atribui sentido aos objetos que percebe e busca.

A VR aprimora essa introspecção cartesiana ao permitir a geração de ilusões intrincadas e persuasivas que podem ser totalmente imersas e interagidas. Quando envolvidos em uma simulação de realidade virtual, os indivíduos podem executar tarefas, interagir com elementos e personas e mergulhar em um ambiente que, apesar de ser uma fabricação digital, se apresenta como autêntico. Nesse estado de imersão, os indivíduos podem questionar a autenticidade da realidade em que estão absorvidos, da mesma forma que as incertezas de Descartes em relação à natureza de nossa existência ou ao potencial engano por ilusões.

A VR coloca à Ciência da Informação uma questão filosófica precisa: não "o que diferencia realidade de ilusão?", pergunta que a perspectiva semiótica adotada nesta tese dissolve, mas "como sistemas de recuperação podem organizar signos em ambientes imersivos de modo que o usuário acesse objetos informacionais reais com adequação e eficácia?" Sob a lente peirceana, a distinção entre real e ilusório não depende da substância do ambiente, mas da referência legítima dos signos aos seus objetos. Um documento acessado em VR é real como objeto informacional se os signos que o representam têm referência verificável e se o sistema que os organiza medeia com rigor a relação entre o usuário e esse objeto. Essa é a investigação filosófica que esta tese propõe: não uma ontologia da ilusão, mas uma semiótica da mediação informacional em espaços imersivos.

Esses questionamentos situam a VR em uma tradição filosófica mais ampla do que o ceticismo cartesiano. Kant já havia demonstrado que o acesso humano ao real é sempre mediado pelas formas da sensibilidade e do entendimento (KANT, 2015): não percebemos as coisas como elas são em si mesmas, os noumenos, mas apenas suas aparições para nós, os fenômenos. A VR não cria essa condição de mediação, ela a torna operacionalmente evidente: em um ambiente imersivo, a mediação entre o sujeito e o objeto informacional é explícita, técnica e projetável. A semiótica peirceana oferece a saída produtiva para esse impasse: o real não é um noumeno inacessível, mas aquilo que a investigação coletiva e continuada converge em revelar

por meio de signos progressivamente mais adequados. Para a Ciência da Informação, isso significa que o desafio não é superar a mediação, mas aperfeiçoá-la: produzir representações, índices e ambientes de busca cujos signos se aproximem, com crescente rigor, dos objetos informacionais que o usuário busca.

Para além do ceticismo cartesiano, é possível avançar com uma distinção filosófica que torna o argumento mais preciso. Lévy (1996) propõe que o virtual não é a negação do real, mas sua forma potencializada: o que existe virtualmente pressiona por atualização, por tornar-se concreto na experiência. No esquema léviniano, o movimento é sempre de virtual para atual, do potencial para a realização. Aplicado à VR, isso significa que o usuário não está simplesmente sendo enganado por uma ilusão sensorial, como a dúvida cartesiana sugeriria. Ele está, antes, atualizando uma realidade virtual: convertendo potência em experiência vivida. O ambiente imersivo não é menos real, é real de outro modo. Essa perspectiva complementa o ceticismo de Descartes sem contradizê-lo: a dúvida sobre os sentidos permanece válida, mas o que a VR produz não é apenas engano, é atualização de um espaço de possibilidades que se torna genuinamente experiencial. Ao construir ambientes em que signos digitais se atualizam em experiência genuína, a realidade virtual não apenas prolonga as incertezas cartesianas - ela as supera. A questão deixa de ser "posso confiar no que percebo?" e passa a ser "como os sistemas de informação podem organizar signos em espaços imersivos de modo que o usuário encontre o que é relevante para ele?" É essa segunda questão, epistemológica e informacional, não apenas perceptiva que orienta o modelo proposto nesta tese.

2.3.1 Reflexões sobre a construção da realidade a partir do pensamento cartesiano

A VR pode ser lida como uma expansão contemporânea do ceticismo cartesiano, mas também como sua superação. Descartes levantou questões fundamentais sobre a confiabilidade dos sentidos e sobre os fundamentos do conhecimento. A VR não resolve essas questões; ela as radicaliza ao demonstrar que ambientes construídos digitalmente podem produzir experiências indistinguíveis das físicas em nível psicofisiológico (SCHÖNE et al., 2023).

É preciso fazer aqui uma ressalva importante sobre os limites dessa analogia. A dúvida hiperbólica cartesiana, o questionamento radical e sustentado sobre a

confiabilidade da percepção, não é o que um ambiente de realidade virtual bem projetado busca provocar no usuário; pelo contrário, a experiência em VR depende de presença, fluxo e conforto perceptivo, estados que pressupõem a suspensão da dúvida, não sua manutenção constante. Não é a dúvida hiperbólica, portanto, que a VR replica, mas o movimento que a sucede no método cartesiano: uma vez estabelecida a certeza do Cogito, Descartes interrompe a dúvida e passa a reconstruir o conhecimento sobre bases seguras. Analogamente, um sistema de recuperação da informação em ambientes imersivos precisa estabelecer, de forma antecipada e em grande parte invisível ao usuário, a legitimidade semiótica de seus signos, para que o usuário não precise duvidar a cada instante da realidade do que percebe, e possa, assim, permanecer no fluxo da busca. É essa segunda fase do método cartesiano, a da certeza que autoriza a construção, e não a primeira, a da dúvida que a antecede, que oferece o paralelo produtivo para o design de sistemas de RI em VR.

Mas, sob a perspectiva semiótica adotada nesta tese, o mais importante não é essa indistinguibilidade sensorial, é o fato de que os signos produzidos em VR têm referência a objetos reais e podem mediar relações informacionais genuínas entre usuários e documentos. As simulações de realidade virtual oferecem exemplos tangíveis de como nossas percepções são suscetíveis à manipulação, ilustrando de forma eficaz as incertezas cartesianas.

No entanto, a VR não apenas renova as incertezas cartesianas sobre a confiabilidade dos sentidos. Ela oferece à Ciência da Informação um campo concreto onde essas questões se tornam operacionais: como projetar sistemas de recuperação que operem sobre signos digitais com a mesma legitimidade epistemológica dos sistemas tradicionais? Como garantir que a mediação informacional em ambientes imersivos seja tão rigorosa quanto a que os modelos clássicos oferecem em interfaces bidimensionais? São essas perguntas, e não a filosofia em si, que a VR coloca para a CI. Por meio da utilização da VR, experimentos controlados podem ser gerados onde a realidade é submetida a manipulações específicas para explorar como os indivíduos percebem e moldam a realidade.

Estudos recentes, como o conduzido por Schöne et al. (2023), mostram que as experiências de realidade virtual podem ser indistinguíveis das experiências da vida real em nível psicofisiológico. O estudo revelou que exposições a alturas em VR usando vídeos 3D-360° são praticamente indistinguíveis das exposições reais em

termos de oscilação de ondas cerebrais, bem como variabilidade da frequência cardíaca. Isso sugere que mecanismos cognitivos e emocionais similares são empregados para processar tanto as experiências reais quanto as virtuais, destacando a capacidade da VR de mimetizar a realidade de maneira convincente e proporcionando um novo ambiente para explorar questões fundamentais sobre percepção e cognição. O estudo de Schöne et al. (2023) confirma o que a perspectiva semiótica já antecipava: a legitimidade de um ambiente informacional não depende de sua substância material, mas da coerência dos signos que produz e de sua capacidade de ativar respostas funcionais no usuário. Para a Ciência da Informação, isso significa que ambientes imersivos podem ser espaços válidos de recuperação da informação, desde que os sistemas que os estruturam organizem os signos com o mesmo rigor representacional que os modelos clássicos aplicam a interfaces bidimensionais.

De uma perspectiva subjetiva, a VR oferece encontros imersivos que têm o potencial de impactar significativamente a perspectiva e os processos cognitivos de um indivíduo. A natureza atraente das experiências de realidade virtual pode levar os usuários a formar memórias e emoções genuínas ligadas a esses encontros, apesar de estarem cientes de sua natureza artificial. Isso ilustra a maleabilidade da realidade subjetiva, que pode ser influenciada por entradas sensoriais, sejam elas genuínas ou simuladas. Essa capacidade de mimetismo transcende a mera ilusão sensorial, evidenciando que ambientes virtuais, quando projetados com suficiente realismo, possuem a eficácia de evocar respostas corporais e processos cognitivos análogos aos manifestados em interações no mundo físico, consolidando o papel da imersão como um mediador legítimo de experiência (SLATER; SÁNCHEZ-VIVES, 2016, P. 6).

Com relação à realidade objetiva, a VR fornece uma plataforma para aprofundar e compreender os princípios fundamentais que governam a forma como percebemos o mundo. Por meio da manipulação de parâmetros específicos em um ambiente virtual, os pesquisadores podem analisar os efeitos de vários fatores na percepção e na cognição. Por exemplo, a alteração da percepção de profundidade, movimento e percepção temporal em diversos cenários virtuais pode revelar aspectos fundamentais de como nosso cérebro constrói a realidade objetiva. Nesse sentido, estudos indicam que ambientes de realidade virtual, ao funcionarem como simuladores de experiências realistas, são capazes de elicitar respostas fisiológicas e

comportamentais comparáveis àsquelas observadas em contextos físicos, o que ratifica a eficácia dessa tecnologia para investigações neurocientíficas (HIGUERA-TRUJILLO; MALDONADO; LLINARES, 2017, P. 400).

Pode-se replicar cenários complexos e perigosos em um ambiente seguro, permitindo que os indivíduos adquiram conhecimento e experiência sem enfrentar perigos reais. Esta ação tem implicações significativas em áreas como educação, treinamento e terapia, onde a realidade virtual pode oferecer experiências que, de outra forma, seriam inatingíveis ou impraticáveis no campo físico. Ademais, ao permitir a manipulação direta de objetos e a adoção de múltiplas perspectivas, a VR viabiliza a criação de ambientes de aprendizagem onde a interação sensorimotora otimiza a compreensão de conceitos complexos (BRUCKER et al., 2024, p. 5). A realidade virtual não apenas desafia nossa compreensão da realidade, mas também apresenta novas ferramentas para examinar e compreender a essência da percepção e da realidade. Ao expandir o ceticismo cartesiano e introduzir um novo método de explorar esses conceitos, a realidade virtual contribui para uma compreensão mais profunda e abrangente da realidade subjetiva e objetiva, ressaltando a complexidade e a adaptabilidade da experiência humana.

2.4 Jakob von Uexküll e a Biossemiótica da Percepção

Jakob von Uexküll, biólogo e filósofo alemão do início do século XX, propôs uma das mais originais teorias sobre a relação entre organismos vivos e seus ambientes. Afastando-se das concepções mecanicistas predominantes em sua época, Uexküll argumentou que cada ser vivo não habita um mundo objetivo e universal, mas constrói ativamente seu próprio mundo perceptivo e funcional, ao qual denominou *Umwelt*, termo alemão que pode ser traduzido como "mundo próprio" ou "mundo sensorial" (UEXKÜLL, 1926).

Figura 6 – Jakob von Uexküll



Fonte: WIKIMEDIA COMMONS, 2008

Na Figura 6, observa-se Jakob von Uexküll, biólogo e filósofo alemão cujas teorias do *Umwelt* e do *Innenwelt* fundamentam a compreensão do usuário como intérprete situado. Sua proposição de que cada organismo constrói seu próprio mundo perceptivo a partir das capacidades que possui para perceber e agir constitui o fundamento biossemiótico central do modelo proposto nesta tese, permitindo compreender por que diferentes usuários percebem e interpretam o mesmo espaço informacional imersivo de formas distintas.

O *Umwelt* não é o ambiente físico em sua totalidade, mas o recorte desse ambiente que faz sentido para o organismo. É constituído exclusivamente pelos elementos que o ser está aparelhado para perceber e com os quais pode interagir. Tudo aquilo que está além dessas capacidades perceptivas simplesmente não existe para o organismo, não é ignorado, é inexistente em seu mundo.

Devemos primeiro soprar, em nossa imaginação, uma bolha de sabão ao redor de cada criatura, para representar seu próprio mundo, preenchido pelas percepções que somente ela conhece. Quando nós mesmos entramos em uma dessas bolhas, o prado familiar se transforma. (UEXKÜLL, 2010 [1934], p. 41-42, tradução nossa)

Essa metáfora da bolha de sabão, cunhada pelo próprio Uexküll, torna visível a natureza radicalmente subjetiva e delimitada do *Umwelt*: cada organismo não

apenas percebe o mundo de forma diferente, mas literalmente habita um mundo diferente, cujos limites são traçados pelo seu próprio aparato perceptivo. Para ilustrar esse conceito, Uexküll descrevia o carrapato: um ser que percebe apenas três sinais do ambiente, o odor de ácido butírico emanado da pele dos mamíferos, a temperatura do sangue e a textura da superfície onde se fixa. (UEXKÜLL, 1926). O restante do universo sensorial é, para ele, ausência total. Complementar ao *Umwelt* é o conceito de *Innenwelt*, o "mundo interior", que designa a estrutura interna com que o organismo organiza e interpreta os estímulos recebidos (UEXKÜLL, 1926). Enquanto o *Umwelt* define o que o ser pode perceber do mundo externo, o *Innenwelt* descreve como esses estímulos são processados, classificados e convertidos em ação. A interação dinâmica entre o *Innenwelt* e o *Umwelt* forma o que Uexküll chamou de ciclo funcional (*Funktionskreis*): o organismo percebe um sinal, processa-o internamente e responde com uma ação que, por sua vez, altera o ambiente e gera novos sinais perceptivos (UEXKÜLL, 1926).

Essa concepção tem implicações profundas para a compreensão da experiência em ambientes de realidade virtual. Se cada organismo constrói seu próprio *Umwelt* a partir de suas capacidades perceptivas, então a VR pode ser entendida como uma tecnologia que expande, reconfigura ou substitui parcialmente esse mundo sensorial. Ao imergir em um ambiente virtual, o usuário não apenas recebe estímulos artificiais, ele os integra ao seu ciclo funcional, atribuindo-lhes significado e respondendo a eles com ações reais. O *Umwelt* do usuário em VR é, portanto, um *Umwelt* ampliado: não mais restrito ao ambiente físico imediato, mas estendido a um espaço informacional tridimensional construído digitalmente.

Vale explicitar aqui uma opção teórica desta tese. Em sua formulação original, Uexküll trata o *Umwelt* como uma propriedade da espécie: organismos com o mesmo aparato sensorial e motor compartilham, em linhas gerais, o mesmo recorte perceptivo do ambiente. Nesta tese, o conceito é deliberadamente estendido para o nível individual do usuário. Essa extensão se justifica porque, no domínio informacional e digital, a variabilidade perceptivo-motora relevante para o design de sistemas não decorre de diferenças biológicas entre espécies, mas de diferenças entre indivíduos: nível de expertise, familiaridade com a tecnologia, limitações sensoriais, repertório gestual e contexto cognitivo. Essa variabilidade opera, no plano informacional, de forma análoga à variabilidade interespecies descrita por Uexküll: assim como um

carrapato e um ser humano habitam *Umwelten* distintos por possuírem aparatos perceptivos distintos, dois usuários de um mesmo sistema de recuperação da informação em realidade virtual podem habitar recortes informacionais distintos do mesmo ambiente, a depender de seu próprio aparato perceptivo-motor e cognitivo. É essa extensão, do nível biológico-específico para o nível informacional-individual, que fundamenta o conceito de *Umwelt* informacional proposto nesta tese.

Essa perspectiva afasta-se de uma visão puramente sensorial da imersão. Para Uexküll, o que define a realidade de um ambiente não é sua materialidade, mas sua capacidade de gerar sinais perceptivos que se encaixem nas estruturas do *Innenwelt* do organismo. Um ambiente virtual que produz sinais coerentes com o ciclo funcional do usuário, visuais, gestuais, espaciais, é, do ponto de vista biossemiótico, tão real quanto o ambiente físico. Não se trata de enganar os sentidos, mas de oferecer ao *Innenwelt* os estímulos que ele está preparado para interpretar. Essa articulação entre *Umwelt* e VR tem consequências diretas para o design de sistemas de recuperação da informação em ambientes imersivos. Se cada usuário percebe e interpreta o espaço informacional a partir de seu próprio mundo sensorial, os sistemas não podem ser projetados como se houvesse um receptor universal e neutro.

O *Umwelt* do usuário define quais elementos do ambiente são percebidos como sinais relevantes, quais documentos "existem" para ele, quais metáforas espaciais fazem sentido, quais gestos se encaixam em seu repertório de ação. Propõe-se, assim, o conceito de *Umwelt* informacional: o recorte perceptivo-semiótico do espaço de busca que um sistema de recuperação da informação em realidade virtual constrói e disponibiliza para um usuário específico, delimitado pelos sinais visuais, espaciais, gestuais e multimodais que esse usuário está perceptiva e motoramente aparelhado para reconhecer, interpretar e acionar. Projetar um sistema de RI em VR é, nesse sentido, projetar o *Umwelt* informacional de seus usuários, um mundo próprio de busca, organizado segundo os sinais que cada usuário está aparelhado para perceber e usar.

A interação na realidade virtual é facilitada por dispositivos como visores montados na cabeça, controladores manuais e sensores de movimento, que capturam os movimentos do corpo do usuário e os convertem em ações dentro do espaço virtual.

Figura 7 - Visor e controlador de VR



Fonte: UNSPLASH.COM, 2020

Na Figura 7, observa-se um usuário equipado com visor e controladores de realidade virtual. Esses dispositivos funcionam como extensores do ciclo funcional descrito por Uexküll: capturam os sinais de ação do *Innenwelt* do usuário, seus gestos, deslocamentos e orientação, e os traduzem em respostas do ambiente virtual. A imagem ilustra como a VR opera sobre o *Umwelt* do usuário, oferecendo estímulos que, ao serem integrados ao seu mundo sensorial, produzem a experiência de presença e interação genuína com o espaço informacional imersivo. Por meio dessa lente biossemiótica, a realidade virtual deixa de ser apenas uma simulação de ambiente físico e passa a ser compreendida como a construção de um novo *Umwelt*, um mundo próprio de significados, sinais e ações que o usuário habita e no qual busca, encontra e interpreta informação.

2.5 Pierre Lévy e a Ontologia do Virtual

Pierre Lévy (1956-), filósofo, sociólogo e pesquisador franco-tunisiano, é um dos autores mais influentes nos estudos sobre cibercultura e tecnologias digitais, reconhecido por sua reflexão sobre a virtualização da sociedade e do conhecimento contemporâneos.

Figura 8 - Pierre Lévy

Fonte: WIKIMEDIA COMMONS, 2019

Na Figura 8, observa-se Pierre Lévy, filósofo, sociólogo e pesquisador franco-tunisiano, reconhecido por sua reflexão sobre a virtualização da sociedade e do conhecimento contemporâneos. Sua distinção ontológica entre virtual, atual, possível e real, discutida a seguir, fundamenta a leitura da realidade virtual proposta nesta tese. Cabe registrar uma ressalva sobre o estatuto dessa fonte teórica: a obra de Lévy é reconhecida por sua originalidade e clareza explicativa, mas também é criticada por não indicar com precisão a genealogia de vários dos conceitos que apresenta como próprios. Esta tese recorre a Lévy não como autoridade histórica sobre a tradição ontológica que sua distinção mobiliza, mas como formulação elucidativa e amplamente incorporada pela área para pensar a diferença entre virtual e real, reconhecendo que essa formulação mereceria, em trabalhos futuros, um exame mais detido de suas fontes.

Pierre Lévy, em *O que é o virtual?* (1996), propõe uma distinção ontológica que se tornou amplamente incorporada pelos estudos de tecnologia e cultura digital: o virtual não é o oposto do real, mas uma de quatro modalidades da existência, ao lado do atual, do possível e do real em sentido estrito. O virtual é aquilo que existe em potência: uma força, uma tendência, um problema que pressiona por resolução, mas que ainda não se atualizou em uma forma determinada. O atual é a solução, sempre parcial e contingente, que emerge quando o virtual se resolve em uma configuração concreta e experienciável.

Já o virtual não se opõe ao real, mas sim ao atual. Contrariamente ao possível, estático e já constituído, o virtual é como o complexo problemático, o nó de tendências ou de forças que acompanha uma situação, um acontecimento, um objeto ou uma entidade qualquer, e que chama um processo de resolução: a atualização. (LÉVY, 1996, cap. 1, "O atual e o virtual")

Nas palavras do próprio Lévy, fica evidente que o virtual não é uma categoria estática à espera de realização, como o possível, mas um problema ativo que pressiona por resolução, é essa tensão problemática, e não uma simples potencialidade latente, que a atualização resolve. O possível, por sua vez, distingue-se do virtual por já estar inteiramente definido, à espera apenas de se realizar sem alteração; e o real, em sentido estrito, é aquilo que subsiste independentemente de qualquer ato de percepção ou atualização.

Essa distinção tem uma consequência direta e produtiva para pensar a realidade virtual: um ambiente de VR não é uma cópia degradada, incompleta ou ilusória do mundo físico. É uma atualização, entre outras possíveis, de potências informacionais que o suporte físico, por si só, não comporta ou não realiza da mesma forma. O usuário imerso não é enganado por uma simulação; ele habita um espaço de virtualidade que se atualiza em experiência real no momento mesmo da interação.

Tal reformulação ontológica tem uma implicação metodológica central para esta tese: ela libera a análise da realidade virtual do paradigma da ilusão, no qual a VR seria julgada por sua capacidade de "enganar" ou "imitar" fielmente o mundo físico, e a reposiciona no paradigma da produção de realidade, no qual a VR é julgada pela qualidade e coerência das experiências informacionais, perceptivas e semióticas que é capaz de produzir. É esse deslocamento, aplicado ao longo deste capítulo às leituras de Platão, Descartes e Uexküll, que fundamenta a proposição do modelo conceitual apresentado no Capítulo 5.

2.6 Considerações

Por meio da exploração das perspectivas filosóficas de Charles Sanders Peirce, Platão, René Descartes e Jakob von Uexküll em relação ao signo, à realidade, à percepção e à experiência, abre-se uma base fértil para enfrentar os desafios impostos pela realidade virtual. Esta, ao distorcer as noções convencionais de

percepção e presença, converte-se em uma arena experimental para a convergência de tradições filosóficas distintas.

A semiótica de Peirce, apresentada como eixo interpretativo do capítulo, forneceu o vocabulário signo, objeto, interpretante, ícone, índice, símbolo, que permitiu reler as três perspectivas seguintes não como teses concorrentes sobre a natureza do real, mas como diferentes formulações do mesmo problema: a relação entre um sujeito situado e os signos que medeiam seu acesso ao mundo.

Os ensinamentos de Platão apontam que a realidade percebida pelos sentidos pode ser apenas reflexo de uma verdade mais profunda, como ilustra sua Alegoria da Caverna. Nos ambientes virtuais, os mundos simulados funcionam como “sombras contemporâneas”, que instigam a repensar o que constitui o real. Esse paralelo atualiza a dimensão das ideias platônicas e sugere que a VR pode servir como instrumento para explorar formas ideais e examinar a mediação entre o sensível e o inteligível.

Descartes, com sua dúvida metódica, legou à modernidade a consciência de que o conhecimento precisa de fundamentos que resistam ao questionamento. Em ambientes imersivos, essa exigência não se traduz em revisar constantemente os limites entre real e ilusório, mas em garantir que os sistemas de recuperação da informação operem sobre bases epistemológicas sólidas. A semiótica peirceana responde a esse desafio cartesiano de forma mais produtiva para a CI do que o próprio Descartes: em vez de buscar uma certeza absoluta e individual, propõe que o conhecimento se consolida pela convergência coletiva da investigação sobre signos progressivamente mais adequados aos seus objetos.

Já Uexküll demonstra que cada organismo constrói seu próprio mundo perceptivo, o *Umwelt*, a partir das capacidades que possui para perceber e agir. A VR reconfigura esse mundo próprio ao ampliar artificialmente os sinais disponíveis para o usuário, estendendo seu ciclo funcional para além do ambiente físico. O espaço imersivo oferece ao *Innenwelt* do usuário estímulos coerentes o suficiente para serem interpretados como reais, revelando que a fronteira entre o percebido e o existente é sempre construída pelo organismo que percebe.

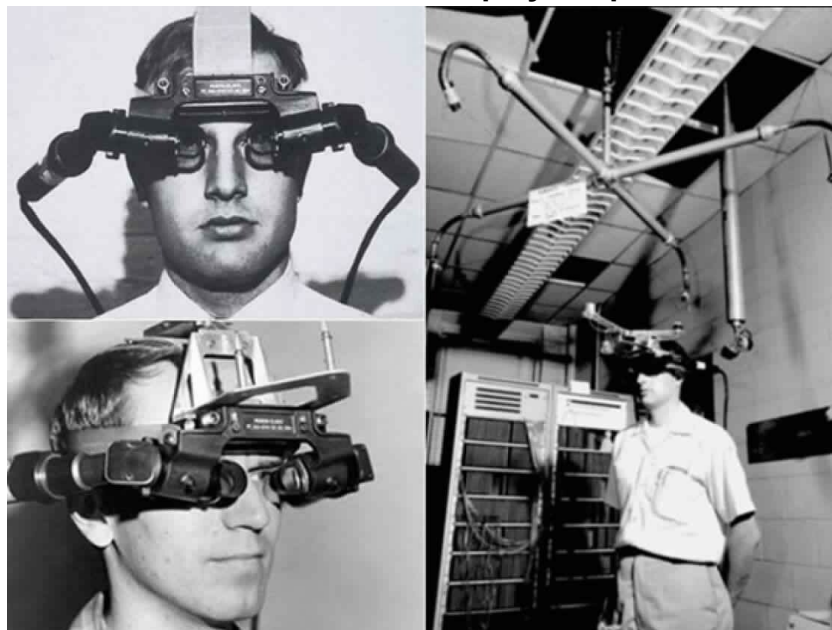
Desse cruzamento emerge uma visão ampliada da realidade, entendida não como entidade estática, mas como construção multifacetada, em constante desdobramento entre o tangível e o imaterial, o físico e o digital.

A realidade virtual não apenas tensiona as fronteiras do real, mas introduz novas formas de vivê-lo, de representá-lo e de produzir conhecimento. Esse conjunto de reflexões, fechado pela distinção ontológica de Pierre Lévy entre virtual, atual, possível e real, abre caminho para um arcabouço conceitual que articule as perspectivas de Peirce, Platão, Descartes e Uexküll, oferecendo instrumentos críticos para lidar com as complexidades das experiências sensoriais e informacionais em ambientes imersivos. É nesse horizonte que se delineia a necessidade de uma formulação teórica mais abrangente, que será apresentada na seção seguinte.

3 EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO EM AMBIENTES DE REALIDADE VIRTUAL

A evolução das interfaces digitais e o crescimento das tecnologias imersivas, como a Realidade Virtual (VR), têm impactado significativamente a experiência do usuário (UX) em sistemas interativos. Para Tori e Kirner (2006), desde os primeiros experimentos com ambientes gráficos e simulações computacionais, como o Sensorama, de Morton Heilig, e o conceito de Ultimate Display de Ivan Sutherland, observa-se uma trajetória marcada pela incorporação de estímulos sensoriais e gráficos tridimensionais, que pavimentaram o caminho para a construção de experiências digitais cada vez mais naturais, intuitivas e envolventes.

Figura 9 - Ivan Sutherland e seu display “Espada de Dâmocles”



Fonte: LONDON REVIEW OF BOOKS, 2020

Na Figura 9, observa-se o pioneiro Ivan Sutherland utilizando o dispositivo conhecido como “Espada de Dâmocles”, considerado o primeiro sistema de realidade virtual imersiva. Essa imagem histórica evidencia a transição entre experimentos conceituais e aplicações tecnológicas concretas, marcando o início de uma trajetória que buscava integrar estímulos sensoriais e gráficos tridimensionais. A figura reforça

como os primeiros protótipos abriram caminho para a consolidação da VR como campo central de estudo da experiência do usuário, estabelecendo as bases para interações digitais mais naturais e intuitivas.

A noção de experiência do usuário, ainda que consolidada terminologicamente apenas na década de 1980, tem raízes conceituais anteriores. Douglas Engelbart antecipou essa preocupação já em 1962, quando propôs, no relatório *Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework*, que a tecnologia deveria ser projetada para ampliar as capacidades cognitivas humanas, e não apenas processar dados. Sua contribuição mais visível para a interação humano-computador foi o desenvolvimento de paradigmas de interface gráfica que substituíram a interação por linha de comando, então dominante nos sistemas computacionais, por uma manipulação direta e visual de objetos na tela, uma mudança não apenas técnica, mas cognitiva: ela cria modelos mentais mais intuitivos e acessíveis ao usuário comum, em vez de exigir o conhecimento de comandos e sintaxes específicas.

Essa noção de modelo mental foi posteriormente sistematizada por David Rumelhart (1980), que propôs que o conhecimento humano sobre situações e sistemas se organiza em esquemas cognitivos, os quais se desdobram em *frames* e *scripts*: estruturas que permitem ao usuário prever o funcionamento de um sistema com base em experiências prévias semelhantes. É essa capacidade de antecipação, baseada em modelos mentais previamente construídos, que qualquer interface, bidimensional ou imersiva, precisa respeitar ou deliberadamente subverter para produzir uma experiência coerente.

Essa progressão reflete-se diretamente no aprimoramento das formas de interação entre humanos e máquinas, reforçando a importância do design centrado no usuário. Historicamente, a experiência do usuário emergiu como um campo de estudo interdisciplinar que une fundamentos da Psicologia Cognitiva, Design e Interação Humano-Computador (IHC). O termo *User Experience* foi popularizado por Donald Norman na década de 1980, em um contexto marcado pela transição da computação técnica para interfaces voltadas ao público geral. Ao longo das décadas seguintes, a área se expandiu, passando a abranger desde a usabilidade de softwares até experiências emocionais, estéticas e sensoriais, especialmente com o surgimento de dispositivos móveis, sensores e ambientes tridimensionais. Nascimento, Bonfim e Cruz (2022) apontam que, para que essas tecnologias promovam experiências de fato

significativas, é necessário considerar fatores como a motivação do usuário, o grau de imersão, a segurança e a capacidade de estimular o engajamento intelectual e emocional.

Dentro do campo da busca e recuperação da informação, a transição de interfaces bidimensionais para ambientes tridimensionais exige uma reavaliação profunda dos padrões usuais de interação. Os sistemas tradicionais de busca, como o Google Search ou interfaces de bibliotecas digitais, foram concebidos sobre uma premissa epistemológica específica: a de que a necessidade informacional do usuário pode ser adequadamente expressa em linguagem verbal, processada por algoritmos lógicos e respondida por listas ordenadas de resultados textuais. Essa premissa não é uma limitação técnica superada pelo avanço computacional, mas uma escolha conceitual que reflete os paradigmas dominantes da CI no século XX, centrados na representação simbólica e na recuperação por correspondência semântica. Contudo, em ambientes imersivos, os usuários deixam de ser apenas observadores e assumem papéis ativos dentro do espaço informacional, demandando novos modelos baseados em percepção espacial, corporeidade e cognição situada.

A construção dessas experiências não deve se limitar ao visual, mas envolver a sensorialidade e a percepção do usuário, pois a sensação de presença e engajamento depende diretamente da forma como os estímulos perceptivos são organizados e contextualizados (RIBEIRO; MONTEIRO, 2015). Estudos recentes indicam que a implementação de interfaces imersivas para recuperação de informação pode transformar profundamente a forma como os usuários acessam, interpretam e manipulam dados, promovendo maior engajamento, retenção cognitiva e eficiência no processo de busca (SCHLEUSSINGER, 2021). Por exemplo, bibliotecas virtuais baseadas em realidade virtual, como o projeto Virtual Reality Library Experience da University of Oklahoma, têm demonstrado resultados positivos na compreensão e retenção de conteúdos complexos em contextos educacionais. Schleussinger (2021) aponta que ambientes imersivos favorecem a construção ativa do conhecimento ao engajar simultaneamente dimensões cognitivas, perceptivas e espaciais que interfaces bidimensionais não mobilizam.

O relatório MIT Horizon (2024) reforça esse argumento ao indicar que o valor educacional da VR não reside na estética ou na simulação visual, mas na capacidade de produzir experiências que ativam o ciclo funcional do usuário de forma integrada.

O relatório especifica três condições para que isso ocorra: adequação da complexidade da interação ao nível de experiência do usuário, coerência entre fidelidade visual e objetivos da tarefa, e uso de interações que exijam processamento ativo, não apenas observação passiva. Para a Ciência da Informação, essas condições traduzem-se diretamente em critérios de design de sistemas de recuperação em VR: um ambiente imersivo de busca é eficaz quando seus signos espaciais e gestuais mobilizam o ciclo perceptivo do usuário em direção ao objeto informacional que ele busca. Essa perspectiva reforça a importância de projetar sistemas informacionais em VR que considerem não apenas o impacto visual, mas, sobretudo, a eficiência da interação e os processos cognitivos do usuário durante a navegação, a aprendizagem e a tomada de decisão.

Evidencia-se a necessidade de revisitar os paradigmas tradicionais da Ciência da Informação porque a imersão reconfigura as três variáveis sobre as quais os modelos clássicos de recuperação foram construídos. O espaço, que nos sistemas bidimensionais é neutro e não participa da mediação informacional, torna-se em VR um sistema de signos: a posição, a proximidade e a orientação de documentos no ambiente imersivo são índices de relevância que o usuário interpreta por meio do seu ciclo perceptivo. O tempo, que nos modelos clássicos é o intervalo entre consulta e resultado, passa a ser contínuo e retroalimentado: o usuário refina sua busca em tempo real a partir dos sinais que o ambiente devolve a cada gesto e deslocamento. A corporeidade, ausente dos modelos formais de RI, torna-se o canal primário pelo qual o usuário produz signos de necessidade informacional e interpreta os signos que o sistema oferece. São essas três reconfigurações, e não apenas uma mudança de suporte tecnológico, que exigem novos fundamentos epistemológicos para a CI em ambientes imersivos.

Diante desse panorama, torna-se essencial compreender como os princípios da experiência do usuário podem ser aplicados à realidade virtual com vistas à otimização de sistemas de busca e recuperação da informação. Esta análise estabelecerá as bases conceituais para o modelo a ser desenvolvido nesta tese.

3.1 Donald Norman e a Semiótica Peirceana na Experiência do Usuário

A experiência do usuário (UX) tem suas raízes na Ergonomia e na Psicologia Cognitiva, sendo amplamente desenvolvida a partir da década de 1980, quando Donald Norman introduziu o termo *User Experience* no contexto da Interação Humano-Computador (HCI). Norman (2006) argumenta que a qualidade da interação vai além da mera usabilidade, incorporando aspectos emocionais, perceptivos e comportamentais. Para ele, o bom design deve ser compreensível, funcional e prazeroso, considerando a forma como o usuário percebe, interpreta e age sobre os elementos do sistema.

Figura 10 – Donald A. Norman



Fonte: WIKIMEDIA COMMONS, 2005

Na Figura 10, observa-se Donald A. Norman, um dos principais responsáveis pela consolidação do conceito de experiência do usuário. Sua contribuição destaca que a interação homem-máquina não deve se limitar à eficiência ou usabilidade, mas incorporar também dimensões emocionais e perceptivas. Norman conecta a discussão teórica sobre UX à sua origem histórica e à transformação das interfaces em experiências significativas para o usuário. A leitura de Norman sobre a experiência do usuário pode ser precisada semioticamente: ela converge com a estrutura triádica do signo proposta por Peirce, o usuário é sempre um intérprete que processa signos produzidos pelo sistema, atribui-lhes sentido a partir de seu contexto e repertório, e age em resposta a essa interpretação. A diferença entre uma interface bem projetada e uma mal projetada é, sob essa perspectiva, semiótica: a primeira oferece signos

adequados ao ciclo interpretativo do usuário; a segunda produz signos que seu intérprete não consegue processar com eficácia. Em ambientes imersivos de VR, essa dimensão semiótica da experiência se intensifica porque os signos não são apenas textuais e visuais, mas espaciais, gestuais e perceptivos.

Nesse sentido, para Porsani (2024, p. 19-22), em ambientes virtuais, a experiência do usuário precisa abranger também sensações corporais e o conforto geral do uso, fatores que se tornam decisivos para o engajamento e aceitação da tecnologia. Embora muitas vezes utilizados de forma intercambiável, os conceitos de usabilidade e experiência do usuário não são equivalentes. A usabilidade refere-se à facilidade com que o usuário consegue utilizar um sistema para atingir seus objetivos de forma eficaz, eficiente e satisfatória, conforme abordado pela norma ISO 9241-11 (ISO,2018). Já a experiência do usuário é um conceito mais amplo, que abrange não apenas a usabilidade, mas também os aspectos emocionais, subjetivos e contextuais da interação, como as expectativas, percepções e sentimentos do usuário antes, durante e após o uso de um sistema (NORMAN, 2006). Assim, um sistema pode ser altamente usável, mas ainda assim oferecer uma experiência negativa, caso, por exemplo, falhe em gerar engajamento ou não atenda às necessidades emocionais do usuário. Movimentos como o Design Centrado no Usuário (DCU) fortemente influenciado por Norman, e abordagens heurísticas como as propostas por Jakob Nielsen, foram essenciais para o avanço da UX. Tais abordagens incorporam princípios como simplicidade, eficiência e satisfação, colocando as necessidades reais dos usuários no centro do processo de design.

3.2 Carga Cognitiva e Modelos Mentais

Para aprofundar a compreensão sobre como usuários lidam com sistemas complexos, duas teorias cognitivas merecem destaque próprio: a Teoria da Carga Cognitiva, de Sweller (1988), e a Teoria dos Modelos Mentais, de Johnson-Laird (1980). A Teoria da Carga Cognitiva parte do princípio de que a capacidade de processamento da memória de trabalho humana é limitada, e que o design de uma interface pode impor três tipos distintos de carga: a carga intrínseca, inerente à complexidade da própria tarefa; a carga extrínseca, gerada por uma apresentação mal projetada da informação, que exige esforço mental desnecessário; e a carga relevante, aquela dedicada efetivamente à construção de esquemas de conhecimento

úteis ao usuário. Um sistema bem projetado busca minimizar a carga extrínseca para liberar recursos cognitivos à carga relevante, princípio especialmente crítico em ambientes imersivos, onde a quantidade de estímulos sensoriais simultâneos (visuais, espaciais, sonoros, hápticos) pode facilmente sobrecarregar o usuário se não for cuidadosamente orquestrada.

Já a Teoria dos Modelos Mentais, de Johnson-Laird (1980), propõe que os indivíduos constroem representações internas e simplificadas de como um sistema funciona, e usam essas representações para prever seu comportamento e planejar suas próprias ações. Quando o modelo mental do usuário diverge do modelo conceitual efetivamente implementado no sistema, surgem erros de uso, frustração e abandono da tarefa. Em ambientes de realidade virtual, a construção de modelos mentais adequados é particularmente desafiadora, porque o usuário frequentemente não dispõe de convenções prévias e consolidadas, como as que já existem para interfaces bidimensionais (ícones, menus, barras de rolagem), sobre as quais possa ancorar suas expectativas. Essas duas teorias explicam, em conjunto, como a organização da informação, a previsibilidade das ações e a coerência entre os estímulos afetam diretamente a clareza, o engajamento e a eficiência da interação. Elas retornam, no Capítulo 5, como fundamento direto da dimensão cognitiva do modelo conceitual proposto por esta tese.

A compreensão aprofundada dos fundamentos da Experiência do Usuário (UX) revela-se essencial para o enfrentamento dos desafios contemporâneos no design de sistemas interativos, sobretudo diante do avanço das tecnologias imersivas. Como demonstrado ao longo desta seção, a UX transcende a usabilidade ao integrar aspectos emocionais, perceptivos, contextuais e cognitivos que moldam a forma como os indivíduos interagem com os sistemas digitais. Abordagens como o Design Centrado no Usuário, as heurísticas de usabilidade e as teorias da cognição humana, como a carga cognitiva e os modelos mentais, oferecem uma base sólida para pensar experiências mais envolventes, intuitivas e eficazes. No entanto, quando transpostas para contextos tridimensionais e imersivos, essas mesmas abordagens passam a demandar novas interpretações, revelando a necessidade de repensar os paradigmas tradicionais da interação humano-computador.

Essa constatação dialoga diretamente com os objetivos centrais desta tese, que busca propor um modelo conceitual de recuperação da informação em ambientes

imersivos de realidade virtual, ancorado em três eixos complementares: os fundamentos epistemológicos da Ciência da Informação, com ênfase nos conceitos de comportamento informacional (WILSON, 1999), relevância (SARACEVIC, 2007) e representação documental; os princípios da Experiência do Usuário aplicados a ambientes imersivos, com destaque para presença, carga cognitiva e estado de flow; e a semiótica peirceana articulada à biossemiótica de Uexküll, que fornece o fundamento filosófico para compreender como usuários produzem e interpretam signos em espaços tridimensionais. A percepção, nesse modelo, não é um dado sensorial isolado, mas uma dimensão do ciclo sógnico pelo qual o usuário acessa, interpreta e avalia objetos informacionais em contexto imersivo.

Ao mapear os elementos da experiência que afetam o acesso e o uso da informação nesses ambientes, a pesquisa pretende oferecer subsídios para o desenvolvimento de sistemas mais responsivos à corporeidade, à percepção espacial e às dimensões emocionais da interação. Nesse sentido, os fundamentos aqui apresentados não apenas sustentam a investigação, como também lançam as bases conceituais para o aprofundamento que será realizado no próximo capítulo, em que se analisa como a UX se aplica especificamente à Realidade Virtual. A partir daí, será possível identificar os ajustes, extensões e ressignificações necessárias para que a experiência do usuário possa efetivamente contribuir para a organização e a recuperação da informação em ambientes tridimensionais, ampliando os horizontes teóricos e metodológicos da Ciência da Informação. Com esses fundamentos em mente, é possível avançar para a análise de como a experiência do usuário se transforma diante das características únicas da Realidade Virtual.

3.3 UX aplicada à Realidade Virtual

Com o avanço das tecnologias imersivas, a experiência do usuário transcende a funcionalidade tradicional e passa a integrar dimensões sensoriais e cognitivas, como presença, imersão e interação natural. Em ambientes tridimensionais, o usuário não apenas interage com a informação, mas “habita” o espaço onde ela está contida, ativando múltiplos sentidos e exigindo fluidez entre percepção e ação. A experiência deixa de ser meramente funcional e passa a ser vivida, corporalmente situada. De acordo com Porsani (2024, p. 19-22), em ambientes virtuais, o conforto físico, as

sensações corporais e o engajamento emocional tornam-se aspectos importantes para a aceitação da tecnologia.

Para lidar com a complexidade desses ambientes, as teorias da carga cognitiva (SWELLER, 1988) e dos modelos mentais (JOHNSON-LAIRD, 1980), já discutidas anteriormente, ganham aplicações específicas em cenários de Realidade Virtual: múltiplos estímulos sensoriais competem simultaneamente pela atenção do usuário, elevando o risco de sobrecarga extrínseca, enquanto a ausência de convenções visuais consolidadas para ambientes tridimensionais dificulta a formação de modelos mentais adequados às novas formas de interação.

Outro conceito fundamental é o de Flow Experience (CSIKSZENTMIHALYI, 1990), o estado de engajamento pleno entre desafio e habilidade. Ambientes que favorecem esse estado, com feedbacks imediatos, coerência sensorial e liberdade de exploração, são mais propensos a gerar experiências imersivas (PORSANI, 2024, p. 43). Nesse contexto, surgem também frameworks específicos para a avaliação da UX em VR. O UX-VR Framework (JERALD, 2015) propõe uma análise multidimensional da experiência, contemplando fatores como imersão, presença, conforto físico, engajamento emocional e interação natural.

Outros pesquisadores, como Slater e Wilbur (1997), contribuem com o conceito de fidelidade experiencial, que representa o grau de realismo percebido pelo usuário. A distinção entre presença e imersão é central para o modelo proposto nesta tese. A imersão, como propriedade técnica do sistema, refere-se à qualidade e abrangência dos signos que o ambiente oferece ao usuário: estímulos visuais, auditivos, gestuais e espaciais que alimentam seu ciclo perceptivo. A presença, por sua vez, é uma propriedade do intérprete: o estado subjetivo de sentir-se genuinamente situado no ambiente, que emerge quando os signos oferecidos pelo sistema são suficientemente coerentes com as estruturas perceptivas do usuário para que ele os integre como sinais funcionais do mundo ao redor.

Sob a perspectiva semiótica peirceana, imersão e presença correspondem aos dois polos do processo sógnico: o signo produzido pelo sistema e o efeito interpretativo gerado no usuário. Um sistema de recuperação da informação em VR é eficaz quando a qualidade da imersão técnica é suficiente para produzir presença significativa, condição que favorece a ativação do estado de flow (CSIKSZENTMIHALYI, 1990) e reduz a carga cognitiva extrínseca (SWELLER, 1988).

Diferenças entre UX tradicional e UX em VR são significativas. Enquanto na primeira os critérios giram em torno de tempo de resposta, clareza visual e hierarquia da informação, a UX em VR exige atenção à navegação espacial, tempo de exposição, propriocepção e sincronia sensorial. Elementos como a manipulação direta de objetos e o uso do corpo como interface ampliam a complexidade do design. Como observam Silva et al. (2023), a integração entre presença, imersão e engajamento constitui a espinha dorsal de uma experiência significativa em Realidade Virtual.

Schleussinger (2021) também destaca que interfaces de recuperação da informação em VR devem considerar posicionamento espacial, visibilidade clara de dados e mecanismos de navegação intuitiva. A ausência dessas estratégias compromete a experiência, gerando sobrecarga cognitiva. O relatório MIT Horizon (2024) conclui que o valor da VR está na capacidade de criar experiências significativas, mais do que na estética visual. Para isso, o design centrado no usuário deve orientar a construção de experiências que sejam emocionalmente envolventes, sensorialmente coerentes e cognitivamente sustentáveis.

Esta análise da experiência do usuário em ambientes de Realidade Virtual evidencia que a interação nesses contextos exige novas abordagens de design, mais sensíveis às dimensões sensoriais, corporais e espaciais da experiência. Conceitos tradicionais como usabilidade, feedback, fluidez e engajamento são ressignificados quando transportados para cenários tridimensionais, nos quais o corpo e a percepção do usuário tornam-se elementos ativos e indispensáveis da experiência. A presença, a imersão e a naturalidade da interação revelam-se fatores centrais para o sucesso de sistemas baseados em VR, não apenas do ponto de vista estético ou técnico, mas principalmente em relação à efetividade na recuperação e uso da informação. Como demonstrado ao longo deste capítulo, os ambientes imersivos reconfiguram o processo informacional porque introduzem dimensões sógnicas que os modelos clássicos não contemplam. A navegação espacial produz índices de relevância que o usuário interpreta por meio do seu ciclo perceptivo. A coerência sensorial determina a qualidade da presença, condição necessária para que o intérprete processe os signos do ambiente como sinais funcionais legítimos. A manipulação direta de objetos transforma gestos em atos sógnicos de seleção e avaliação. E a gestão da carga cognitiva define o quanto da capacidade interpretativa do usuário está disponível para a tarefa central da busca. Esses quatro elementos não são variáveis independentes

que se somam ao modelo clássico de RI, mas dimensões de um ciclo sógnico integrado que o modelo proposto nesta tese precisa contemplar.

Essas constatações estão diretamente alinhadas com os objetivos específicos desta pesquisa, em especial no que se refere ao mapeamento dos elementos da UX que afetam a busca, o acesso e a compreensão da informação em realidade virtual. Ao evidenciar como o design de interação e a percepção sensorial moldam o engajamento e a orientação do usuário em sistemas tridimensionais, esta seção contribui para a fundamentação teórica do modelo conceitual que será proposto posteriormente.

Os desafios identificados aqui reforçam a hipótese central da tese: os modelos tradicionais de recuperação da informação, baseados em interfaces planas e lógicas lineares, são insuficientes para dar conta da complexidade dos ambientes imersivos. Configura-se, assim, a necessidade de um novo enquadramento teórico para a CI em ambientes imersivos, cujas bases foram construídas ao longo desta tese. Esse enquadramento articula quatro tradições complementares: os fundamentos epistemológicos da CI, com seus conceitos consolidados de relevância, representação e comportamento informacional; a semiótica peirceana, que fornece o mecanismo explicativo pelo qual usuários produzem e interpretam signos em contexto; a biossemiótica de Uexküll, que explica como o ciclo perceptivo de cada usuário determina quais elementos do espaço imersivo se tornam sinais funcionais de relevância; e os princípios da UX aplicados a ambientes imersivos, que traduzem esses fundamentos em critérios de presença, carga cognitiva e estado de flow.

O que distingue esse enquadramento dos paradigmas existentes não é a incorporação de tecnologia nova, mas a expansão do conceito de signo informacional para além da linguagem verbal e da estrutura lógica, reconhecendo que em VR o espaço, o gesto e a percepção são também dimensões legítimas da mediação informacional. A próxima etapa dará continuidade a essa construção, ao explorar a relevância informacional e suas possíveis reformulações diante das especificidades da realidade virtual. Com isso, busca-se consolidar uma proposta teórica inovadora, capaz de orientar a análise e a avaliação de sistemas informacionais tridimensionais, contribuindo para o avanço epistemológico da Ciência da Informação em ecossistemas imersivos.

3.4 Interseções entre UX e Ciência da Informação

A Ciência da Informação, em sua essência, dedica-se à organização, representação, recuperação e uso da informação. Ao longo das décadas, autores como Capurro e Hjørland (2003) vêm destacando a importância dos contextos cognitivos, sociais e culturais na forma como a informação é percebida e utilizada. Essa perspectiva converge com a semiótica peirceana: a informação não é uma entidade objetiva que existe independentemente do sujeito que a processa, mas o resultado de uma relação triádica entre o signo, o objeto ao qual ele se refere e o intérprete que lhe atribui sentido em determinado contexto. O que é considerado informativo para um usuário depende de seu estado de conhecimento, de suas necessidades e de seu repertório interpretativo, não apenas das propriedades formais do documento ou do sistema.

Essa condição, que Capurro e Hjørland (2003) reconhecem ao enfatizar os contextos cognitivos, sociais e culturais da informação, encontra na semiótica peirceana seu fundamento filosófico mais preciso: a relevância não é uma propriedade do documento, mas um julgamento do intérprete sobre a relação entre o signo e seu objeto no contexto da busca. Na Ciência da Informação, essa dimensão interpretativa e contextual da informação diz respeito precisamente ao modo como o usuário, na condição de intérprete, atribui relevância, formula necessidades e age sobre os sistemas de busca. Em ambientes imersivos de VR, essa dimensão se torna ainda mais central: o usuário não opera sobre a informação a partir de um ponto neutro e universal, mas a partir de um contexto perceptivo, corporal e situacional que determina o que é significativo para ele.

A tradição peirceana oferece um aporte epistemológico preciso para esta tese. Para Charles Sanders Peirce (1931, CP 5), o real é aquilo que é como é independentemente do que qualquer mente pense sobre ele, uma afirmação que tem consequências diretas para a Ciência da Informação em ambientes imersivos. Um documento indexado em um repositório existe como signo mesmo que nenhum usuário o perceba neste momento. A relevância de uma informação não nasce no instante em que é sentida, ela é uma relação entre o signo, seu objeto e o intérprete que o processa em determinado contexto.

Essa distinção é fundamental: ela separa a tese de uma visão puramente sensorialista da VR, segundo a qual a informação só existe quando percebida, e a

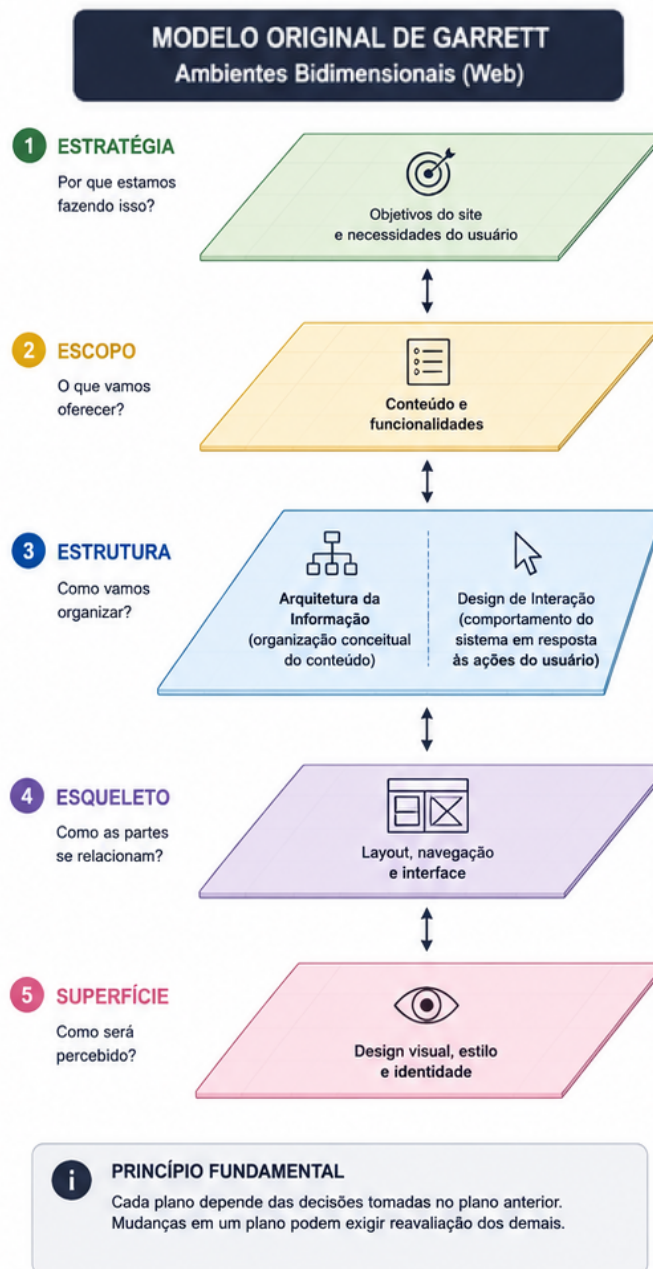
reposiciona em uma perspectiva semiótica, segundo a qual o espaço informacional imersivo é constituído por signos que possuem existência e estrutura independentemente da experiência imediata do usuário. O *Umwelt* de Uexküll determina quais desses signos chegam ao ciclo funcional de cada usuário, e é o intérprete peirceano que determina como esses signos são processados e interpretados em contexto, garantindo que o repositório como um todo (com todos os seus documentos, indexações e relações) existe como objeto real, disponível para ser atualizado em experiência informacional por qualquer sujeito que disponha das capacidades perceptivas para acessá-lo. Essa articulação entre Peirce e Uexküll constitui o núcleo epistemológico que orienta o modelo proposto nesta tese.

A coisa mais importante na CI “[...] é considerar a informação como uma força constitutiva na sociedade e, portanto, reconhecer a natureza teleológica dos sistemas e serviços de informação.” (CAPURRO; HJØRLAND, 2003, p. 345).

Com o advento dos ambientes digitais imersivos, essa percepção precisa ser revisitada sob novas bases: a informação deixa de estar apenas em suportes lineares e passa a habitar ecossistemas virtuais tridimensionais, onde percepção, ação e corporeidade se entrelaçam. Nesse cenário, a integração com os princípios da Experiência do Usuário (UX) torna-se indispensável. A informação, para ser acessível e significativa, deve estar alinhada aos princípios da usabilidade, da arquitetura da informação e da acessibilidade, campos que dialogam diretamente com a UX. Maia, Barbosa e Williams (2019) reforçam que a UX e a usabilidade são fundamentais para a melhoria da organização, recuperação e uso da informação, especialmente em sistemas digitais. Esses autores destacam que a atenção aos aspectos da experiência impacta diretamente na eficiência dos sistemas informacionais, sobretudo em ambientes com grande volume e complexidade de dados.

Morville e Rosenfeld (2006) já indicavam a importância da arquitetura da informação orientada ao usuário, mas em ambientes imersivos, essa arquitetura se torna espacial e experiencial, exigindo novas abordagens metodológicas e epistemológicas. Jesse James Garrett (2003), em *The Elements of User Experience*, oferece um modelo particularmente útil para articular essa relação entre arquitetura da informação e design: ele organiza o desenvolvimento de uma experiência digital em cinco planos sobrepostos e interdependentes: estratégia, escopo, estrutura, esqueleto e superfície, cada um dependente das decisões tomadas no plano anterior.

Figura 11 - Modelo de Garrett



Fonte: ELABORADA PELO AUTOR, COM BASE EM GARRETT, 2003

Na Figura 11, observam-se os cinco planos do modelo de Garrett aplicados a ambientes bidimensionais, com destaque para o plano da estrutura, no qual o autor distingue arquitetura da informação, a organização conceitual do conteúdo, de design de interação, o comportamento do sistema em resposta às ações do usuário. São dois aspectos que, em ambientes bidimensionais, podem ser tratados de forma relativamente independente, mas que, em ambientes imersivos, se fundem: a própria disposição espacial dos documentos no ambiente virtual é, simultaneamente, arquitetura da informação, pois organiza o conteúdo, e design de interação, pois

define como o usuário se move e age em relação a esse conteúdo. Essa fusão, ausente do modelo original de Garrett, pensado para interfaces bidimensionais da Web, é precisamente a lacuna que o modelo proposto por esta tese busca preencher ao propor uma camada de representação espacial que unifica organização conceitual e comportamento interativo num único plano tridimensional.

Interfaces informacionais, como bibliotecas digitais, repositórios acadêmicos e sistemas de busca, tradicionalmente priorizam a clareza na categorização, a eficiência na recuperação e a lógica documental. Contudo, à medida que tais interfaces se expandem para ambientes digitais imersivos, a espacialização da informação, os comandos gestuais, vocais ou táteis, e os estímulos audiovisuais tornam-se parte integrante do design da informação. Nesse contexto, a experiência do usuário (UX) passa a fornecer a lente metodológica para compreender como essas interações sensoriais afetam o comportamento informacional.

Wilson (1999) demonstrou que o comportamento informacional é motivado por necessidades que emergem de contextos pessoais, sociais e ambientais, e é influenciado por barreiras cognitivas, afetivas e sociais que moldam as formas de interação com as fontes de informação. Esse modelo, consolidado para ambientes bidimensionais, apresenta uma lacuna significativa quando transposto para ecossistemas imersivos: ele não contempla as dimensões espaciais, gestuais e perceptivas que a VR introduz no processo de busca. Em VR, o contexto não é apenas social e cognitivo, mas também espacial e corporal. As barreiras não são apenas cognitivas e afetivas, mas também perceptivas: a coerência do ambiente, a qualidade da presença e a adequação dos signos espaciais ao ciclo funcional do usuário determinam se ele consegue ou não formular e expressar sua necessidade informacional.

É precisamente essa lacuna que o modelo proposto nesta tese se propõe a preencher. Assim, a busca pela informação em ambientes virtuais não depende apenas de sistemas eficientes, mas também de fatores como presença, intencionalidade, atenção distribuída e engajamento emocional, todos mediados pela corporeidade. Segundo o autor, “a busca de informação pode ser vista como um comportamento que ocorre quando o indivíduo percebe uma necessidade, o que o leva a interagir com fontes formais ou informais de informação com o objetivo de satisfazer essa necessidade” (WILSON, 1999, p. 251).

A esse respeito, os fundamentos filosóficos da percepção ajudam a contextualizar esse deslocamento paradigmático. Em Platão, a informação é percebida como uma sombra do mundo das ideias. No espaço virtual, as representações informacionais ganham volume, movimento e espacialidade, uma forma expandida de *eidolon* (imagem espiritual, um duplo ilusório ou fantasmagórico), vivida pela experiência imersiva. Em Descartes, a separação entre mente e corpo guia muitos modelos informacionais baseados em processos racionais e cognitivos, mas na realidade virtual, essa separação é dissolvida. O corpo torna-se agente da informação, reposicionando o usuário de espectador passivo a interagente ativo. Mas é com Uexküll que encontramos a maior ressonância com os desafios informacionais contemporâneos. Ao demonstrar que cada organismo percebe apenas os sinais do ambiente para os quais está funcionalmente preparado, seu *Umwelt*, o biólogo e filósofo oferece uma chave biossemiótica essencial para interpretar os ambientes de realidade virtual: o espaço imersivo é, para o usuário, exatamente aquilo que seu ciclo funcional consegue perceber e com o qual pode interagir.

A recuperação da informação, nesse contexto, torna-se um ato corporal, sensorial e situado, uma experiência que envolve presença, movimento e orientação espacial. Essa abordagem também ressoa com o modelo proposto por Bates (2002), ao defender a chamada *Berrypicking* como alternativa aos modelos lineares de busca informacional. Para Bates (2002), o processo de busca raramente segue uma trajetória direta e estruturada; ao contrário, ele se configura como um percurso fragmentado, dinâmico e adaptativo, no qual o indivíduo recolhe informações ao longo do caminho, ajustando continuamente suas ações com base em novos estímulos e descobertas. O modelo de Berrypicking oferece uma aproximação valiosa, mas apresenta limitações quando transposto diretamente para ambientes imersivos. Concebido para interfaces bidimensionais, ele pressupõe que o usuário navega por listas, links e documentos textuais, recolhendo fragmentos de informação ao longo de uma trajetória discursiva. Em VR, essa navegação assume uma dimensão espacial e corporal que o modelo original não contempla: o usuário não apenas seleciona itens - ele se desloca, orienta o olhar, gesticula e habita o espaço informacional. A trajetória de busca em VR é, portanto, simultaneamente cognitiva e motora, o que exige uma reinterpretação do Berrypicking que incorpore a dimensão perceptiva e espacial da exploração imersiva.

Figura 12 – Comportamento exploratório em ambientes virtuais



Fonte: PEXELS.COM, 2025

Na Figura 12, vemos um usuário imerso em ambiente virtual, explorando o espaço por meio de gestos corporais. A cena ilustra como o processo de busca informacional em ambientes imersivos é simultaneamente cognitivo e semiótico: o usuário não apenas pensa sua necessidade informacional, mas a expressa por meio de gestos, deslocamentos e orientações do olhar que funcionam como signos de intenção. Esses atos sígnicos corporais são a linguagem pela qual o intérprete comunica ao sistema o que busca, e é responsabilidade do sistema reconhecê-los, processá-los e devolver signos de resultado adequados ao ciclo perceptivo do usuário. A convergência entre CI e UX, nesse contexto, é a convergência entre a epistemologia da representação informacional e a semiótica da interação situada. Essa representação visual reforça a ideia de que, em ambientes imersivos, a percepção e a ação física do usuário tornam-se parte integrante do processo informacional, alinhando-se às abordagens fenomenológicas e aos modelos contemporâneos de comportamento informacional.

Essa lógica é especialmente pertinente em ambientes de realidade virtual, onde a imersão sensorial e a liberdade de movimento potencializam o comportamento exploratório. Nesses contextos, a navegação dificilmente se dá de maneira sequencial ou previsível: o usuário experimenta, explora e reage de forma contingente, incorporando elementos visuais, táteis e espaciais em tempo real. Isso exige que os sistemas informacionais sejam desenhados para lidar com essa imprevisibilidade, oferecendo experiências responsivas e envolventes, capazes de se moldar à fluidez

da interação. Borba (2017) reforça a necessidade de promover boas experiências nos sistemas digitais como forma de garantir o engajamento. Isso se intensifica nos ambientes imersivos, onde a usabilidade se estende à coerência do espaço, à resposta sensorial, à liberdade de navegação e à capacidade do sistema em se adaptar aos estados emocionais e cognitivos do interagente.

Projetar ambientes de realidade virtual com foco na informação exige, portanto, mais do que adaptar conteúdos ao formato tridimensional. Requer um modelo que una os fundamentos da Ciência da Informação, como a relevância, a mediação, a representação e o comportamento informacional, às metodologias da UX e às bases fenomenológicas da percepção. Essa convergência fortalece os fundamentos epistemológicos da Ciência da Informação ao demonstrar que os conceitos centrais do campo, relevância, representação, comportamento informacional e mediação, não são exclusivos de ambientes bidimensionais, mas podem ser reinterpretados e expandidos para contemplar as dimensões espaciais, gestuais e semióticas dos ecossistemas imersivos. O resultado não é apenas um sistema mais eficaz tecnicamente, mas um modelo de recuperação da informação epistemologicamente mais abrangente, capaz de reconhecer que o usuário é sempre um intérprete situado cujo ciclo perceptivo e semiótico participa ativamente da construção da relevância.

A análise da interseção entre a Experiência do Usuário (UX) e a Ciência da Informação revela a necessidade urgente de reconceituar as bases teóricas e metodológicas que sustentam os modelos tradicionais de organização, acesso e recuperação da informação. Em ambientes imersivos, o comportamento informacional se expressa de maneira ampliada e complexa, incorporando a percepção corporal, o engajamento sensorial e a espacialidade como fatores determinantes no processo informacional. A presença ativa do corpo no espaço digital transforma a experiência do usuário em um fenômeno perceptivo situado, que transcende os paradigmas cognitivistas e sistêmicos historicamente adotados na área. Como discutido, diversos autores da CI fornecem bases consistentes para compreender a dinâmica entre percepção, relevância, mediação e apropriação da informação em ambientes não-lineares e sensíveis à ação.

Essa perspectiva reforça a hipótese central desta tese: a de que os modelos tradicionais de recuperação da informação são insuficientes para explicar a experiência informacional em ambientes imersivos porque foram construídos sobre

uma concepção de signo restrita à linguagem verbal e à estrutura lógica. É necessário um novo modelo conceitual que integre, além das dimensões cognitivas e espaciais, a semiótica peirceana como fundamento epistemológico e a biossemiótica de Uexküll como chave para compreender como cada usuário, a partir de seu ciclo perceptivo próprio, constrói relevância em espaços imersivos. Ao mesmo tempo, essa discussão oferece subsídios para o alcance dos objetivos específicos da pesquisa: compreender os elementos da UX que impactam a busca e o uso da informação em realidade virtual; analisar os efeitos da imersão na relevância informacional; e estruturar um modelo que articule, de forma integrada, os aspectos cognitivos, sensoriais e espaciais da experiência de busca e uso da informação.

3.5 Requisitos para Modelos de Busca e Recuperação em Ambientes Imersivos

A transposição de modelos tradicionais de busca para a Realidade Virtual (VR) desafia paradigmas consolidados da interação homem-máquina. Ferramentas baseadas em palavras-chave e organização linear da informação, eficazes em ambientes bidimensionais, tornam-se limitadas quando aplicadas a contextos tridimensionais, onde os usuários interagem fisicamente com os conteúdos. Como apontam Tori e Kirner (2006), a realidade virtual exige a integração de aspectos perceptivos, espaciais e sensoriais, que extrapolam a mera textualidade dos sistemas convencionais. Em ambientes imersivos, o corpo do usuário torna-se parte ativa do sistema de busca, e a compreensão da informação depende da relação entre percepção, movimento e espaço simbólico. Isso exige que os sistemas sejam reestruturados a partir de princípios que considerem a corporeidade, a presença e a orientação espacial como elementos centrais do comportamento informacional (RIBEIRO; MONTEIRO, 2015).

3.5.1 Visibilidade Contextual

É fundamental que o usuário consiga, com facilidade, compreender onde está, quais são as possibilidades de interação disponíveis e como alcançar os conteúdos desejados. Tori e Kirner (2006) relatam que a clareza espacial e funcional do ambiente impacta diretamente na sensação de controle e imersão, elementos essenciais para a experiência do usuário em VR.

3.5.2 Metáforas Espaciais

O uso de metáforas visuais, auditivas e táteis, como cores, agrupamentos e sons, permite representar relações semânticas de forma intuitiva. Tal abordagem aproxima-se da forma como os humanos naturalmente percebem e organizam o mundo, favorecendo a construção de sentido mesmo na ausência de texto explícito (NASCIMENTO; BONFIM; CRUZ, 2022).

3.5.3 Multimodalidade de Entrada

A possibilidade de utilizar comandos por gestos, voz ou olhar, em substituição à digitação, contribui para uma interação mais fluida e natural. Essa estratégia respeita a lógica do corpo em movimento e amplia a acessibilidade, conforme defendem Caselli e Ferreira (2017), ao abordarem a importância da diversidade de interfaces em tecnologias imersivas.

3.5.4 Organização Tridimensional da Informação

A estruturação da informação em camadas espaciais, distribuídas nos eixos x, y e z, transforma o espaço do ambiente imersivo em um sistema de signos: a posição de um documento, sua proximidade em relação a outros e sua altura no campo visual funcionam como índices de relevância, hierarquia conceitual e relação semântica. O usuário não navega linearmente porque o espaço tridimensional não impõe uma sequência única de percurso, mas oferece simultaneamente múltiplos sinais que o intérprete processa segundo seu ciclo funcional e sua necessidade informacional do momento. Essa organização dialoga com os princípios de percepção espacial aplicados ao design de ambientes virtuais (TORI; KIRNER, 2006), mas vai além deles ao reconhecer que a distribuição espacial dos documentos não é apenas ergonômica, é semiótica: ela participa ativamente da construção da relevância expandida que o modelo proposto nesta tese sustenta.

3.5.5 Feedback Multissensorial

A resposta do sistema deve ocorrer por meio de estímulos táteis, visuais e auditivos, de modo a reforçar as ações corretas e indicar possíveis erros. Conforme apontado por Ribeiro e Monteiro (2015), o reforço sensorial é fundamental para a

sensação de presença, uma vez que proporciona ao usuário a percepção de que suas ações têm consequência no ambiente.

Todos esses requisitos apresentados sustentam e ampliam as hipóteses centrais desta pesquisa, que pressupõem a influência determinante da corporeidade, da presença e da orientação espacial sobre o comportamento informacional em ambientes virtuais imersivos. Em vez de apenas adaptar os modelos tradicionais de busca à tridimensionalidade, propõe-se aqui uma reconceitualização da própria dinâmica de recuperação da informação, centrada na experiência sensório-cognitiva do sujeito imerso. Nesse sentido, evidencia-se a necessidade de uma abordagem interdisciplinar que articule os fundamentos epistemológicos da Ciência da Informação com a semiótica peirceana, a biossemiótica de Uexküll e os princípios da Experiência do Usuário aplicados a ambientes imersivos.

Cada uma dessas tradições preserva sua especificidade, mas converge para responder a uma questão que nenhuma delas resolve isoladamente: como organizar, representar e recuperar informação em espaços onde o signo não é apenas verbal e lógico, mas espacial, gestual e perceptivo. Somente ao incorporar as dimensões corporais, perceptivas e espaciais no núcleo dos modelos informacionais será possível compreender e projetar sistemas eficazes em realidade virtual. Assim, os requisitos aqui descritos não apenas sustentam os objetivos deste estudo, de propor um modelo conceitual de busca em ambientes imersivos, como também contribuem para redefinir os parâmetros de usabilidade, interação e sentido atribuídos à informação em contextos mediados por tecnologias emergentes.

3.6 Considerações

A análise realizada neste capítulo evidencia que a aplicação dos princípios da Experiência do Usuário (UX) à Realidade Virtual não pode ser encarada como uma simples transposição de conceitos oriundos de interfaces bidimensionais. Pelo contrário, trata-se de uma reformulação dentro do paradigma pós-custodial/da complexidade da Ciência da Informação, que exige a incorporação de variáveis sensoriais, espaciais e corporais como elementos estruturantes da interação. Ao percorrer os fundamentos da UX, sua relação com a cognição, a percepção e os modelos mentais, demonstrou-se que ambientes imersivos demandam abordagens centradas não apenas na eficiência funcional, mas na vivência situada do usuário,

integrando presença, engajamento emocional, feedback multissensorial e orientação espacial como pilares essenciais da experiência. Nesse sentido, a Realidade Virtual revela-se um campo de inflexão teórico-metodológica, no qual a usabilidade tradicional já não responde de forma suficiente às necessidades informacionais emergentes.

Os argumentos desenvolvidos ao longo deste capítulo sustentam a hipótese central desta pesquisa: os modelos tradicionais de recuperação da informação apresentam limitações conceituais específicas diante dos ambientes imersivos. Primeiro, foram construídos sobre uma concepção de signo restrita à linguagem verbal e à correspondência semântica, sem contemplar índices espaciais, gestuais e perceptivos. Segundo, pressupõem um usuário como agente racional que formula consultas em linguagem formal, ignorando a dimensão do intérprete situado cujo ciclo perceptivo determina o que se torna sinal funcional de relevância. Terceiro, operam com uma noção de relevância sistêmica e cognitiva que não incorpora a compatibilidade perceptiva, motora e experiencial que os ambientes imersivos exigem. Essas três limitações não são falhas técnicas dos sistemas existentes, mas lacunas epistemológicas que o modelo proposto nesta tese se propõe a endereçar.

A interseção entre UX e Ciência da Informação, abordada em profundidade, reforça a necessidade de se pensar a interface não apenas como meio de acesso, mas como espaço experiencial onde o sujeito age, percebe e interpreta. Essa concepção coloca o corpo como mediador ativo da informação, exigindo sistemas informacionais responsivos à corporeidade e à cognição situada. Os requisitos delineados, como visibilidade contextual, metáforas espaciais, multimodalidade de entrada, organização tridimensional da informação e feedback multissensorial, não são apenas recomendações de design. Eles funcionam como condições estruturais para a eficácia informacional em ambientes imersivos, funcionando como indicadores conceituais que subsidiarão o modelo proposto nesta tese.

Portanto, este capítulo não apenas fundamenta teoricamente os caminhos da investigação, mas também contribui para o teste das hipóteses da pesquisa, ao demonstrar que a eficácia da recuperação da informação em VR depende diretamente de como a experiência é estruturada e vivida pelo sujeito. Assim, abre-se espaço para a construção de um novo modelo conceitual, alinhado aos princípios da UX, aos fundamentos da Ciência da Informação e à semiótica da percepção, articulando a

biossemiótica de Uexküll com a tradição peirceana. O próximo capítulo dará continuidade a essa construção ao examinar os modelos clássicos de recuperação de informação. Esse percurso fornecerá embasamento sólido para a compreensão de um dos eixos centrais desta tese e permitirá avançar para a elaboração de um modelo conceitual capaz de preparar a recuperação da informação clássica nos ambientes tridimensionais imersivos.

4 RECUPERAÇÃO DA INFORMAÇÃO

A busca por mecanismos eficazes de armazenamento e recuperação do conhecimento acompanha a trajetória da humanidade desde a constituição das primeiras bibliotecas. Sanderson e Croft (2012) situam a evolução da pesquisa em Recuperação da Informação em sucessivas transformações tecnológicas, cada uma redefinindo os desafios centrais do campo. Com o advento das tecnologias digitais e, particularmente, com a popularização e expansão da Internet, a área assumiu uma importante função na mediação entre usuários e o vasto volume de dados disponíveis em ambientes digitais. A complexidade informacional contemporânea exige que os sistemas de RI extrapolem as tradicionais abordagens baseadas em palavras-chave. Busca-se, a partir desse ponto, um deslocamento em direção ao objeto de estudo desta tese: o surgimento da Realidade Virtual (VR) como ambiente informacional imersivo.

Castells (2012) aponta que vivemos em um "espaço de fluxos", no qual tempo e espaço se tornam fluidos e a informação circula através de redes tecnológicas, definindo a nova lógica espacial. Essa lógica é ampliada em ecossistemas VR, onde a recuperação da informação passa a ocorrer em contextos tridimensionais, dinâmicos e sensoriais, exigindo novas interpretações. Neste novo cenário, os desafios da área tornam-se mais sofisticados: a diversidade dos tipos de dados, textos, imagens, sons, vídeos, impõe o desenvolvimento de modelos e técnicas capazes de interpretar e integrar diferentes formas de representação da informação. A Recuperação da Informação, como subcampo da Ciência da Informação, incorpora contribuições interdisciplinares da Linguística, no tratamento da linguagem natural e da ambiguidade semântica, e da Inteligência Artificial, no desenvolvimento de algoritmos de indexação, ranqueamento e aprendizado de máquina. Essas contribuições ampliam a capacidade operacional dos sistemas de RI, mas não alteram seu fundamento epistemológico central, que permanece na CI: compreender como sujeitos buscam, interpretam e usam informação em contexto. Em ambientes imersivos, esse fundamento se expande para incorporar a semiótica peirceana e a biossemiótica de Uexküll como

lentes para compreender as dimensões espaciais, gestuais e perceptivas do processo informacional.

Nos ambientes imersivos, essa diversidade ganha outra dimensão: objetos tridimensionais, interações gestuais e simulações táteis também passam a ser tratados como "documentos" ou unidades informacionais. Tal expansão está em consonância com a perspectiva biossemiótica de Uexküll, segundo a qual o organismo percebe e age sobre aquilo que faz parte de seu *Umwelt*. Em VR, a informação não apenas é representada: ela é integrada ao ciclo funcional do usuário, tornando-se parte de seu mundo perceptivo próprio. Os sistemas de RI enfrentam, nesse contexto, dois desafios conceituais distintos que frequentemente se sobrepõem. O primeiro é a subjetividade da linguagem: a polissemia, a ambiguidade e a variação contextual dos termos tornam imprecisa a correspondência entre a expressão de busca do usuário e os descritores que representam os documentos. O segundo é a subjetividade da relevância: o julgamento sobre a pertinência de um documento não depende apenas da correspondência semântica entre termos, mas da relação entre o signo documental, o objeto informacional ao qual ele se refere e o intérprete situado, com suas necessidades, repertório e contexto específicos.

Como demonstrou Saracevic (1996), a relevância se manifesta em dimensões cognitivas, situacionais, afetivas e sistêmicas que nenhum algoritmo de correspondência formal consegue capturar integralmente. Cada indivíduo expressa sua necessidade de informação de maneira singular, o que implica reconhecer que a pertinência de um documento não se resume à ocorrência de termos, mas à sua capacidade de responder adequadamente à intenção informacional do usuário em um dado contexto. Dessa forma, torna-se indispensável o uso de modelos matemáticos, estatísticos e linguísticos capazes de realizar inferências mais profundas sobre os conteúdos e as demandas envolvidas. No entanto, em ambientes imersivos, a noção de relevância se amplia para além da semântica textual: ela passa a incluir a pertinência perceptiva e experiencial. Como discutido, a UX em VR depende de fatores como presença e imersão (SLATER; WILBUR, 1997). Assim, um item pode ser considerado relevante não apenas pelo conteúdo, mas pela forma como se integra à experiência vivida do usuário.

O processo de recuperação da informação compreende diversas etapas interdependentes. Inicialmente, realiza-se a indexação, momento em que os

documentos são analisados e convertidos em representações internas, comumente vetores de termos, que viabilizam a posterior comparação com as consultas dos usuários. Estas, por sua vez, também são transformadas em representações compatíveis, possibilitando a aplicação de algoritmos de ranqueamento que determinam a ordem dos resultados com base em sua correspondência com a intenção e necessidade do usuário identificada por meio de sua expressão de busca. A interface com o usuário e os mecanismos de interação desempenham papel fundamental no refinamento iterativo das buscas e na efetiva satisfação da necessidade de informação do usuário.

Esse refinamento, quando transposto para VR, assume uma natureza semiótica multimodal. Reformular uma consulta pode significar não apenas digitar novos termos, mas deslocar-se no ambiente, manipular objetos ou emitir comandos vocais. Cada uma dessas ações é um ato sógnico: o deslocamento é um índice de interesse espacial, a manipulação de objeto é um signo de seleção, o comando vocal é um símbolo de intenção. O sistema precisa reconhecer e processar esses diferentes tipos de signo como expressões legítimas da necessidade informacional do usuário. Sob a perspectiva de Uexküll, cada usuário refina sua busca a partir dos sinais que seu ciclo funcional está preparado para produzir e interpretar, o que significa que o sistema precisa ser capaz de reconhecer diferentes *Umwelten* e responder a eles com signos adequados. A Teoria da Carga Cognitiva de Sweller (1988) complementa esse argumento ao demonstrar que a eficácia do refinamento depende também de quanto da capacidade interpretativa do usuário está disponível para a tarefa de busca, e não consumida pela gestão dos estímulos do ambiente.

Cabe ressaltar que tal processo raramente ocorre de forma linear. Com frequência, o usuário reformula sua consulta ao interagir com os resultados apresentados, enquanto o sistema pode, por meio de mecanismos de aprendizado, ajustar seu comportamento com base nas preferências e padrões de uso observados. Assim, a recuperação da informação assume um caráter dinâmico e adaptativo, constituindo-se em um ciclo contínuo de mediação e construção de sentido. Esse caráter dinâmico se aproxima do modelo *berrypicking* de Bates (2002), que vê a busca como um processo exploratório, fragmentado e adaptativo. Em ambientes imersivos, esse modelo encontra um paralelo direto, já que o usuário navega no espaço

informacional coletando elementos dispersos, reinterpretando necessidades e reconstruindo trajetórias de busca em tempo real.

Diante da crescente complexidade do ambiente digital, autores como Manning, Raghavan e Schütze (2008) e Baeza-Yates e Ribeiro-Neto (2011) propõem taxonomias para a classificação dos sistemas de RI. Essas taxonomias consideram aspectos como o tipo de dado tratado, a forma de consulta permitida, linguagem natural, expressões formais ou palavras-chave e o grau de interação com o usuário. Consideram ainda o ambiente de operação, internet ou coleções restritas, bem como os modelos utilizados para representação e ranqueamento: booleanos, vetoriais, probabilísticos, entre outros. Tais estruturas classificatórias contribuem para a compreensão da diversidade e da evolução dos sistemas e métodos de RI. No contexto desta tese, essas taxonomias precisam ser revisitadas para considerar novas formas de interação: consultas por gestos, navegação espacial, manipulação tátil e realidade mista. Esses elementos reposicionam os limites entre interface, documento e usuário, exigindo novas categorias analíticas.

Tais avanços trazem consigo importantes desafios éticos, especialmente no que diz respeito à privacidade dos usuários, à transparência dos algoritmos e ao risco de reforço de vieses e formação de bolhas informacionais, conceito que Pariser descreve como "um universo de informação exclusivo para cada um de nós" (PARISER, 2011, p. 9, tradução nossa), moldado por escolhas algorítmicas que o próprio usuário não percebe. A coleta de dados envolve não apenas cliques e consultas textuais, mas também movimentos corporais, trajetórias espaciais e até respostas fisiológicas, o que levanta novas questões éticas para a Ciência da Informação, ligadas à privacidade perceptiva e à manipulação comportamental.

A Recuperação da Informação transcende a esfera puramente técnica. Trata-se de um processo que articula tecnologias computacionais, modelos de representação do conhecimento e a compreensão das práticas sociais e cognitivas envolvidas na busca por informação. Um sistema de RI eficaz deve, portanto, atuar como mediador ativo na construção do conhecimento, apoiando o usuário em sua trajetória de exploração e descoberta. Quando aplicada a experiências dentro de ambientes imersivos, essa mediação assume um caráter fenomenológico: a recuperação da informação se torna também um processo de percepção e presença, no qual o corpo do usuário é o mediador entre a intenção informacional e o

ecossistema digital. Essa perspectiva abre caminho para o modelo conceitual que será discutido no próximo capítulo.

4.1 O processo de recuperação de informação

Salton e McGill (1983) definem os sistemas de recuperação de informação como aqueles que operam sobre representações de documentos para identificar quais itens de um acervo respondem a uma necessidade informacional expressa em uma consulta. Essa definição, centrada na correspondência entre representação documental e expressão de busca, tornou-se o modelo de referência para o desenvolvimento dos sistemas clássicos de RI. Souza (2006) argumenta que um sistema de recuperação de informação apenas informa sobre a existência de documentos relacionados à sua requisição, ficando a cargo do usuário avaliar e selecionar os documentos realmente relevantes. A RI é tema de pesquisas consolidadas que buscam aprimorar a eficácia desse processo, entre elas os trabalhos de Belkin e Croft (1992) sobre filtragem e recuperação, de Baeza-Yates e Ribeiro-Neto (2011) sobre modelos e algoritmos, e de Saracevic (2007) sobre relevância e interação usuário-sistema. Na visão de Ferneda:

A recuperação de informação envolve, por um lado, um acervo documental composto de itens informacionais. Por outro lado, temos pessoas, seres humanos com as mais variadas necessidades de informação que buscam por documentos relevantes para satisfazer tais necessidades. Recuperar informação implica, portanto, em operar seletivamente um estoque de informação, o que envolve processos cognitivos difíceis de serem formalizados. A utilização de recursos computacionais nessa tarefa parte de inevitáveis simplificações teóricas e de adequações de conceitos subjetivos tais como “relevância” e “necessidade de informação”, além do próprio conceito de informação. (FERNEDA, 2013, p.12)

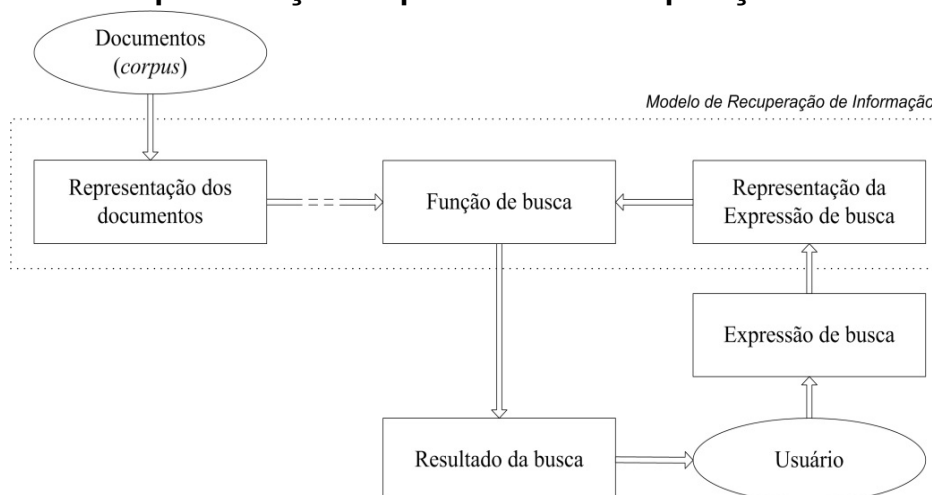
A relação entre esses dois polos não é direta nem mecânica, pois recuperar informação não significa apenas localizar documentos, mas selecionar aqueles que são relevantes para uma dada necessidade de informação. Essa seleção exige interpretações, inferências e julgamentos, atividades cognitivas complexas e subjetivas, de difícil formalização. Assim, é necessário recorrer a modelagens simplificadas, tanto do conceito de informação quanto dos critérios de relevância.

Tais simplificações são epistemologicamente necessárias e operacionalmente legítimas: todo sistema de RI opera sobre representações de documentos, e toda

representação é, por definição, parcial. Como demonstra a semiótica peirceana, nenhum signo esgota seu objeto. O problema não é a simplificação em si, mas o não reconhecimento do que ela deixa de fora. Nos modelos clássicos, o que fica fora são as dimensões que os critérios formais de correspondência semântica não capturam: o contexto situacional do usuário, suas estruturas perceptivas, sua corporeidade e, em ambientes imersivos, as dimensões espaciais e gestuais da expressão de necessidade informacional. É precisamente esse resíduo não representado pelos modelos clássicos que o modelo proposto nesta tese se propõe a incorporar como dimensão legítima da relevância expandida.

A Figura 13 apresenta uma representação **simplificada** do processo de recuperação de informação.

Figura 13 – Representação do processo de recuperação de informação



Fonte: FERNEDA, 2013, p.48, adaptado de FERNEDA, 2012, p. 14.

Observa-se que para recuperar informação é necessário que exista um nível de coincidência entre a representação dos documentos e a representação da expressão de busca do usuário. A partir desta relação, identifica-se no acervo documental quais atendem às necessidades de informação do usuário. Nas próximas seções serão apresentados de forma detalhada cada um dos elementos.

A análise desenvolvida nos capítulos anteriores desta tese contribui para a sustentação de um desdobramento importante: em ambientes imersivos de Realidade Virtual (VR), a "operação seletiva" descrita por Ferneda (2013, p. 12) passa a ser também uma operação semiótica situada: o usuário seleciona documentos não apenas por correspondência semântica entre termos, mas porque determinados

signos do espaço imersivo (posição, proximidade, saliência visual, resposta gestual) ativam seu ciclo funcional como índices de relevância.

A percepção e a corporeidade são os canais pelos quais esses signos chegam ao intérprete, mas é o processo semiótico de atribuição de sentido que transforma estímulos perceptivos em julgamentos de pertinência informacional. Com base na perspectiva biossemiótica de Uexküll, a seleção de itens relevantes é atravessada pela estrutura perceptiva do usuário, seu *Umwelt*, que determina quais elementos do espaço imersivo se tornam sinais funcionais de relevância: presença, propriocepção e orientação espacial e, do ponto de vista de UX, carga cognitiva (SWELLER, 1988) e condições para o estado de *flow* (CSIKSZENTMIHALYI, 1990). Assim, a eficiência não é apenas algorítmica: depende de como o sistema organiza estímulos no espaço e no corpo do usuário.

Deste modo, propomos a noção de "relevância expandida": além da pertinência semântica, contam a compatibilidade perceptiva (clareza, legibilidade espacial, saliência), a compatibilidade motora (gestos e alcance) e a continuidade experiencial (coerência do ambiente com o objetivo de busca). Essa ampliação prepara, neste capítulo, a passagem dos modelos clássicos para um enquadramento que acolhe variáveis sensório-motoras sem perder o rigor da Ciência da Informação.

Por ora, a análise será concentrada na forma como a recuperação da informação se estrutura em ambientes tradicionais, notadamente os sistemas bidimensionais como a web. As próximas seções apresentarão, de acordo com Ferneda (2013), os elementos fundamentais desse processo: documentos, representação, usuário, expressão e função de busca, bem como os resultados e interfaces. No capítulo seguinte, esses mesmos elementos serão retomados com maior detalhamento, a partir de uma perspectiva imersiva, de modo a explorar as adaptações necessárias para os ambientes de realidade virtual.

4.2 Documentos (corpus)

A era digital promoveu uma transformação profunda na forma como o conhecimento é produzido, armazenado e acessado. Essa transformação não se limita ao volume crescente de informações disponíveis, mas se estende à diversidade de formatos documentais que emergiram com as tecnologias digitais, como hipertextos, mídias audiovisuais, documentos dinâmicos, objetos digitais compostos,

entre outros. Tal diversidade tem implicações diretas na representação, organização e recuperação eficaz da informação, exigindo novas abordagens teóricas e técnicas no campo da Ciência da Informação.

Tradicionalmente, os sistemas de Recuperação da Informação (RI) foram concebidos com base em documentos predominantemente textuais e estruturados, como artigos científicos, livros e relatórios. No entanto, a digitalização e a Web 2.0, conceito que O'Reilly (2005) descreve como a transição de páginas estáticas para plataformas participativas e colaborativas de conteúdo, ampliaram o escopo dos documentos para incluir blogs, vídeos, podcasts, infográficos, páginas dinâmicas e publicações em redes sociais. Essa multiplicidade de formatos desafia os métodos clássicos de indexação e representação temática, que muitas vezes se mostram insuficientes para lidar com a complexidade semântica e estrutural dos novos documentos eletrônicos. Um dos principais desafios reside na representação da informação em documentos não textuais: objetos audiovisuais, por exemplo, exigem metadados descritivos mais ricos e, frequentemente, subjetivos, que dependem da interpretação do indexador ou de técnicas automáticas de análise de imagem e som, que ainda apresentam limitações semânticas. Ademais, a recuperação baseada em palavras-chave se torna menos eficaz quando aplicada a documentos multimodais, exigindo o desenvolvimento de sistemas que integrem métodos de processamento de linguagem natural, aprendizado de máquina e ontologias para garantir a interoperabilidade semântica.

A própria noção de documento se expandiu com a digitalidade. Buckland (1997), em seu artigo seminal "*What is a document?*", retoma a tradição de Suzanne Briet para demonstrar que documento é uma categoria funcional e semiótica, não ontológica: um objeto se torna documento quando é usado como fonte de informação em um processo de busca, ou seja, quando um intérprete o trata como signo de algo que deseja conhecer.

Sob a perspectiva peirceana, isso significa que a documentalidade não é uma propriedade intrínseca dos objetos, mas uma relação sígnica que se estabelece no contexto da necessidade informacional do usuário. Em ambientes imersivos, essa condição se intensifica: objetos tridimensionais, avatares, ambientes simulados e respostas táteis podem todos tornar-se documentos se o usuário os tratar como fontes de informação no seu processo de busca. Na atualidade, essa concepção se

intensificou com os documentos interativos e personalizados, como páginas Web adaptativas e bases de dados dinâmicas, cuja instância acessada depende da interação do usuário. Essa fluidez documental representa um obstáculo à definição de unidades documentárias estáveis para fins de representação e recuperação.

4.3 Representação dos documentos

A eficácia da Recuperação da Informação (RI) depende, fundamentalmente, da forma como os documentos são representados nos sistemas de informação. Na Biblioteconomia, a representação documental é tradicionalmente dividida em duas vertentes complementares. A representação descritiva, normatizada por instrumentos internacionais de catalogação descritiva, ocupa-se dos dados formais do documento: autor, título, data, suporte e demais elementos identificadores. A representação temática, desenvolvida por meio de processos de classificação e indexação, busca identificar o conteúdo conceitual do documento e traduzi-lo em linguagens documentárias (tesauros, sistemas de classificação, vocabulários controlados) que permitam sua recuperação por assunto (FERNEDA, 2013; MANNING; RAGHAVAN; SCHÜTZE, 2008).

Essa dupla estrutura constitui o alicerce sobre o qual os sistemas clássicos de RI foram construídos e que o modelo proposto nesta tese expande ao incorporar uma terceira camada: a representação espacial e perceptiva, específica dos ambientes imersivos. No entanto, no cenário digital contemporâneo, caracterizado por um volume crescente e uma grande diversidade de tipos documentais, esses métodos tradicionais enfrentam sérias limitações.

A representação descritiva, embora amparada por normas internacionais de catalogação bem estabelecidas, é desafiada pela heterogeneidade e pela ausência de padronização na própria produção e disseminação de conteúdos digitais, muitos deles gerados ou publicados sem qualquer processo editorial ou catalográfico prévio, o que dificulta a extração confiável e consistente de metadados a partir desses padrões já existentes. Já a representação temática encontra obstáculos diante da natureza multimodal dos documentos digitais, exigindo abordagens mais complexas para interpretar significados, inferências e contextos.

Importante salientar que a representação manual, embora mais precisa, torna-se inviável diante do volume e da velocidade com que os documentos são gerados.

Por outro lado, as abordagens automáticas, baseadas em algoritmos de processamento de linguagem natural e inteligência artificial, ainda apresentam dificuldades para compreender nuances semânticas e variações linguísticas, o que compromete a qualidade da indexação e, por conseguinte, da recuperação. Essa conjuntura impõe a necessidade de repensar as práticas tradicionais da representação documental: a integração entre métodos biblioteconômicos e tecnologias da informação é imprescindível para desenvolver representações mais adaptadas ao ambiente digital, garantindo a efetiva mediação da informação.

4.4 Usuário

Em sistemas de recuperação da informação (RI), o usuário ocupa um lugar central. É a partir de suas demandas e interesses que os mecanismos são mobilizados para localizar, selecionar e apresentar documentos relevantes. Contudo, embora essa centralidade seja amplamente reconhecida nos modelos teóricos e práticos da área, colocá-la em prática é um desafio complexo, porque as necessidades informacionais dos usuários não são apenas variadas: muitas vezes elas são também implícitas, contextuais e subjetivas.

O conceito de necessidade de informação não é simples de delimitar. Trata-se de uma construção que envolve fatores cognitivos, sociais, emocionais e situacionais. Um mesmo usuário pode buscar informações por diferentes razões: para resolver um problema, tomar uma decisão, aprender algo novo, ou até por mera curiosidade. Usuários distintos podem formular a mesma consulta com intenções diferentes, o que torna difícil para o sistema identificar com precisão o que realmente está sendo buscado.

Como demonstram Wilson (1981) e Dervin (1983), a necessidade informacional raramente se apresenta ao usuário como um estado claro e completamente articulado. Belkin (1980) formalizou essa condição no conceito de *Anomalous State of Knowledge* (ASK): o usuário busca informação precisamente porque reconhece uma lacuna em seu estado de conhecimento, mas essa lacuna não está suficientemente definida para ser traduzida em uma consulta formal precisa. Sob a perspectiva semiótica peirceana, a necessidade informacional é um estado do intérprete que precede a produção de signos verbais: ela existe como potência antes de se atualizar em expressão de busca.

Nos ambientes digitais contemporâneos, esse desafio se amplia. A multiplicidade de formatos documentais (textos, vídeos, áudios, imagens, hipertextos), associada ao volume massivo de dados disponíveis, faz com que os sistemas precisem lidar não apenas com as necessidades informacionais explícitas, aquelas que o usuário consegue verbalizar em uma consulta, mas também com as necessidades implícitas e latentes, que existem como potência no intérprete, mas ainda não se atualizaram em expressão formal. Em ambientes imersivos, essa dimensão latente ganha um canal de expressão que os sistemas bidimensionais não contemplam: gestos, deslocamentos e orientações do olhar podem ser índices de necessidade informacional antes mesmo que o usuário formule uma consulta verbal.

Isso exige abordagens mais sofisticadas de mediação, interpretação e personalização da busca. Modelos de recuperação mais recentes, como os baseados em *relevance feedback*, perfil de usuário e aprendizado de máquina, procuram justamente adaptar os resultados às preferências e comportamentos observados. Ainda assim, a compreensão profunda da necessidade do usuário continua sendo um ponto sensível. A mediação humana, historicamente desempenhada por bibliotecários e profissionais da informação, também nos mostra o quanto essa interpretação é subjetiva e exige sensibilidade. Taylor (1968), em seu estudo clássico sobre a negociação de perguntas em bibliotecas, já demonstrava que a necessidade informacional passa por quatro níveis sucessivos, a visceral, a consciente, a formalizada e a comprometida, até se tornar uma consulta que o sistema consegue processar, e que o papel do bibliotecário é justamente auxiliar essa passagem.

Em ambientes automatizados, essa função precisa ser, ao menos em parte, simulada pelos algoritmos, o que envolve desafios éticos, linguísticos e técnicos. Um sistema que sugere resultados com base em buscas anteriores pode cair em ciclos de reforço, o mesmo mecanismo que Pariser (2011) descreve na formação de bolhas informacionais, ignorando mudanças nos interesses do usuário ou oferecendo apenas aquilo que já é esperado, limitando a diversidade informacional.

Fatores culturais, educacionais e tecnológicos influenciam profundamente a forma como o usuário expressa sua necessidade. Há diferenças significativas entre usuários experientes e iniciantes, entre aqueles que dominam a terminologia técnica e os que utilizam linguagem natural, entre os que acessam a informação por um computador ou por um dispositivo móvel em contextos informais. Tudo isso faz com

que a mesma necessidade possa ser expressa (ou interpretada) de formas distintas. Portanto, embora o usuário seja, e deva ser, o elemento central em sistemas de recuperação da informação, sua diversidade impõe limites concretos à eficácia dos sistemas.

A interpretação de suas necessidades exige uma combinação de técnicas automatizadas, inteligência contextual e, sempre que possível, mediação humana. O desafio da área, hoje, é integrar essas dimensões de forma sensível, ética e eficaz, respeitando a complexidade das experiências informacionais humanas.

4.4.1 Do Usuário ao Sujeito Informacional

A literatura recente da Ciência da Informação brasileira tem problematizado o próprio termo "usuário", por seu caráter predominantemente instrumental e passivo, aquele que apenas utiliza um sistema ou serviço já configurado por terceiros. Rabello (2017) propõe uma distinção conceitual relevante nesse sentido: o sujeito informacional emerge no momento em que o indivíduo deixa de ser mero receptor ou operador de sistemas de informação e passa a se apropriar ativamente da informação, atribuindo-lhe sentido a partir de seu contexto sociocognitivo, e agindo sobre ela, e por meio dela, em práticas de busca, uso, geração e comunicação.

Essa distinção é particularmente relevante para esta tese: em ambientes de realidade virtual, o momento em que um usuário passa a atuar como sujeito informacional coincide, em termos semióticos, com a produção de um intérprete genuíno, quando a pessoa deixa de meramente reagir a estímulos do sistema e passa a interpretar ativamente os signos do ambiente, atribuindo-lhes relevância e agindo sobre eles de forma situada. Por essa razão, ao longo desta tese, o termo usuário é mantido nos momentos em que se descreve a interação genérica com o sistema, enquanto sujeito informacional (ou sujeito da informação) é empregado nos momentos em que se pretende destacar essa dimensão ativa de apropriação e agência sobre a informação, especialmente na discussão do modelo proposto nos capítulos seguintes.

4.5 Expressão de busca

A busca por informação é, antes de tudo, uma atividade humana profundamente ligada à curiosidade, à necessidade de saber e ao desejo de resolver problemas. Quando nos deparamos com um sistema de recuperação de informação

(SRI), seja ele um catálogo de biblioteca, um banco de dados acadêmico ou um buscador na internet, levamos conosco uma necessidade informacional que precisa ser traduzida em palavras. Essa tradução, por meio da chamada expressão de busca, representa um dos pontos de maior tensão nos sistemas de RI.

Para FERNEDA (2013), a expressão de busca é o elemento que estabelece a correspondência entre a necessidade informacional do usuário e o corpus documental indexado pelo sistema, correspondência que só é possível mediante simplificações formais que inevitavelmente deixam de fora dimensões subjetivas e contextuais da necessidade. BELKIN e CROFT (1992) aprofundam esse argumento ao demonstrar que a formulação da consulta é o momento em que a subjetividade do intérprete mais intensamente interfere no processo de recuperação: o usuário precisa converter um estado interno de necessidade, muitas vezes impreciso e parcialmente articulado, em uma representação formal que o sistema consiga processar.

A formulação de uma consulta envolve, essencialmente, a tentativa de representar uma ideia, dúvida ou objetivo utilizando termos e estruturas que o sistema consiga interpretar corretamente. Entre os principais obstáculos enfrentados pelo usuário nesse processo, destacam-se:

- **Falta de vocabulário especializado:** muitas vezes, o usuário não conhece os termos técnicos ou controlados usados pelos sistemas de informação. Ele expressa sua necessidade com palavras do cotidiano, que podem não coincidir com os descritores utilizados na indexação dos documentos.
- **Ambiguidade linguística:** palavras com múltiplos significados podem levar a resultados irrelevantes. Por exemplo, a palavra “Java” pode remeter a uma linguagem de programação, uma ilha da Indonésia ou um tipo de café.
- **Dificuldade em definir o foco:** usuários iniciantes frequentemente expressam necessidades muito amplas ou vagas, resultando em consultas genéricas que recuperam milhares de documentos, muitos sem relação com o que se busca de fato.
- **Desconhecimento dos recursos do sistema:** operadores booleanos, filtros de data ou idioma, truncamentos e aspas são ferramentas poderosas para refinar uma busca, mas muitos usuários desconhecem seu uso ou têm receio de aplicá-los (MANNING; RAGHAVAN; SCHÜTZE, 2008).

Reconhecendo essas dificuldades, diversas estratégias têm sido desenvolvidas para apoiar o usuário na criação de expressões de busca mais eficazes. Essas técnicas variam desde melhorias na interface até o uso de inteligência artificial. Entre as principais, destacam-se:

1. **Sugestão de termos e expansão de consulta:** muitos sistemas modernos, como o Google Scholar ou bases de dados acadêmicas, oferecem sugestões automáticas de palavras-chave enquanto o usuário digita sua consulta. Algumas ferramentas também sugerem termos relacionados com base em vocabulários controlados (como tesauros) ou em dados de uso anteriores.
2. **Uso de linguagem natural:** com os avanços da inteligência artificial, muitos sistemas passaram a aceitar perguntas formuladas em linguagem natural, interpretando a intenção do usuário e reformulando internamente a consulta com base em algoritmos semânticos.
3. **Relevance Feedback:** trata-se de uma técnica em que o sistema aprende com as escolhas do usuário. Ao identificar quais documentos foram considerados relevantes em uma busca inicial, o sistema ajusta os parâmetros da consulta para recuperar documentos similares com maior precisão.
4. **Interação homem-máquina mais intuitiva:** interfaces visuais mais amigáveis, uso de filtros com menus deslizantes, agrupamento temático dos resultados e recursos de destaque de termos ajudam o usuário a compreender e refinar suas buscas de forma mais eficiente, mesmo sem conhecimento técnico prévio.
5. **Mediação por profissionais da informação:** em ambientes como bibliotecas e centros de documentação, o papel do bibliotecário como intermediador é fundamental. Sua experiência permite traduzir a necessidade do usuário para a linguagem do sistema, utilizando vocabulários controlados, estratégias de refinamento e recursos menos óbvios para usuários leigos.

Transformar uma necessidade subjetiva em uma sequência objetiva de palavras ou termos é uma habilidade que se desenvolve com o tempo. Essa

dificuldade é justamente o que Kuhlthau (1991) descreve em seu modelo do Processo de Busca de Informação: a incerteza não decorre apenas da falta de familiaridade com fontes e tecnologias, mas é parte constitutiva do próprio processo de aprendizagem que conduz à formulação de um foco claro de busca. À medida que os sistemas de recuperação de informação se tornam mais sofisticados, espera-se que eles também se tornem mais compreensivos, não apenas entendendo as palavras do usuário, mas captando sua intenção, contexto e nuances. Afinal, buscar informação não é apenas um ato técnico: é uma experiência cognitiva e emocional que se beneficia imensamente da empatia, da sensibilidade e da inteligência, tanto humana quanto artificial.

4.6 Representação da expressão de busca

A representação da expressão de busca do usuário em sistemas de recuperação de informação (SRI) configura-se como um dos desafios mais complexos e essenciais para a eficácia do processo de recuperação. Enquanto os documentos do acervo podem ser representados de maneira estruturada, estável e padronizada, geralmente por meio de vetores de termos, pesos associados ou descritores controlados, as expressões de busca são, por natureza, formuladas de modo espontâneo, influenciadas por fatores linguísticos, cognitivos e contextuais que dificultam sua formalização.

O usuário, ao expressar sua necessidade de informação, recorre a termos que julga representativos de seu objetivo, mas que muitas vezes não coincidem com os termos utilizados na representação dos documentos. Essa defasagem semântica compromete a efetividade da recuperação, pois impede uma correspondência precisa entre a necessidade informacional e os itens disponíveis no sistema. A homogeneização das estruturas de representação, tanto dos documentos quanto das expressões de busca, é uma necessidade para mitigar esse problema, possibilitando a comparação por similaridade, geralmente com base em modelos como o vetorial, probabilístico ou booleano (SALTON; MCGILL, 1983; BAEZA-YATES; RIBEIRO-NETO, 2011).

No entanto, mesmo com estruturas semelhantes, a eficácia da recuperação depende diretamente da qualidade da representação da consulta. Para isso, os SRIs têm incorporado mecanismos de reformulação automática da busca, como expansão

de consulta (*query expansion*), correção ortográfica, desambiguação de sentido e sugestões baseadas em histórico de buscas ou comportamento coletivo (MANNING; RAGHAVAN; SCHÜTZE, 2008; BELKIN; CROFT, 1992). Essas intervenções procuram enriquecer a expressão de busca, aproximando-a semanticamente dos termos utilizados na indexação dos documentos. Contudo, essa interferência automatizada também carrega riscos: ao inserir ou eliminar termos, o sistema pode tanto ampliar desnecessariamente o escopo da busca, trazendo documentos irrelevantes, quanto estreitá-lo de forma excessiva, deixando de recuperar itens pertinentes.

A tensão entre revocação (*recall*) e precisão (*precision*) se intensifica, exigindo que a mediação do sistema seja sensível ao contexto e adaptável ao perfil do usuário. Outro aspecto relevante dessa problemática é a subjetividade inerente à noção de relevância: o que é considerado relevante por um usuário pode não ser para outro, e essa percepção pode mudar conforme o tempo, o objetivo da busca ou o nível de conhecimento do indivíduo. Assim, sistemas modernos buscam incorporar elementos de personalização e interação contínua, como *feedback* por relevância (*relevance feedback*), mecanismo formalizado por Rocchio (1971), em que o usuário indica ao sistema quais resultados foram úteis, permitindo ajustes dinâmicos na expressão de busca.

Esses modelos interativos representam uma evolução significativa, pois reconhecem que a necessidade de informação nem sempre está plenamente formulada no início da busca, sendo refinada à medida que o usuário explora os resultados. Portanto, a representação da expressão de busca é uma problemática que envolve tanto a fidelidade à intenção original do usuário quanto a necessidade de compatibilidade com os modelos computacionais de representação documental. A mediação entre esses dois polos exige não apenas estratégias de processamento automático da linguagem, mas também uma abordagem centrada no usuário, que leve em consideração seus contextos, preferências e modos de interação com a informação. O futuro dos sistemas de recuperação passa, portanto, pela construção de modelos híbridos, que aliam formalização linguística, semântica computacional e adaptação contínua às necessidades humanas de informação.

4.7 Função de busca

Um dos elementos mais importantes para o funcionamento eficiente de um SRI é a Função de Busca. Esse componente atua como o mediador entre dois polos distintos, mas interdependentes: o acervo documental e a necessidade de informação do usuário, expressa por meio de sua consulta. A função de busca tem como propósito realizar a comparação entre a representação da expressão de busca do usuário e a representação de cada um dos documentos do corpus, produzindo como resultado um conjunto de itens presumivelmente relevantes. Essa comparação, no entanto, não deve ser conduzida de forma binária, "relevante" ou "não relevante", pois tal dicotomia não reflete adequadamente a natureza multidimensional do conceito de relevância.

Saracevic (1996) demonstrou que a relevância se manifesta em pelo menos cinco dimensões distintas: sistêmica, topical, cognitiva, situacional e afetiva, cada uma respondendo a critérios diferentes de pertinência que nenhum algoritmo de correspondência binária consegue capturar integralmente. Em vez disso, espera-se que a função de busca seja capaz de atribuir graus de similaridade entre os documentos e a consulta, refletindo diferentes níveis de adequação às necessidades do usuário.

Com base em modelos computacionais como o modelo vetorial, tanto os documentos quanto as consultas são representados como vetores em um espaço multidimensional, e a similaridade entre eles é calculada pelo cosseno do ângulo entre os vetores correspondentes (SALTON; MCGILL, 1983). Quanto menor o ângulo, maior a similaridade: essa medida matemática de proximidade permite ordenar os documentos por grau de correspondência formal com a consulta. Importa distinguir, porém, similaridade de relevância: a similaridade é uma propriedade calculável pelo sistema com base nas representações formais; a relevância é um julgamento do intérprete sobre a pertinência do documento à sua necessidade informacional em contexto. O modelo vetorial otimiza a similaridade, mas não garante relevância, o que reforça a necessidade de modelos que incorporem as dimensões cognitivas, situacionais e, em ambientes imersivos, espaciais e perceptivas do julgamento de relevância.

Esse processo permite uma recuperação mais refinada, pois reconhece que diferentes documentos podem atender a uma mesma consulta em graus variados, algo particularmente importante quando se considera a complexidade das

necessidades informacionais humanas, que frequentemente são mal definidas, dinâmicas e fortemente dependentes de contexto. A linguagem natural utilizada nas expressões de busca tende a ser ambígua, incompleta ou subjetiva, exigindo que os sistemas operem com algum grau de tolerância à imprecisão (BELKIN; CROFT, 1992). A função de busca, nesse contexto, deve ser capaz de compensar tais limitações, promovendo mecanismos de equivalência semântica e ponderação de termos.

Além dos modelos clássicos de recuperação, booleano, vetorial e probabilístico, sistematizados por Salton e McGill (1983) e Baeza-Yates e Ribeiro-Neto (2011), sistemas mais recentes têm incorporado elementos oriundos da inteligência artificial, como aprendizado de máquina e modelos de *relevance feedback*, os quais permitem que o sistema aprenda com interações anteriores e adapte-se ao perfil e contexto do usuário (MANNING; RAGHAVAN; SCHÜTZE, 2008). Tais abordagens ampliam a capacidade dos sistemas em oferecer respostas mais personalizadas e contextualizadas, aproximando-se da dimensão situacional da relevância descrita por Saracevic (1996). Em ambientes imersivos, esse aprendizado adaptativo precisa incorporar também os padrões do ciclo perceptivo do usuário (gestos, deslocamentos e orientações do olhar) como sinais de refinamento da necessidade informacional.

Outro ponto relevante é o uso de técnicas *fuzzy* para recuperação de informação, que reconhecem a possibilidade de pertinência parcial de documentos a múltiplos tópicos ou categorias (DUBOIS; PRADE, 1980). Esse tipo de abordagem permite que a função de busca opere sobre graus de associação, em vez de categorias fixas, o que é particularmente útil em ambientes de informação não estruturados ou multidisciplinares. Saracevic (1996) demonstra, ainda, que a relevância opera simultaneamente em dois planos que os sistemas de RI raramente conseguem conciliar. No plano objetivo, a relevância é uma propriedade calculável: a correspondência formal entre a representação do documento e a representação da consulta, mensurável por escores de similaridade. No plano subjetivo, a relevância é um julgamento do intérprete situado: a pertinência do documento à necessidade informacional do usuário em seu contexto específico, moldada por suas estruturas cognitivas, suas condições situacionais e seus estados afetivos.

A função de busca opera predominantemente no plano objetivo, atribuindo escores formais de similaridade, mas o usuário julga relevância no plano subjetivo. Essa tensão entre relevância objetiva e subjetiva é estrutural nos sistemas clássicos de RI e não é resolvida por nenhum algoritmo de correspondência formal. Sob a perspectiva semiótica peirceana, ela corresponde à distância inevitável entre o signo produzido pelo sistema e o efeito interpretativo gerado no intérprete: o sistema oferece signos de similaridade; o usuário produz julgamentos de pertinência. É precisamente para reduzir essa distância que o modelo proposto nesta tese introduz a noção de relevância expandida, que incorpora as dimensões perceptivas, motoras e experienciais do julgamento de relevância em ambientes imersivos. Dessa forma, o papel da Função de Busca transcende o mero ranqueamento técnico: ela se torna um elemento epistemológico fundamental para o diálogo entre a linguagem formal do sistema e a linguagem natural do ser humano. Constitui, assim, o núcleo operacional dos sistemas de recuperação de informação, responsável por atribuir significado à relação entre a consulta e os documentos, e sua capacidade de estimar níveis variados de relevância, aliada à possibilidade de incorporar técnicas adaptativas, faz dela um componente central para que os sistemas sejam eficazes, responsivos e, sobretudo, úteis frente à complexidade das demandas informacionais contemporâneas.

4.8 Modelo de Recuperação de Informação

Um modelo de recuperação de informação é a especificação formal de três elementos: a *representação dos documentos*, a *representação da expressão de busca* e a *função de busca* (FERNEDA, 2012, p. 20). De maneira mais formal, Baeza-Yates e Ribeiro-Neto (2011, p. 58) definem modelo de recuperação de informação como uma quadrupla:

$$[\mathbf{D}, \mathbf{Q}, F, R(q_i, d_j)]$$

- **D** é um conjunto composto por visões lógicas (representações) dos documentos no *corpus*;
- **Q** é um conjunto composto de visões lógicas das necessidades de informação dos usuários;

- F é um *framework* para a modelagem de representações dos documentos, consultas e seus relacionamentos;
- $R(q_i, d_j)$ é uma função de ordenamento (*ranking*) que atribui um *score* numérico à relação entre uma representação da consulta q_i de $\mathbf{Q}$ e a representação de um documento d_j de $\mathbf{D}$. Esse escore expressa o grau de similaridade formal entre consulta e documento, permitindo ordenar os itens do corpus por proximidade à expressão de busca. Importa registrar que esse escore é uma medida de similaridade computacional, não um julgamento de relevância: ele opera sobre as representações formais dos documentos e da consulta, não sobre a pertinência do documento à necessidade informacional do intérprete situado (SARACEVIC, 1996).

Apesar de alguns modelos de recuperação da informação terem sido desenvolvidos entre as décadas de 1960 e 1970, seus fundamentos conceituais permanecem presentes na maioria dos sistemas contemporâneos. Os modelos de RI constituem a base sobre a qual os sistemas buscam localizar, em grandes repositórios, os documentos mais pertinentes a uma necessidade informacional expressa por meio de uma consulta, distinguindo-se principalmente pela forma como representam os documentos e as consultas, além dos mecanismos utilizados para determinar a relevância entre ambos (SALTON; MCGILL, 1983; BAEZA-YATES; RIBEIRO-NETO, 2011). Sua longevidade demonstra não apenas robustez técnica, mas também que os problemas fundamentais da RI, a correspondência entre necessidade informacional e representação documental, permanecem estruturalmente os mesmos, mesmo em contextos tecnológicos radicalmente diferentes. Cada modelo surge em um contexto histórico e tecnológico específico, buscando superar limitações dos modelos anteriores e ampliar a capacidade dos sistemas de recuperação de oferecer resultados mais pertinentes.

O **modelo booleano** é um dos mais antigos e baseia-se na lógica proposicional, utilizando operadores como AND, OR e NOT para combinar termos e construir consultas. Embora seja simples e eficiente em termos computacionais, seu principal problema está na rigidez: ele não permite ranqueamento dos resultados, nem lida bem com a noção de relevância parcial. Os documentos são simplesmente recuperados ou não, conforme satisfaçam estritamente a consulta formulada.

O **modelo vetorial**, proposto por Salton, Wong e Yang (1975), representa documentos e consultas como vetores em um espaço multidimensional, no qual cada dimensão corresponde a um termo do vocabulário. A similaridade entre consulta e documento é medida, em geral, pelo cosseno do ângulo entre seus vetores. Esse modelo introduz a noção de ranqueamento de resultados e permite tratar diferentes graus de similaridade, o que representa um avanço significativo em relação ao modelo booleano. No entanto, ele assume que os termos são independentes entre si e não capta relações semânticas mais profundas.

O **modelo probabilístico**, por sua vez, tenta estimar a probabilidade de relevância de um documento para uma consulta, com base em evidências extraídas do conteúdo textual e da interação anterior com o sistema, abordagem sistematizada por Robertson e Sparck Jones (1976) em sua proposta de ponderação de termos por relevância. Ele parte do princípio de que, dada uma consulta, existe uma probabilidade associada à relevância de cada documento, e os documentos com maior probabilidade são priorizados. Apesar de sua fundamentação teórica sólida, a implementação prática desse modelo exige estimativas complexas e muitas vezes baseadas em hipóteses simplificadoras.

Mais recentemente, modelos baseados em lógica e modelos baseados em redes neurais têm sido propostos. Os modelos de aprendizado profundo, alicerçados em arquiteturas *transformer* como o BERT (DEVLIN et al., 2019), representam documentos e consultas como vetores densos em espaços latentes, aprendidos a partir de grandes volumes de dados. Esses modelos buscam capturar aspectos semânticos mais sutis, como sinônimos e contexto, oferecendo resultados mais refinados, especialmente em sistemas de grande escala.

A diversidade de modelos reflete a complexidade intrínseca da tarefa de recuperação de informação, na qual múltiplos fatores, linguísticos, estatísticos e cognitivos, influenciam a forma como a relevância é percebida e operacionalizada nos sistemas. Ao longo do tempo, a evolução desses modelos tem buscado aproximar os sistemas computacionais da complexidade do comportamento humano de busca e da riqueza semântica da linguagem.

4.9 Resultado da busca

A forma de apresentação dos resultados de uma busca em sistemas de recuperação de informação (SRI) exerce papel central na interação do usuário com o sistema, pois influencia diretamente sua capacidade de identificar documentos realmente relevantes. A interface de apresentação dos resultados deve ir além de simplesmente listar documentos ordenados por uma métrica de relevância: ela deve fornecer apoio à exploração, interpretação e refinamento da busca pelo usuário.

Tradicionalmente, os sistemas de recuperação exibem os resultados como uma lista linear, ordenada por uma pontuação de relevância atribuída pelo algoritmo do sistema. Essa abordagem, embora simples, tem limitações, sobretudo quando o número de resultados é grande ou quando o usuário tem dificuldades em compreender por que certos documentos foram considerados mais relevantes que outros. Assim, a visualização dos resultados pode ser aprimorada com metadados explicativos, como trechos destacados que mostram o termo buscado no contexto, indicadores de similaridade e agrupamentos temáticos.

Outro aspecto essencial é a exploração visual dos resultados. Técnicas como *cluster-based interfaces*, *2D/3D projections*, *topic maps* e *graph visualizations* buscam representar o espaço de documentos de maneira mais intuitiva e exploratória (HEARST, 2009; MANNING; RAGHAVAN; SCHÜTZE, 2008). Essas visualizações permitem ao usuário perceber padrões, relações entre documentos, e até mesmo descobrir documentos relevantes que poderiam passar despercebidos em uma lista tradicional.

As interfaces modernas devem considerar o contexto e o perfil do usuário, oferecendo personalização e suporte à navegação iterativa. Elementos como filtros dinâmicos, organização por facetas e mecanismos de *relevance feedback*, técnica introduzida por Rocchio (1971) para refinar iterativamente a consulta a partir do julgamento de relevância do usuário sobre os resultados apresentados, ajudam a refinar progressivamente os resultados, guiando o usuário em sua jornada de recuperação de informação. Portanto, a forma como os resultados são apresentados influencia diretamente a eficácia e a eficiência da recuperação: um sistema que oferece apenas uma lista ordenada pode ser funcional, mas um sistema que combina ordenação com explicações visuais, agrupamentos conceituais e mecanismos de

interação contextual proporciona uma experiência mais rica, permitindo que o usuário explore, compreenda e refine sua busca de maneira mais produtiva e satisfatória.

4.10 Interfaces

Em um sistema de recuperação de informação (RI), as interfaces desempenham um papel central na mediação entre o usuário e o sistema. O sucesso de uma busca não depende apenas da qualidade dos algoritmos ou do modelo de recuperação adotado, mas também da forma como o sistema permite que o usuário interaja com ele. Um sistema de recuperação possui dois tipos de interface, como descrito por Hearst (2009) em sua obra de referência sobre interfaces de busca: uma interface de busca, que tem como função auxiliar o usuário a expressar sua necessidade de informação, e uma interface de resultados da busca, que deve auxiliar o usuário a selecionar, no conjunto de documentos resultantes de uma busca, aqueles que realmente são relevantes para a sua necessidade. Essas duas interfaces são fundamentais para garantir a eficácia e a usabilidade do sistema como um todo.

A interface de busca é o ponto de partida da interação. Sua função é ajudar o usuário a formular sua necessidade de informação, tarefa que não é trivial, sobretudo quando o usuário não tem clareza sobre os termos mais adequados ou não domina o vocabulário do sistema. Segundo Hearst (2009), essa interface deve ser desenhada para acolher diferentes estilos de busca, desde consultas simples baseadas em palavras-chave até consultas mais complexas e iterativas, oferecendo mecanismos de apoio como sugestões automáticas, históricos de busca, consultas por similaridade e recursos de ajuda contextualizada. A interface de busca, portanto, precisa promover uma conversa produtiva entre o humano e o sistema, incentivando a exploração do acervo de forma progressiva e guiada.

Por outro lado, a interface de apresentação dos resultados é responsável por organizar e exibir os documentos recuperados de modo a facilitar a avaliação da relevância de cada item. Este momento é crítico: é quando o usuário confronta sua expectativa com o que o sistema foi capaz de oferecer. Aspectos visuais e estruturais, como agrupamentos temáticos, técnica pioneiramente demonstrada por Cutting et al. (1992) em seu sistema *Scatter/Gather*, que organiza dinamicamente grandes coleções de documentos em grupos tematicamente coerentes, destaques de trechos relevantes, ordenação por diferentes critérios e uso de gráficos ou mapas conceituais,

contribuem para uma navegação mais eficiente pelo conjunto de resultados. Elementos de visualização interativa permitem que o usuário refine sua busca por meio de operações como *relevance feedback*, filtragem ou reclassificação.

Essas duas interfaces não são componentes isolados, mas partes integradas de um ciclo interativo que sustenta a recuperação da informação: a interface de busca auxilia na expressão da necessidade de informação do usuário, enquanto a interface de resultados apoia a reflexão e o julgamento de relevância, podendo retroalimentar o processo com novas consultas. O projeto cuidadoso dessas interfaces é um fator decisivo para que sistemas de RI sejam não apenas eficientes, mas também compreensíveis, acessíveis e úteis aos seus usuários.

A evolução das interfaces para sistemas de recuperação de informação revela um percurso marcado tanto pela herança da biblioteconomia quanto pelas possibilidades oferecidas pelas tecnologias computacionais. Inicialmente inspiradas na interação com bibliotecários, as primeiras interfaces simulavam diálogos, buscando apoiar o usuário na expressão de suas necessidades informacionais por meio de perguntas e respostas, abordagem materializada no sistema I³R, de Croft e Thompson (1987), um dos primeiros sistemas de recuperação a atuar como intermediário especialista, dialogando com o usuário ao longo de múltiplas etapas da busca. Essas abordagens foram influenciadas por pesquisas em inteligência artificial e processamento de linguagem natural, em especial os trabalhos de Belkin e Croft (1992) sobre filtragem e recuperação adaptativa e de Manning, Raghavan e Schütze (2008) sobre modelos semânticos e aprendizado de máquina aplicados à RI. O objetivo comum dessas pesquisas é aproximar os sistemas da mediação interpretativa que os profissionais da informação realizam ao traduzir necessidades informacionais implícitas em estratégias de busca eficazes.

Com o desenvolvimento das interfaces digitais, surgiram formas progressivamente mais sofisticadas de interação com sistemas de RI: dos catálogos de fichas aos OPACs, dos diretórios hierárquicos como o Yahoo! Directory aos mecanismos de busca por palavras-chave, e dos formulários estruturados às interfaces de linguagem natural (HEARST, 2009). Cada etapa dessa trajetória reflete uma tentativa de aproximar a expressão da necessidade informacional do usuário às estruturas formais de representação dos sistemas. Essa consolidação tem raiz histórica direta no trabalho pioneiro de Engelbart (1962), cuja substituição da interação

por linha de comando pela manipulação direta de objetos na tela lançou as bases cognitivas que, décadas depois, possibilitariam interfaces de busca como a do Google, hoje oferecendo uma ampla gama de recursos de entrada, controle, informação e personalização. Estes recursos, sistematicamente classificados, incluem caixas de busca, filtros dinâmicos, sugestões de correção automática, indicadores de resultados e funcionalidades adaptativas baseadas em histórico de uso.

Hearst (2009) propõe um modelo conceitual para o design de interfaces de busca organizado em quatro categorias de funcionalidades: de entrada, como caixas de busca e metadados interativos; de controle, como filtros e ordenação; informacionais, como paginação, indicadores de resultados e elementos de navegação; e personalizáveis, como histórico de buscas e recomendações baseadas em comportamento anterior. O objetivo desse modelo é oferecer uma estrutura que permita pensar criticamente as escolhas de design, considerando as necessidades do usuário como prioridade.

Essa taxonomia, concebida para interfaces bidimensionais, revela seus limites quando transposta para ambientes imersivos: as categorias de entrada e controle precisam contemplar gestos, deslocamentos e comandos vocais; as informacionais precisam incorporar metadados espaciais; e as personalizáveis precisam reconhecer padrões do ciclo perceptivo do usuário como sinais de preferência e necessidade informacional.

Wilson et al. (2010) demonstraram experimentalmente que o grau de interatividade e transparência de uma interface influencia significativamente a eficácia da busca: interfaces que oferecem feedback imediato sobre o estado da consulta, indicadores de progresso e mecanismos visíveis de refinamento produzem maior engajamento do usuário e melhores julgamentos de relevância do que interfaces opacas que ocultam o processo de recuperação. Por exemplo, versões que permitem ao usuário visualizar e manipular termos adicionais para reformulação de consultas produzem melhores resultados sem aumentar o tempo de busca. Isso reforça a ideia de que os sistemas devem oferecer suporte ativo ao processo de formulação de consultas, indo além da simples correspondência entre termos.

A abordagem contemporânea do design de interfaces de busca também incorpora elementos visuais mais sofisticados, como visualizações em 3D e animações para guiar o usuário, bem como mecanismos de agrupamento e

navegação facetada. A combinação entre funcionalidades técnicas e atenção às práticas sociais de busca resulta em sistemas mais eficazes, que se adaptam à diversidade de contextos e estilos cognitivos dos usuários.

A análise das interfaces de busca desenvolvida neste capítulo, de suas categorias funcionais às suas limitações diante dos ambientes imersivos, converge para uma conclusão epistemológica central: os sistemas clássicos de RI foram projetados para mediar a relação entre usuários e documentos por meio de signos verbais e estruturas lógicas. Hearst (2009), Morville e Callender (2010) e Wilson et al. (2010) documentaram com precisão o que esses sistemas fazem bem e onde encontram seus limites. O que eles não contemplam é a dimensão semiótica ampliada que os ambientes imersivos introduzem: signos espaciais, gestuais e perceptivos que participam ativamente da construção da relevância. É essa dimensão que o modelo proposto no próximo capítulo incorpora, ao reinterpretar cada elemento da estrutura clássica de Ferneda (2013) à luz das variáveis imersivas e da semiótica peirceana.

4.11 Considerações

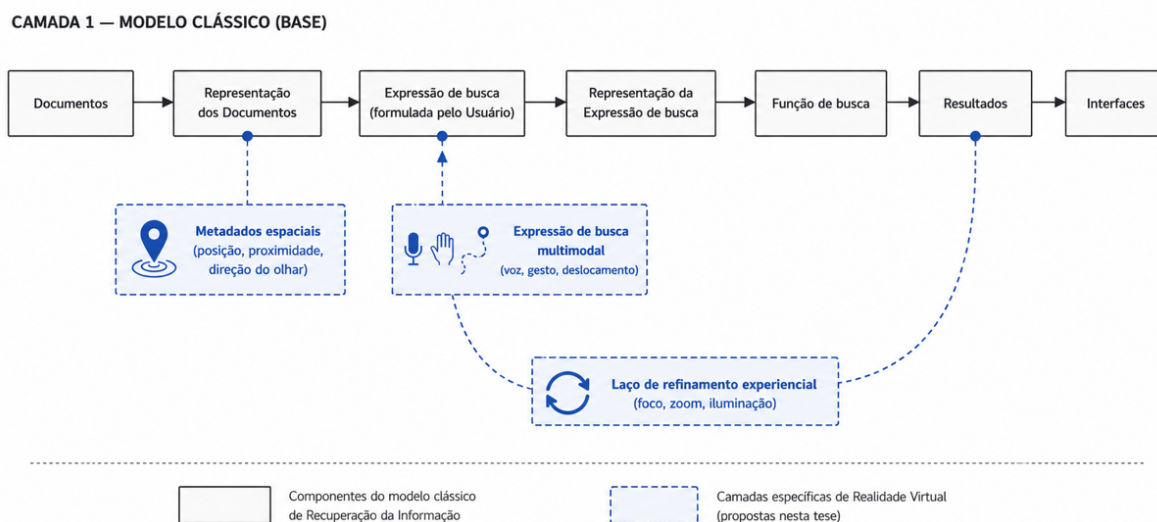
A complexidade crescente do ambiente digital e a inerente subjetividade do processo de recuperação de informação impõem desafios que extrapolam os limites das tecnologias. A eficácia dos sistemas de RI depende da articulação entre múltiplos elementos, todos mediados por estruturas de representação e por interfaces cuidadosamente concebidas. A RI não pode ser compreendida como um processo meramente mecânico de busca por palavras-chave, mas como uma atividade cognitiva e social, que exige sensibilidade para lidar com a linguagem natural, intenções não verbalizadas e contextos diversos.

A representação documental, por exemplo, precisa ser repensada diante da heterogeneidade dos objetos informacionais contemporâneos, enquanto a expressão de busca deve ser interpretada para além de sua literalidade, buscando captar sua intencionalidade e seu contexto. O papel central do usuário, amplamente reconhecido nos modelos teóricos, precisa ser traduzido em práticas sistêmicas e interfaces que possibilitem a mediação adequada entre sua necessidade e os conteúdos disponíveis. Isso inclui o desenvolvimento de funcionalidades interativas, mecanismos de personalização e recursos que ofereçam suporte contínuo à formulação e ao refinamento das buscas. Adicionalmente, o uso de técnicas oriundas da Inteligência

Artificial, como aprendizado de máquina, modelos semânticos e métodos *fuzzy*, tem ampliado as possibilidades de compreensão e adaptação dos sistemas às demandas dos usuários.

Assim, a Recuperação da Informação se afirma como um campo interdisciplinar e dinâmico, que exige abordagens integradas e sensíveis à complexidade do comportamento humano. Compreender e aprimorar os mecanismos que sustentam esse processo é essencial para garantir que os sistemas não apenas localizem informações, mas contribuam efetivamente para a construção do conhecimento. Neste capítulo, foram revisados os elementos fundamentais da recuperação da informação em ambientes tradicionais, de acordo com Ferneda (2013): documentos e sua representação, o papel do usuário, a expressão e a representação da consulta, a função de busca, os resultados e as interfaces. Esses componentes compõem a base teórica sobre a qual se estruturam os sistemas de RI clássicos.

Figura 14 - Extensão do modelo clássico de Ferneda (2013)



Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, 2026

Como ilustra a Figura 14, as três camadas específicas de VR não substituem o modelo clássico, mas se acoplam a pontos específicos dele: os metadados espaciais enriquecem a representação dos documentos, a expressão multimodal amplia a formulação da consulta, e o laço de refinamento experiencial introduz um ciclo de retroalimentação ausente no modelo linear original. O Capítulo 5 retoma essas três camadas em detalhe, articulando-as à semiótica peirceana e à biossemiótica de

Uexküll para fundamentar o conceito de Relevância Expandida, proposto nesta tese como núcleo do modelo conceitual de recuperação da informação em ambientes imersivos.

5 PROPOSIÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL DE RECUPERAÇÃO DA INFORMAÇÃO EM AMBIENTES DE REALIDADE VIRTUAL

A construção deste capítulo marca o ponto de convergência da pesquisa. Desde o início, buscou-se compreender a realidade e a informação a partir de múltiplas tradições. Platão (2006), ao propor diferentes graus de mediação entre o mundo sensível e o inteligível, ofereceu à CI uma chave para pensar a representação documental como sempre parcial: nenhum signo esgota seu objeto, assim como nenhuma sombra esgota a figura que a projeta. Descartes (2005), ao exigir representações claras e distintas como fundamento do conhecimento, antecipou a preocupação com a qualidade e a precisão dos sistemas de indexação e recuperação. Uexküll (1926), ao demonstrar que cada organismo constrói seu próprio *Umwelt* a partir das capacidades que possui para perceber e agir, forneceu o fundamento biossemiótico central do modelo: cada usuário percebe o espaço informacional imersivo a partir de seu ciclo funcional próprio, e o sistema precisa ser projetado para reconhecer e responder a essa variabilidade.

Essas três perspectivas filosóficas dialogam com os fundamentos da CI de forma precisa e não intercambiável. Platão ancora a discussão sobre representação e mediação sógnica. Descartes ancora a exigência epistemológica de rigor e precisão nos sistemas de recuperação. Uexküll ancora a compreensão do usuário como intérprete situado cujo ciclo perceptivo determina o que se torna sinal funcional de relevância. Juntos, articulados pela semiótica peirceana, eles fornecem o arcabouço filosófico sobre o qual o modelo proposto nesta tese foi construído.

O conceito de informação como fenômeno semiótico situado foi mapeado por Capurro e Hjørland (2003); a relevância, em suas dimensões cognitiva, situacional, afetiva e sistêmica, foi sistematizada por Saracevic (1996). A cognição foi explorada sob dois eixos consolidados: os modelos mentais (JOHNSON-LAIRD, 1980), que explicam como o sujeito constrói representações internas que orientam a interpretação de novos signos, e a teoria da carga cognitiva (SWELLER, 1988), que

aponta os limites da memória de trabalho diante de tarefas complexas. Embora essas referências datem das décadas de 1980 e 1990, seus fundamentos permanecem operacionais na literatura contemporânea de CI e HCI, tendo sido replicados e expandidos em estudos mais recentes sobre ambientes imersivos.

No campo da experiência, Slater e Wilbur (1997) estabeleceram a distinção seminal entre imersão, propriedade técnica do sistema referente à qualidade e abrangência dos signos que oferece, e presença, estado subjetivo do intérprete de sentir-se genuinamente situado no ambiente. Csikszentmihalyi (1990) complementou esse quadro com o conceito de *flow* como estado de engajamento ótimo, quando os desafios do ambiente e as capacidades do usuário estão em equilíbrio produtivo.

Paralelamente, o capítulo anterior retomou a estrutura clássica da recuperação da informação, notadamente a partir de Ferneda (2013), que organiza o processo em elementos fundamentais: documentos (corpus), representação dos documentos, usuário, expressão de busca, representação da expressão, função de busca, resultados e interfaces. Essa arquitetura, consolidada na tradição da área e representada em modelos como os de Salton e McGill (1983) e Baeza-Yates e Ribeiro-Neto (2011), constitui o alicerce conceitual da recuperação em sistemas bidimensionais como catálogos digitais, bases acadêmicas e buscadores web.

5.1 Relevância Expandida: definição e fundamentação

A transposição para ecossistemas imersivos de realidade virtual exige novos enquadramentos. O que nos sistemas clássicos aparece em listas lineares ou caixas de texto passa a envolver três camadas semióticas específicas dos ambientes imersivos. A primeira é a dos metadados espaciais, posição, proximidade e direção do olhar, que funcionam como índices peirceanos na representação dos documentos: signos cujo objeto é a relevância relativa de cada item no espaço imersivo, interpretados pelo usuário a partir de seu ciclo perceptivo. A segunda é a da expressão multimodal de busca, voz, gesto e deslocamento, que constitui a produção sógnica do intérprete: atos sógnicos corporais pelos quais o usuário expressa sua necessidade informacional antes mesmo de verbalizá-la formalmente. A terceira é o laço de refinamento experiencial, no qual feedbacks perceptivos imediatos, foco, zoom e iluminação, retroalimentam o ciclo sógnico entre usuário e sistema, reduzindo a carga

cognitiva extrínseca e orientando o intérprete em direção aos objetos informacionais mais pertinentes.

Essa articulação fundamenta a noção de Relevância Expandida, conceito central do modelo proposto nesta tese. Relevância Expandida é definida como o julgamento de pertinência informacional que o intérprete produz em ambientes imersivos a partir de quatro dimensões complementares. A primeira é a dimensão semântica: a correspondência entre o conteúdo do documento e a necessidade informacional expressa, critério herdado dos modelos clássicos de RI e preservado no modelo proposto. A segunda é a dimensão perceptiva: a clareza, a saliência e a legibilidade espacial do documento no ambiente imersivo, que determinam se o signo documental entra ou não no ciclo funcional do usuário. A terceira é a dimensão motora: a adequação da posição e orientação do documento ao repertório gestual e de deslocamento do usuário, condição para que o documento seja alcançável e manipulável no espaço imersivo. A quarta é a dimensão experiencial: a coerência do ambiente imersivo com o estado de *flow* do intérprete. O Quadro 2 sintetiza essas quatro dimensões e seus respectivos critérios de avaliação.

Quadro 2 - As Quatro Dimensões da Relevância Expandida

Dimensão	Natureza do Julgamento	Critério de avaliação
Semântica	Herdada dos modelos clássicos de RI	Correspondência entre o conteúdo do documento e a necessidade informacional expressa
Perceptiva	Julgamento semiótico sobre clareza e saliência	Se os índices espaciais do documento se encaixam no <i>Umwelt</i> do usuário e são processados com fluidez pelo ciclo funcional
Motora	Julgamento sobre acessibilidade gestual	Se o signo pode ser alcançado, manipulado e selecionado pelos atos sógnicos corporais do intérprete
Experiencial	Julgamento sobre coerência com o estado de <i>flow</i>	Se os signos do espaço sustentam o engajamento contínuo sem interromper o ciclo sógnico da busca

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, 2026

Como evidencia o Quadro 2, as quatro dimensões operam em conjunto: nenhuma delas, isoladamente, é suficiente para caracterizar a relevância de um documento em ambientes imersivos; é a combinação das quatro que constitui o critério

central pelo qual o modelo proposto avalia a qualidade de um sistema de RI em VR. Esse conceito não rompe com os fundamentos clássicos da CI, mas os expande ao reconhecer que o julgamento de relevância em VR é sempre um ato semiótico situado, mediado pelo *Umwelt* do usuário.

O objetivo deste capítulo é propor e discutir um modelo conceitual de recuperação da informação em ambientes de realidade virtual que mantenha coerência com os três pilares filosóficos e epistemológicos construídos ao longo da tese: a biossemiótica de Uexküll, que fundamenta a compreensão do usuário como intérprete situado cujo *Umwelt* determina o que se torna sinal funcional de relevância; a semiótica peirceana, que ancora a legitimidade dos signos digitais como mediadores de relações informacionais genuínas; e os fundamentos epistemológicos da CI, com seus conceitos consolidados de representação, relevância e comportamento informacional. A proposta visa cumprir uma dupla função no âmbito da Ciência da Informação: consolidar teoricamente a passagem dos modelos bidimensionais para um paradigma imersivo e oferecer um quadro analítico que permita a pesquisadores avaliar criticamente sistemas de recuperação em ambientes imersivos, identificar suas lacunas conceituais e orientar investigações empíricas futuras.

5.2 Princípios norteadores do modelo

A proposição de um modelo conceitual de recuperação da informação em ambientes de realidade virtual não pode ser entendida como um exercício meramente especulativo. Ela resulta da articulação de fundamentos filosóficos, cognitivos, sensoriais e informacionais que, discutidos nos capítulos anteriores, formam agora a base estruturante do modelo. O objetivo desta seção é explicitar como tais fundamentos se convertem em princípios norteadores que dão coerência teórica e legitimidade científica à proposta.

5.2.1 Dimensão Cognitiva

Desde Platão, a busca pelo conhecimento esteve associada à passagem da opinião ao saber justificado, sustentada pela percepção de formas e ideias. Essa tradição filosófica já indicava que o sujeito não apenas coleta informações, mas as organiza em esquemas que permitem reconhecer pertinência e verdade. No século XX, Johnson-Laird (1980) formalizou essa intuição ao afirmar que o raciocínio humano

se apoia em modelos mentais, representações internas que possibilitam simular cenários e antecipar consequências. Na recuperação da informação em ambientes virtuais, esse princípio implica que a interface não pode ser opaca ou caótica: ela deve apoiar a construção de modelos mentais claros sobre a organização do espaço informacional. Um sistema em VR que distribui documentos em *clusters* tridimensionais, por exemplo, favorece a percepção de relações conceituais, enquanto outro que dispersa objetos sem critérios pode desorientar e comprometer a compreensão.

Figura 15 – Navegação dentro de realidade imersiva



Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, 2025

Na Figura 15, observa-se um usuário imerso em um ambiente virtual tridimensional, no qual fluxos de informação são representados de forma espacial e interativa. Essa visualização ilustra de maneira concreta a dimensão cognitiva do modelo: a organização de documentos em *clusters* tridimensionais favorece a construção de modelos mentais ao tornar visíveis as relações semânticas entre itens, permitindo que o usuário perceba gradientes de proximidade conceitual como índices de relevância.

Há aqui uma ressonância com o argumento platônico: assim como a ascensão das sombras às formas implica graus crescentes de clareza e distinção, a organização espacial da informação em VR oferece ao intérprete diferentes graus de acesso ao objeto informacional, do mais periférico ao mais saliente, do menos ao mais relevante segundo seu ciclo perceptivo. A interface não exibe dados, ela produz signos espaciais que o intérprete processa como orientações para a busca. Esse aspecto se relaciona diretamente à teoria da carga cognitiva, proposta por Sweller (1988).

Para o autor, a memória de trabalho é limitada e, quando sobrecarregada, inviabiliza a aprendizagem e a tomada de decisão. Em VR, a riqueza sensorial pode tanto favorecer quanto prejudicar o usuário: elementos redundantes, animações excessivas ou estímulos irrelevantes elevam a carga extrínseca, desviando a atenção da tarefa principal. Assim, um princípio fundamental do modelo é a gestão equilibrada da carga cognitiva, que deve preservar recursos mentais para a interpretação da informação, e não para o simples esforço de lidar com o ambiente.

Embora a presente tese não realize validação empírica do modelo, é possível indicar os critérios conceituais pelos quais a redução da sobrecarga cognitiva poderia ser avaliada em pesquisas futuras. Entre os indicadores mais relevantes para sistemas de RI em VR destacam-se o tempo de tarefa (tempo médio para localizar e selecionar um documento relevante) e o número de reformulações de consulta (frequência com que o usuário precisa reorientar sua busca). Complementa esse conjunto a taxa de abandono, entendida como a proporção de sessões interrompidas antes da obtenção de resultado satisfatório. O esforço percebido constitui outro indicador central, mensurável por instrumentos como a NASA Task Load Index (NASA-TLX), que avalia dimensões subjetivas de carga mental, física e temporal. A incorporação dessas métricas em estudos futuros permitirá operacionalizar o conceito de relevância expandida e verificar empiricamente os princípios propostos neste modelo.

5.2.2 Dimensão sensorial e experiencial

Se a dimensão cognitiva enfatiza o processamento interno, a dimensão sensorial e experiencial sublinha a base perceptiva da busca. Para Uexküll, o organismo não apenas recebe estímulos do ambiente, ele os seleciona, interpreta e responde segundo a estrutura do seu *Innenwelt*. A percepção é sempre situada e funcionalmente orientada: só existe aquilo que o ciclo perceptivo do sujeito está preparado para captar. Ao transpor essa noção para a recuperação da informação, compreende-se que a interação não se limita a um ato de raciocínio abstrato: ela envolve gestos, posturas, deslocamentos e até mesmo respostas fisiológicas.

Slater e Wilbur (1997) aprofundam esse raciocínio ao distinguir entre **imersão**, a qualidade objetiva do sistema em fornecer estímulos sensoriais inclusivos, e **presença**, o estado subjetivo do usuário de sentir-se "dentro" do ambiente. Essa

diferenciação é fundamental para o modelo: a eficácia de um sistema em VR não se mede apenas pela densidade tecnológica, mas por sua capacidade de gerar presença significativa.

Em ambientes de recuperação da informação em VR, isso significa que o sistema precisa calibrar os signos que oferece ao ciclo funcional do usuário: signos que sejam suficientemente coerentes com seu *Umwelt* para serem processados com fluidez, mas suficientemente novos para ativar o interesse e orientar a exploração. O estado de *flow*, sob a perspectiva semiótica adotada nesta tese, é a condição em que o intérprete processa signos de relevância com o mínimo de carga cognitiva extrínseca e o máximo de engajamento com o objeto informacional buscado.

Um sistema de RI em VR que produz *flow* é aquele cujos signos espaciais, gestuais e perceptivos se encaixam no *Umwelt* do usuário de forma progressiva, conduzindo-o de documentos periféricos a documentos centrais sem interromper o ciclo sógnico da busca. Estudos recentes, como o de Schöne et al. (2023), reforçam esse princípio ao demonstrar que experiências em VR podem produzir respostas psicofisiológicas comparáveis às vivências reais. Isso valida a ideia de que a recuperação da informação em VR não é uma metáfora lúdica, mas um processo efetivamente experiencial, que mobiliza o corpo e as emoções.

5.2.3 Dimensão informacional

Por fim, o terceiro eixo refere-se ao núcleo epistemológico da Ciência da Informação. Capurro e Hjørland (2003) lembram que o conceito de informação é polissêmico: pode designar dados objetivos, sinais codificados ou interpretações subjetivas. Em VR, essa polissemia se intensifica, pois a informação deixa de ser apenas texto ou imagem em tela e passa a incluir objetos tridimensionais, sons espaciais, movimentos e simulações táteis.

A questão da relevância ganha centralidade nesse contexto. Saracevic (1996) mostrou que a relevância se manifesta em diferentes dimensões: cognitiva, situacional, afetiva e sistêmica. Em ambientes imersivos, tais dimensões adquirem expressões próprias: a cognitiva se traduz na coerência conceitual percebida; a situacional pode depender da proximidade espacial de um documento; a afetiva pode ser influenciada pela sensação de conforto ou desconforto no ambiente; e a sistêmica é redefinida pela arquitetura de navegação.

Além disso, os fundamentos técnicos permanecem indispensáveis. Baeza-Yates e Ribeiro-Neto (2011) lembram que a recuperação da informação se ancora em algoritmos de indexação, modelos vetoriais, probabilísticos e semânticos, que operam a correspondência entre documentos e consultas. O modelo aqui proposto não pretende substituir tais bases, mas incorporá-las em novas metáforas interativas, nas quais resultados não são mais apenas linhas ordenadas, mas paisagens informacionais navegáveis.

Os três eixos (cognitivo, sensorial/experiencial e informacional) convergem para formar os princípios que norteiam o modelo conceitual em VR. Cada um deles resgata contribuições discutidas anteriormente e as reconecta em um quadro único:

- a cognição como organização mental e gestão de carga;
- a experiência como imersão, presença e flow;
- e a informação como construção polissêmica e relevância expandida.

Esses princípios não são abstratos, mas **orientadores da transposição** que será detalhada nas próximas seções, quando os elementos clássicos de Ferneda (2013) serão reinterpretados à luz da imersão e das variáveis sensório-motoras.

5.3 Proposição de modelo conceitual

A formulação de um modelo conceitual de recuperação da informação em realidade virtual parte de uma premissa fundamental: não se trata de romper com os fundamentos clássicos da Ciência da Informação, mas de reinterpretá-los em chave imersiva, acolhendo variáveis perceptivas, motoras e experienciais que se tornam centrais nesse novo contexto. No capítulo anterior, vimos que, para Ferneda (2013), a recuperação da informação organiza-se em um conjunto de elementos fundamentais: documentos (*corpus*), representação dos documentos, usuário, expressão de busca, representação da expressão, função de busca, resultados e interfaces. Esse conjunto fornece o núcleo estrutural dos sistemas de recuperação em ambientes bidimensionais.

A proposta aqui é, portanto, transpor esses mesmos elementos para a realidade virtual, ampliando-os sob a perspectiva semiótica peirceana e da biossemiótica de Uexküll, segundo três diretrizes já introduzidas:

1. inclusão de **metadados espaciais** (posição, proximidade, direção do olhar) na representação dos documentos, elementos que funcionam como índices peirceanos, cujo objeto é a relevância relativa de cada item no espaço imersivo;
2. incorporação da **expressão de busca multimodal** (voz, gesto, deslocamento) como forma de consulta, atos sígnicos pelos quais o intérprete expressa sua necessidade informacional a partir de seu ciclo funcional;
3. estabelecimento de um **laço experiencial de refinamento**, em que feedbacks perceptivos imediatos (salto de foco, zoom, iluminação) retroalimentam o ciclo sígnico entre usuário e sistema, reduzindo a carga extrínseca e otimizando a seleção.

Essa adaptação sustenta a noção de relevância expandida, discutida ao final do capítulo 4: além da pertinência semântica, são considerados critérios perceptivos (clareza, legibilidade espacial), motores (gestos, alcance) e experienciais (coerência da cena de busca). Assim, o modelo integra as dimensões cognitivas, sensoriais e informacionais em um ciclo dinâmico e contínuo, no qual o *Umwelt* do usuário determina quais signos do espaço imersivo se tornam sinais funcionais de relevância (UEXKÜLL, 1926; PEIRCE, 1931).

5.3.1 Documentos

Nos sistemas clássicos de recuperação da informação, os documentos constituem o núcleo de todo o processo. Como lembra Ferneda (2013), é sobre um acervo documental que se aplicam as operações de representação, indexação e busca. Tradicionalmente, esses documentos são compostos por textos escritos, relatórios, artigos, livros, mas com a digitalização e a web passaram a incluir também páginas eletrônicas, imagens, vídeos e sons. No entanto, ao transpor esse elemento para a realidade virtual, o conceito de documento sofre uma expansão ontológica.

A partir de Buckland (1997), que demonstrou que documento é uma categoria funcional e semiótica, algo se torna documento quando um intérprete o usa como fonte de informação em um processo de busca, compreendemos que em VR o conceito de documento se expande para além dos formatos textuais. Sob a perspectiva peirceana, um objeto se torna documento quando funciona como signo de algo que o usuário deseja conhecer: quando tem referência legítima a um objeto informacional e quando o intérprete o processa como tal em seu contexto de busca.

Nesse sentido, em VR o documento pode assumir formas não textuais e não lineares, tais como:

- objetos tridimensionais manipuláveis, como modelos anatômicos em medicina, protótipos arquitetônicos ou artefatos culturais digitalizados em 3D, que funcionam como signos icônicos de seus referentes reais;
- ambientes simulados, como salas de aula virtuais, bibliotecas digitais em VR ou cidades-modelo para planejamento urbano, que funcionam como signos simbólicos de estruturas organizacionais e relacionais;
- entidades dinâmicas e interativas, como avatares, dashboards imersivos ou simulações científicas em tempo real, que funcionam como signos indexicais: sua presença, movimento e comportamento no espaço imersivo são índices do estado atual do objeto informacional que representam.

Nesse cenário, o corpus documental não é mais um conjunto estático de registros, mas um ecossistema de objetos informacionais multimodais. Esses objetos devem ser descritos e organizados de maneira a preservar tanto seu conteúdo semântico quanto suas propriedades espaciais e sensoriais.

É nesse ponto que se introduz o primeiro acréscimo do modelo proposto: os **metadados espaciais**. Em VR, cada documento não está apenas "indexado" em um repositório lógico, mas também posicionado em um espaço tridimensional. A distância entre documentos, sua altura em relação ao horizonte, sua orientação frente ao usuário e até a direção do olhar tornam-se dados relevantes para a recuperação.

Tais atributos não são decorativos, mas funcionam como sinais de relevância expandida: um item mais próximo do foco visual ou colocado em destaque espacial pode ser percebido como mais pertinente, ainda que seu conteúdo semântico seja equivalente ao de outros documentos (SLATER; WILBUR, 1997; SARACEVIC, 2007). Portanto, no modelo conceitual de RI em VR, os documentos não são apenas representações textuais ou multimídias: eles são entidades situadas em um espaço informacional imersivo, dotadas de metadados tradicionais (autor, título, descritores) e de metadados espaciais (posição, proximidade, saliência perceptiva). Essa dupla camada garante que a experiência de busca seja simultaneamente informacional e experiencial, integrando os fundamentos da Ciência da Informação com a biossemiótica da percepção (UEXKÜLL, 1926) e a semiótica peirceana.

5.3.2 Representação dos Documentos

Nos sistemas clássicos de recuperação da informação, a representação dos documentos constitui-se como etapa fundamental para tornar os conteúdos acessíveis e comparáveis. Tradicionalmente, essa representação ocorre em duas frentes: descritiva (autor, título, data, idioma) e temática (assuntos, descritores, palavras-chave). É a partir dessas estruturas que se estabelece a possibilidade de correspondência entre documentos e consultas (FERNEDA, 2013). No entanto, em ambientes de realidade virtual, a representação dos documentos se torna mais complexa e multidimensional. Não basta mais indicar autor e assunto; é preciso considerar a forma como o documento se insere no espaço imersivo e como será percebido pelo usuário. Isso leva à necessidade de incorporar metadados espaciais ao processo de representação.

Esses metadados não são apenas atributos técnicos, são índices peirceanos: signos que têm como objeto as relações semânticas e hierárquicas entre documentos, e que o intérprete processa como orientações para o julgamento de relevância. Entre eles, destacam-se três dimensões centrais:

- **Posição:** a localização de um documento no ambiente tridimensional funciona como índice de hierarquia e agrupamento conceitual. Documentos posicionados no centro do campo visual ou em destaque espacial são interpretados pelo ciclo perceptivo do usuário como sinais de maior relevância ou centralidade temática. O sistema produz esse índice ao organizar o corpus segundo critérios semânticos traduzidos em coordenadas espaciais.
- **Proximidade:** a distância entre documentos no espaço imersivo é um índice de relação semântica. Documentos próximos sinalizam afinidade conceitual; documentos distantes sinalizam distinção. Essa analogia espacial explora o *Umwelt* do usuário, que naturalmente interpreta proximidade física como proximidade de sentido, traduzindo uma convenção perceptiva em critério de relevância informacional.
- **Direção do olhar:** índice peirceano por excelência, a direção e a duração da fixação ocular sobre um documento são signos do interesse do intérprete. O sistema os lê como expressões da necessidade informacional do usuário, ajustando a saliência e o ordenamento dos documentos no

espaço imersivo em resposta a esses sinais. Diferentemente de um clique ou de uma consulta verbal, o olhar é um ato sógnico involuntário e contínuo: ele revela o ciclo perceptivo do usuário em tempo real, oferecendo ao sistema uma janela direta para o *Umwelt* informacional que o intérprete está construindo no momento da busca.

Assim, um documento não é apenas representado por vetores de termos ou descritores temáticos (SALTON; MCGILL, 1983; BAEZA-YATES; RIBEIRO-NETO, 2011), mas também por **coordenadas perceptivas** que situam sua presença no espaço de busca. Esse processo dialoga com a biossemiótica de Uexküll: um documento só se torna efetivamente acessível quando entra no *Umwelt* do usuário, quando gera um sinal que seu ciclo funcional consegue perceber e com o qual pode agir. A representação espacial, portanto, não é mero artifício estético, mas parte constitutiva da mediação informacional.

Outro aspecto relevante é que a representação em VR deve contemplar formas multimodais: além de descrições textuais, pode incluir visualizações em 3D, sons associados, comportamentos animados ou respostas táteis. Cada uma dessas modalidades enriquece a experiência do usuário e amplia as condições de compreensão e julgamento da relevância.

Figura 16 – Documento representado como objeto 3D manipulável



Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, 2025

Na Figura 16, observa-se um documento projetado em realidade virtual como objeto tridimensional manipulável, acessado pelas mãos do usuário. Essa representação visual exemplifica a transição dos modelos clássicos de descrição

bibliográfica para formas expandidas de mediação informacional, nas quais a espacialidade e a corporeidade tornam-se dimensões centrais. Ao situar o documento como entidade imersiva, a imagem reforça a necessidade de incorporar metadados perceptivos e espaciais ao processo de representação, evidenciando como a VR redefine a relação entre usuário, informação e relevância.

Em síntese, no modelo conceitual proposto, a representação documental em VR é semiótica e híbrida:

- preserva os atributos tradicionais da Biblioteconomia e da Ciência da Informação, como descritores temáticos, metadados bibliográficos e estruturas de indexação, que constituem a dimensão simbólica da representação, signos convencionais cujo objeto é o conteúdo do documento;
- incorpora metadados espaciais como índices peirceanos, posição, proximidade e direção do olhar, signos cuja referência ao objeto informacional se estabelece por contiguidade e causalidade no espaço imersivo;
- adota descrições multimodais, visuais, sonoras e táteis, como suporte à interpretação, ampliando os canais pelos quais o intérprete acessa e avalia o documento no ambiente imersivo.

Essa hibridização semiótica assegura que o documento em VR não seja apenas um registro semântico processado por algoritmos, mas um objeto sógnico situado num *Umwelt* informacional construído pelo sistema para o ciclo perceptivo do usuário. Sob a perspectiva platônica, a representação documental em VR oferece ao intérprete graus crescentes de acesso ao objeto informacional: dos metadados simbólicos às propriedades espaciais indexicais, do registro formal à experiência imersiva do documento como entidade habitável. É essa gradação semiótica que distingue o modelo proposto dos sistemas clássicos de RI.

5.3.3 Do Usuário ao Sujeito Informacional em VR

Nos modelos clássicos de recuperação da informação, o usuário é definido como o sujeito que expressa uma necessidade informacional, formula uma consulta e avalia os resultados recuperados pelo sistema (FERNEDA, 2013). Essa centralidade é inquestionável: sem o usuário, não há busca, nem relevância, nem processo

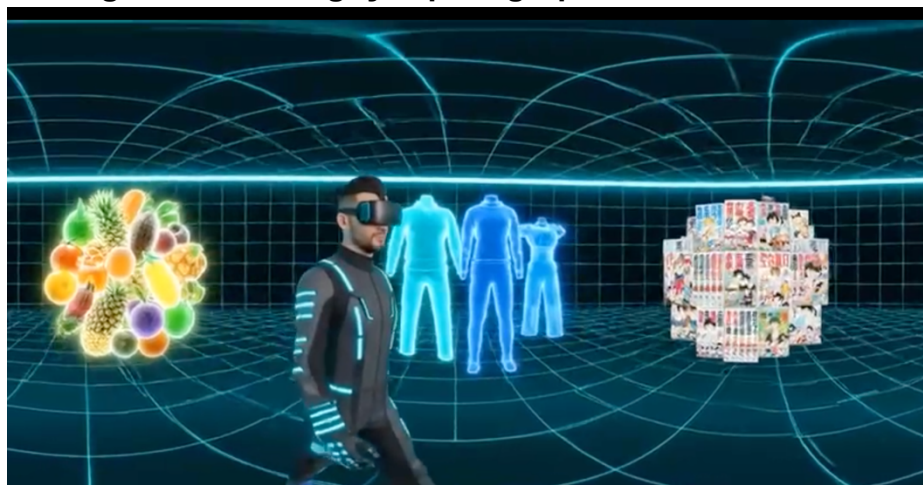
informacional. Contudo, na prática, sua participação foi muitas vezes reduzida a variáveis externas como número de termos digitados, cliques realizados, tempo gasto na tarefa. Em ambientes de realidade virtual, essa concepção precisa ser radicalmente ampliada. O usuário não é apenas um formulador de consultas, mas um corpo imerso, situado em um espaço que responde aos seus gestos, deslocamentos e olhares.

A biossemiótica de Uexküll oferece aqui um aporte fundamental: o usuário em VR é um organismo cujo *Umwelt* determina quais signos do espaço imersivo chegam ao seu ciclo funcional e como eles são interpretados. É nesse sentido que o usuário em VR se aproxima do que Rabello (2017) chama de sujeito informacional: um sujeito cognitivo e intérprete situado que não apenas opera o sistema, mas se apropria ativamente do espaço informacional por meio de seus gestos, olhares e deslocamentos, "atos sígnicos" (PEIRCE, 1931) que o sistema precisa reconhecer e processar.

Essa condição encarnada implica novas formas de participação no processo de recuperação:

- **Movimento e navegação:** ao deslocar-se em um ambiente, o usuário explora documentos como quem percorre corredores ou prateleiras virtuais. O espaço torna-se metáfora da própria busca.
- **Gestos e expressões:** mãos, braços e até expressões faciais podem ser interpretados como sinais de intenção. Um apontar ou um gesto de aproximação podem equivaler a um clique ou a uma seleção.
- **Olhar:** a direção e a fixação ocular tornam-se "índices" (PEIRCE, 1931) de interesse. O tempo de atenção dedicado a um documento pode retroalimentar o sistema, ajustando sua saliência ou refinando recomendações.

Figura 17 – Navegação por agrupamentos temáticos



Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, 2025

Na Figura 17, observa-se um usuário em ambiente imersivo navegando entre agrupamentos temáticos representados por diferentes conjuntos de objetos visuais. A cena traduz de forma prática a ampliação do papel do usuário na recuperação da informação, que deixa de ser apenas formulador de consultas textuais para se tornar um corpo ativo, cujo movimento e olhar estruturam a própria experiência de busca.

A imagem reforça o argumento de que, em realidade virtual, a percepção orienta a relevância e a seleção informacional, transformando o ato de buscar em um processo espacial, gestual e dinâmico. Essa multiplicidade de interações insere o usuário em um ciclo de engajamento que ultrapassa o paradigma textual: o sistema passa a reconhecer não apenas o que ele escreve, mas também como ele se move, olha e gesticula.

Essa característica reforça a necessidade de considerar o estado subjetivo de presença (SLATER; WILBUR, 1997) e de *flow* (CSIKSZENTMIHALYI, 1990) como variáveis críticas para o sucesso da experiência. Outro aspecto essencial é a carga cognitiva: como destacou Sweller (1988), o excesso de estímulos pode saturar a memória de trabalho, e em VR esse risco é potencializado pela simultaneidade de entradas sensoriais. Cabe ao sistema criar mecanismos de apoio que reduzam a carga extrínseca e favoreçam o foco do usuário na tarefa central: a avaliação da relevância da informação.

Em síntese, no modelo proposto, o usuário em VR não é apenas interator externo, mas componente constitutivo do processo. Seu corpo, seus gestos e seu

olhar tornam-se parte ativa da linguagem de busca, e sua experiência perceptiva participa diretamente da construção da relevância expandida.

5.3.4 Expressão de busca

Nos sistemas clássicos de recuperação da informação, a expressão de busca é o meio pelo qual o usuário traduz sua necessidade informacional em termos processáveis pelo sistema. Importa, porém, distinguir três estados do intérprete que precedem ou constituem essa expressão e que os sistemas clássicos tratam de forma indistinta.

O primeiro é a necessidade cognitiva: o estado de incompletude de conhecimento que motiva a busca, descrito por Belkin (1980) como *Anomalous State of Knowledge*, uma lacuna interna que o usuário nem sempre consegue articular formalmente. O segundo é a lacuna informacional consciente: quando o usuário reconhece com clareza o que não sabe e consegue traduzi-lo em uma consulta estruturada. O terceiro é a exploração: a estratégia de busca não linear descrita por Bates (2002) no modelo *berrypicking*, em que o usuário navega pelo espaço informacional sem uma necessidade plenamente definida, recolhendo signos relevantes ao longo do percurso.

Na prática dos sistemas clássicos, essa tradução se dá pela digitação de palavras-chave, pelo uso de operadores booleanos ou por consultas em linguagem natural (FERNEDA, 2013; SALTON; MCGILL, 1983), mecanismos que pressupõem majoritariamente o segundo estado, ignorando os desafios do primeiro e as possibilidades do terceiro. Em ambientes imersivos de VR, os três estados encontram canais de expressão próprios: a necessidade cognitiva pode manifestar-se como hesitação gestual ou desvio do olhar; a lacuna consciente, como consulta vocal ou seleção direta; e a exploração, como deslocamento livre no espaço informacional.

Trata-se de um ponto crítico: se a formulação não corresponde ao modo como os documentos foram representados, o sistema não conseguirá identificar resultados relevantes. A consulta deixa de ser exclusivamente textual e passa a ser constituída por múltiplos códigos semióticos, cada um com sua estrutura de signos e sua lógica de interpretação pelo sistema:

- **Voz:** comandos falados, perguntas em linguagem natural ou até entonações específicas podem ser interpretados pelo sistema como consultas.

- **Gestos:** apontar para uma estante virtual, fazer um movimento de pinça para selecionar um item ou um gesto de afastar para excluir resultados são exemplos de interações que podem equivaler a termos de busca.
- **Deslocamento corporal:** mover-se em direção a um agrupamento de documentos, aproximar-se de uma área temática ou circundar um objeto tridimensional são formas de expressar interesse e refinar a intenção informacional.

Essa expressão multimodal de busca constitui o segundo acréscimo central do modelo conceitual. Diferentemente do teclado e da tela bidimensional, que restringem a expressão da necessidade informacional ao código simbólico verbal, a consulta em VR mobiliza simultaneamente três tipos de signo peirceano (PEIRCE, 1931): os símbolos manifestam-se como comandos vocais e termos de busca falados; os índices, como gestos de apontar, aproximar ou rejeitar documentos, e a direção do olhar.

Os ícones, por sua vez, expressam-se como deslocamentos espaciais que mimetizam a exploração física de um acervo: o usuário que caminha em direção a um *cluster* de documentos está produzindo um signo icônico de aproximação e interesse informacional. O sistema precisa reconhecer cada um desses três tipos como expressões legítimas da necessidade do intérprete e processá-los de forma integrada.

Figura 18 – Seleção de documentos por gesto de apontamento



Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, 2025

Na Figura 18, observa-se um usuário em ambiente virtual selecionando documentos por meio de um simples gesto de apontamento, recurso que simboliza a

expansão das formas de expressão de busca em sistemas imersivos. A cena exemplifica como a consulta deixa de depender exclusivamente de palavras-chave para se tornar multimodal, incorporando gestos, movimentos corporais e até expressões visuais como sinais legítimos de intenção informacional.

A imagem reforça a ideia de que, em VR, a formulação da busca é vivida pelo corpo, transformando a interação em um ato natural e intuitivo que amplia os modos de mediação entre usuário e informação. Ao mesmo tempo, essa multimodalidade reforça a relevância da teoria da carga cognitiva (SWELLER, 1988): quanto mais variados forem os canais de entrada, maior o risco de dispersão.

Cabe ao sistema simplificar a tradução desses inputs, oferecendo mecanismos de apoio (sugestões visuais, feedback de voz ou indicadores espaciais) que ajudem o usuário a perceber se sua intenção foi corretamente compreendida. Na perspectiva biossemiótica de Uexküll, o gesto é sempre um sinal do ciclo funcional, uma resposta do *Innenwelt* ao *Umwelt* percebido.

A expressão de busca em VR atualiza tecnologicamente essa concepção: a necessidade informacional se manifesta não apenas em palavras, mas em movimentos, deslocamentos e orientações que o sistema precisa reconhecer como signos legítimos de intenção. Em síntese, no modelo proposto, a expressão de busca é semiótica, multimodal e situada. O sistema deve reconhecer voz, gestos e deslocamentos não como meros sinais físicos, mas como signos produzidos pelo intérprete no contexto de sua necessidade informacional: símbolos, índices e ícones que compõem uma linguagem de busca corporalmente enraizada, mas semioticamente estruturada.

Esse princípio amplia o escopo da RI ao reconhecer que o intérprete não expressa sua necessidade apenas pela linguagem verbal formal, mas por todo o repertório sógnico que seu ciclo funcional mobiliza no espaço imersivo. O que o modelo insere no núcleo do processo de recuperação da informação não é a corporeidade como dado físico, mas o corpo como produtor de signos, dimensão que os modelos clássicos sistematicamente ignoravam e que os ambientes imersivos tornam operacionalmente indispensável.

5.3.5 Representação da expressão de busca

A representação da expressão de busca constitui um dos maiores desafios nos sistemas de recuperação da informação. Em sua formulação clássica, documentos e consultas são homogeneizados em estruturas comparáveis (vetores de termos, pesos estatísticos ou descritores controlados) para permitir o cálculo de similaridade (SALTON; MCGILL, 1983; BAEZA-YATES; RIBEIRO-NETO, 2011). Assim, a eficácia da recuperação depende não apenas da representação dos documentos, mas também da forma como a necessidade do usuário é formalizada no sistema (FERNEDA, 2013).

Em ambientes de realidade virtual, esse desafio se amplia. A expressão de busca, agora multimodal, deve ser traduzida em representações lógicas compatíveis com aquelas dos documentos. Trata-se de um processo híbrido, que precisa respeitar a riqueza da manifestação corporal e, ao mesmo tempo, formalizá-la em estruturas computacionais. Podemos identificar três níveis principais nesse processo:

1. **Captura multimodal** – O sistema reconhece sinais de entrada variados: áudio (voz), rastreamento de movimentos (gestos), sensores espaciais (deslocamentos, foco do olhar). Cada um desses sinais é registrado como um dado bruto.
2. **Interpretação semântica** – Esses sinais são convertidos em comandos ou termos equivalentes. Um gesto de apontar pode ser traduzido como “selecionar documento X”; um deslocamento em direção a uma área temática pode equivaler a “expandir cluster Y”; uma pergunta oral pode ser transformada em um vetor de termos.
3. **Representação formal** – Por fim, o sistema gera uma estrutura compatível com os modelos de RI (vetorial, probabilístico, semântico), permitindo o cálculo de correspondência com os documentos. É nessa etapa que a subjetividade encarnada da consulta encontra os critérios técnicos de representação.

Esse processo demanda um equilíbrio delicado: se a tradução for excessivamente rígida, perde-se a riqueza da interação experiencial; se for demasiado flexível, corre-se o risco de ruído e dispersão. Por isso, o modelo conceitual defende a integração de **feedbacks perceptivos imediatos** (iluminação, zoom, destaque de

objetos) para indicar ao usuário como sua expressão foi compreendida e representada. Esse mecanismo reduz a carga cognitiva extrínseca (SWELLER, 1988) e aumenta a transparência da interação.

Na perspectiva biossemiótica de Uexküll, o gesto é sempre um signo do ciclo funcional: não uma descarga muscular, mas uma ação portadora de significado dentro do *Umwelt* do sujeito. Em VR, esse princípio ganha dimensão técnica: os gestos, olhares e deslocamentos não são ruídos paralelos, mas partes constitutivas da linguagem de busca. Representá-los é reconhecer que a necessidade de informação se expressa tanto pela palavra quanto pelo corpo.

Assim, no modelo proposto, a representação da expressão de busca é concebida como um processo **multimodal, adaptativo e retroalimentado**. Multimodal, porque reconhece diferentes canais de entrada; adaptativo, porque ajusta a formalização ao perfil e contexto do usuário; e retroalimentado, porque devolve ao usuário sinais perceptivos que confirmam ou corrigem a interpretação do sistema.

5.3.6 Função de busca

A função de busca constitui o núcleo operacional de qualquer sistema de recuperação da informação. Nos modelos clássicos, sua finalidade é comparar a representação dos documentos com a representação da consulta, atribuindo graus de similaridade e ordenando os resultados conforme sua relevância presumida. Salton e McGill (1983) formalizaram essa estrutura em modelos como o vetorial, enquanto Baeza-Yates e Ribeiro-Neto (2011) consolidaram a visão contemporânea de que as funções de busca são indispensáveis para a mediação entre usuário e corpus.

Entretanto, a passagem para ambientes de realidade virtual exige que tais funções sejam repensadas. O cálculo algorítmico continua central (sem ele não há como ordenar ou selecionar resultados), mas agora ele é atravessado por uma **camada experiencial de refinamento**. Essa camada introduz um **laço de feedback perceptivo** no processo de busca, de modo que a interação não se esgote no retorno algorítmico, mas seja continuamente ajustada pela experiência sensorial do usuário. Entre os mecanismos desse laço, destacam-se:

- **Foco visual:** documentos que recebem maior fixação ocular podem ser realçados pelo sistema, indicando pertinência perceptiva.

- **Zoom espacial:** a aproximação física do usuário a um conjunto de documentos pode acionar o refinamento automático da função de busca, concentrando resultados naquele cluster.
- **Iluminação e saliência:** recursos gráficos como luz, cor ou brilho podem destacar documentos que se aproximam do perfil de interesse detectado, reduzindo o esforço cognitivo do usuário para identificar relevância (SWELLER, 1988).

Esse processo não substitui os algoritmos de similaridade clássicos, mas os enriquece com índices sensório-motores. Em vez de uma correspondência estática, temos uma correspondência dinâmica e adaptativa, em que a função de busca responde a sinais de interação corporal, índices no sentido peirceano, produzidos pelo ciclo funcional do usuário (UEXKÜLL, 1926), e estados de presença (SLATER; WILBUR, 1997). A noção de relevância expandida (SARACEVIC, 2007) se manifesta aqui de forma plena: não basta que o documento seja semanticamente adequado; ele deve também ser perceptivamente acessível, motoramente alcançável e experiencialmente coerente com a trajetória do usuário.

O laço experiencial das funções de busca garante que esses diferentes níveis sejam integrados em tempo real, transformando o *matching* em uma coreografia contínua entre corpo, ambiente e algoritmo. Em síntese, no modelo conceitual proposto, as funções de busca deixam de ser apenas operadores invisíveis do sistema e passam a ser mediadores sensório-algorítmicos, em que o cálculo de similaridade se combina com feedbacks perceptivos imediatos. Esse princípio amplia a eficácia da recuperação em VR, reduzindo a carga cognitiva extrínseca e promovendo um fluxo mais natural de exploração informacional (CSIKSZENTMIHALYI, 1990).

5.3.7 Resultados da busca

Nos sistemas clássicos de recuperação da informação, os resultados costumam ser apresentados em listas lineares ordenadas por uma métrica de relevância, em geral, um escore atribuído pela função de busca (SALTON; MCGILL, 1983; BAEZA-YATES; RIBEIRO-NETO, 2011). Essa abordagem é simples e eficiente, mas também limitada: diante de grandes volumes de documentos, o usuário encontra dificuldades para compreender relações entre os itens, identificar padrões ou navegar

em resultados extensos. Interfaces gráficas mais avançadas, como mapas conceituais, agrupamentos por tópicos e representações bidimensionais, já buscaram superar essas limitações (HEARST, 2009). Contudo, mesmo nesses casos, o espaço continua sendo plano e textual, restringindo-se à visualização em tela.

Em ambientes de realidade virtual, os resultados da busca passam a ser concebidos como paisagens informacionais navegáveis. Em vez de uma lista, o usuário encontra um espaço tridimensional no qual documentos, objetos e *clusters* se distribuem segundo critérios semânticos e perceptivos. Essa nova lógica de apresentação oferece ao usuário não apenas acesso a itens isolados, mas uma visão de conjunto que favorece a exploração e a descoberta. Entre as possibilidades de organização desses resultados em VR, destacam-se:

- **Clusters espaciais:** documentos relacionados são agrupados em regiões próximas, permitindo que o usuário “caminhe” entre áreas temáticas.
- **Mapas tridimensionais:** resultados são distribuídos em eixos semânticos, possibilitando ao usuário perceber gradientes de similaridade e distância conceitual.
- **Objetos manipuláveis:** documentos podem aparecer como livros, caixas, ícones ou esferas que o usuário segura, abre e explora, objetos sónicos que entram no *Umwelt* do usuário e ativam seu ciclo funcional de seleção e interpretação (UEXKÜLL, 1926).
- **Feedback dinâmico:** a seleção ou aproximação de um documento pode ativar mecanismos de foco, zoom ou iluminação, reforçando sua saliência e reduzindo o esforço cognitivo de triagem (SWELLER, 1988).

Figura 19 – Resultados organizados em clusters conceituais 3D



Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, 2025

Na Figura 19, observa-se um usuário interagindo com resultados de busca dispostos em *clusters* tridimensionais, que se organizam em torno de eixos conceituais. Essa representação rompe com a lógica linear das listas tradicionais e evidencia o potencial da realidade virtual em oferecer uma visão panorâmica do espaço informacional. Ao permitir que o usuário explore relações de proximidade, similaridade e contraste entre documentos, a imagem ilustra como a organização espacial em VR amplia as condições de descoberta e reduz o esforço cognitivo, transformando a recuperação da informação em uma experiência de navegação imersiva e intuitiva.

Essa transformação opera sobre o conceito de relevância expandida, já definido neste capítulo a partir de suas quatro dimensões complementares (semântica, perceptiva, motora e experiencial), que juntas constituem o critério central pelo qual o modelo proposto avalia a qualidade de um sistema de RI em ambientes imersivos.

Ao permitir a exploração não linear, o modelo se aproxima da proposta de *berrypicking* de Bates (2002), em que a busca é um processo exploratório e dinâmico, feito de sucessivas reformulações. Em VR, essa característica encontra um terreno natural: o usuário pode coletar informações dispersas enquanto navega, reinterpretando sua necessidade e reconfigurando continuamente sua trajetória de busca. Deste modo, no modelo conceitual proposto, os resultados deixam de ser simples listagens para se tornarem ecossistemas informacionais imersivos. Essa mudança não elimina os fundamentos algorítmicos da área, mas os complementa com metáforas espaciais e perceptivas que aproximam a experiência do usuário do modo como o conhecimento é construído no mundo vivido.

5.3.8 Interfaces

Nos sistemas clássicos de recuperação da informação, as **interfaces** são tradicionalmente divididas em dois tipos: a interface de busca, que auxilia o usuário a expressar sua necessidade informacional, e a interface de resultados, que organiza e apresenta os documentos recuperados (FERNEDA, 2013). Seu papel é o de mediar a comunicação entre usuário e sistema, garantindo que consultas sejam formuladas de modo compreensível e que os resultados possam ser avaliados em termos de relevância.

Em ambientes bidimensionais, essa mediação ocorre por meio de caixas de texto, menus, filtros, botões e listagens. Avanços posteriores trouxeram recursos mais dinâmicos, como sugestões automáticas de termos, agrupamentos temáticos, visualizações gráficas e mecanismos de refinamento iterativo (HEARST, 2009). Ainda assim, o paradigma permanece **restrito à tela plana**, no qual o corpo do usuário tem pouca participação.

Na realidade virtual, essa lógica se transforma de forma estrutural e epistemologicamente significativa. A interface deixa de ser um painel intermediário que separa o usuário do corpus documental para se tornar o próprio espaço semiótico em que a busca acontece. Essa mudança não é apenas tecnológica: é uma reconfiguração do ciclo sógnico. Em vez de o intérprete operar sobre representações de documentos exibidas numa tela, ele habita um *Umwelt* informacional construído pelo sistema, no qual os signos dos documentos estão distribuídos espacialmente ao seu redor e respondem aos seus atos sógnicos em tempo real.

O usuário não interage mais apenas com menus ou campos de texto, mas com espaços imersivos tridimensionais que acolhem documentos, consultas e resultados. Nesse novo paradigma, a interface é o mundo em que a recuperação da informação acontece. Essa mudança implica várias características específicas:

- **Interface encarnada:** a interação se dá por meio do corpo, que passa a ser a principal ferramenta de mediação. Gestos, olhares e movimentos são atos sógnicos, índices que o sistema interpreta como expressões da necessidade informacional do usuário (UEXKÜLL, 1926; PEIRCE, 1931).
- **Interface ambiental:** documentos e resultados são distribuídos no espaço, e o usuário navega entre eles como quem percorre uma biblioteca ou museu virtual. A interface é, portanto, **arquitetura informacional**.
- **Interface adaptativa:** o sistema ajusta saliência, iluminação, zoom e posição de documentos conforme o comportamento perceptivo do usuário. Esse mecanismo, ao reduzir a carga cognitiva extrínseca (SWELLER, 1988), permite que a atenção se concentre no conteúdo.
- **Interface de presença:** como destacam Slater e Wilbur (1997), a imersão só se torna significativa se gerar presença. Logo, a interface deve ser

desenhada para preservar a sensação de estar-no-ambiente, garantindo coerência espacial, responsividade e continuidade experiencial.

Essa concepção de interface em VR também se articula à noção de *flow* (CSIKSZENTMIHALYI, 1990), pois ambientes bem projetados oferecem desafios equilibrados às habilidades do usuário, mantendo seu engajamento. Se a interface é confusa ou excessivamente complexa, o fluxo se rompe; se é clara e responsiva, o usuário experimenta prazer e eficácia em sua trajetória informacional.

Assim, no modelo conceitual proposto, a interface em VR não é mais uma janela de acesso a um corpus externo, mas o próprio espaço semiótico em que o ciclo completo da RI se realiza. Isso implica uma reconfiguração das fronteiras clássicas entre interface de busca e interface de resultados: em ambientes imersivos, essas duas funções não desaparecem, mas se fundem num continuum semiótico.

O usuário não formula uma consulta, aguarda resultados e os avalia em etapas separadas: ele produz signos de necessidade pelo corpo, o sistema responde com signos de relevância no espaço, e o intérprete avalia e refina em tempo real, num ciclo sígnico contínuo e retroalimentado. A distinção relevante não é mais entre busca e resultado, mas entre diferentes momentos do ciclo sígnico: produção de signos de intenção pelo intérprete, processamento pelo sistema, devolução de signos de relevância e refinamento a partir do feedback perceptivo. A interface em VR é o espaço onde esse ciclo acontece: simultaneamente canal semiótico e *Umwelt* informacional construído para o usuário.

5.3.9 Síntese integradora do modelo

A transposição dos elementos clássicos de Ferneda (2013) para o ambiente imersivo de realidade virtual mostra que a recuperação da informação não perde sua **estrutura conceitual**, mas passa a ser atravessada por novas dimensões. Documentos, representação, usuário, expressão, função de busca, resultados e interfaces continuam presentes, porém expandidos por três princípios inéditos: **metadados espaciais**, **expressão multimodal de busca** e **laço experiencial de refinamento**.

Tal ampliação dá corpo à noção de **relevância expandida**, na qual a pertinência de um documento não se limita ao conteúdo semântico, mas envolve também:

- a **compatibilidade perceptiva** (clareza, saliência, legibilidade espacial);
- a **compatibilidade motora** (alcance, gestos, navegação corporal);
- a **continuidade experiencial** (coerência do ambiente com a intenção da busca).

O modelo conceitual proposto pode ser visualizado como um ciclo dinâmico, no qual:

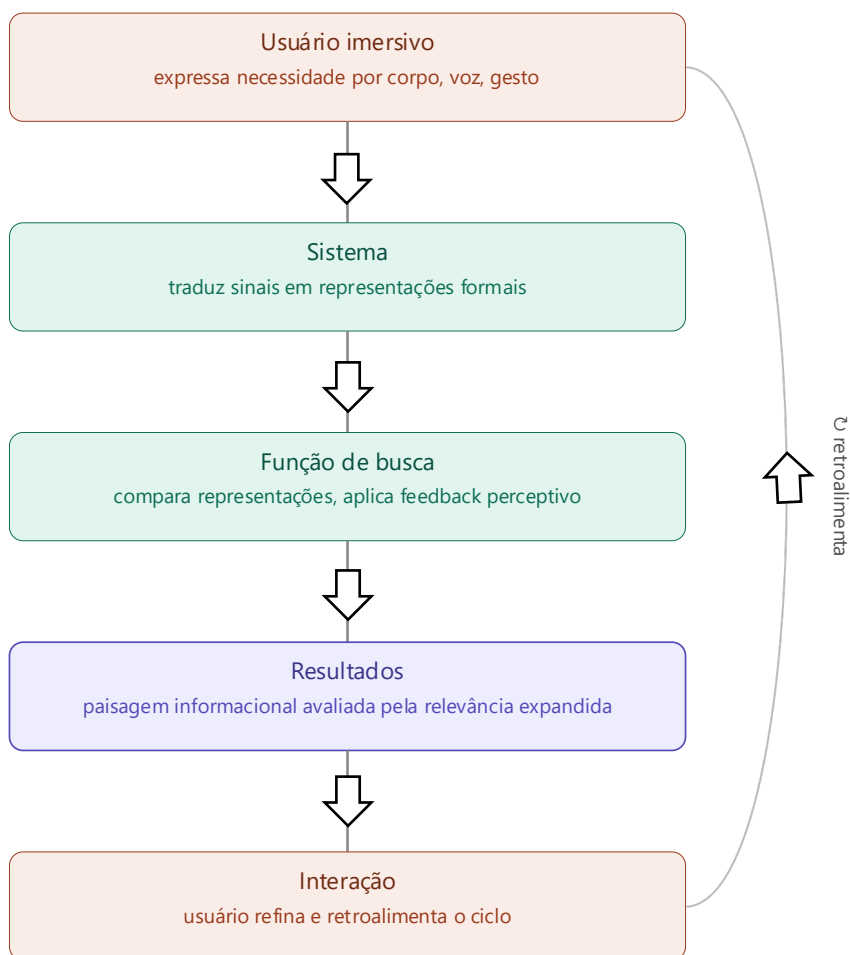
- usuário imerso, encarnado no ambiente, expressa sua necessidade por múltiplos canais (texto, voz, gesto, deslocamento).
- sistema traduz essa expressão em representações formais, comparáveis às representações documentais.
- a função de busca realiza o cálculo algorítmico, mas devolve resultados já mediados por feedbacks perceptivos.
- os resultados emergem em paisagens informacionais tridimensionais, que o usuário percorre e manipula.
- a interação retroalimenta o processo, permitindo refinamentos contínuos e adaptativos.

Diferentemente do paradigma bidimensional, no qual o usuário observa listas em uma tela, em VR ele habita o espaço da informação. A recuperação da informação deixa de ser um processo restrito à correspondência entre signos simbólicos verbais (palavras-chave, operadores booleanos, descritores) para se tornar um processo semiótico pleno (PEIRCE, 1931). Nesse novo paradigma, três tipos de signo operam simultaneamente: símbolos, na expressão verbal da necessidade informacional; índices, nos gestos, deslocamentos e orientações do olhar que revelam o interesse do intérprete; e ícones, na navegação espacial que mimetiza a exploração física de um acervo, o usuário que se desloca em direção a uma região temática está produzindo um signo de intenção tão legítimo quanto uma consulta digitada.

Essa expansão semiótica não abandona a linguística: preserva a dimensão simbólico-verbal como uma das camadas do processo, mas a situa num quadro mais amplo, no qual o corpo do intérprete é também produtor legítimo de signos informacionais e o espaço imersivo é também portador de índices de relevância. É

essa passagem de uma semiótica restrita ao símbolo verbal para uma semiótica plena que distingue o paradigma imersivo do paradigma bidimensional.

Figura 20 - Ciclo do modelo conceitual de recuperação da informação em VR



Símbolos, índices e ícones peirceanos operam simultaneamente em cada etapa do ciclo

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, 2026

Como ilustra a Figura 20, o modelo opera como um ciclo contínuo e retroalimentado, não como uma sequência linear de etapas isoladas: o usuário imersivo expressa sua necessidade pelo corpo, o sistema traduz esses sinais em representações formais, a função de busca compara e devolve resultados já mediados por feedback perceptivo, e os resultados emergem como paisagem informacional avaliada pelos quatro critérios da relevância expandida. A interação do usuário com esses resultados retroalimenta o ciclo, reiniciando o processo a partir de um estado

de conhecimento já modificado. Essa estrutura cíclica não é uma escolha meramente gráfica: ela reproduz, em escala informacional, a própria lógica da semiose ilimitada de Peirce (1931), segundo a qual cada interpretante gerado se torna, por sua vez, um novo signo que demanda nova interpretação. É por isso que o modelo proposto nesta tese não pode ser representado como um fluxo linear com início e fim, como os modelos clássicos de RI discutidos no Capítulo 4: o ciclo sógnico da busca em VR não se esgota numa resposta final, mas se refina indefinidamente a cada volta.

5.4 Considerações

O percurso desenvolvido neste capítulo teve como objetivo propor um **modelo conceitual de recuperação da informação em ambientes de realidade virtual**, resultado da integração entre fundamentos clássicos da Ciência da Informação e aportes teóricos da filosofia, da psicologia cognitiva e dos estudos sobre presença e experiência imersiva. Essa síntese demonstra que o modelo não é uma ruptura, mas uma continuidade ampliada: preserva os pilares da Ciência da Informação, mas os expande a partir de quatro contribuições teóricas articuladas.

A biossemiótica de Uexküll (1926) fornece o fundamento para compreender o usuário como intérprete situado cujo *Umwelt* determina quais signos do espaço imersivo se tornam sinais funcionais de relevância. A psicologia cognitiva, por meio da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird (1980) e da teoria da carga cognitiva de Sweller (1988), explica os limites e as condições do processamento interpretativo do usuário diante da densidade semiótica dos ambientes imersivos. A teoria do *flow* de Csikszentmihalyi (1990) define a condição de engajamento ótimo em que o intérprete processa signos de relevância com máxima eficácia e mínima carga extrínseca. E os estudos de presença e imersão de Slater e Wilbur (1997) estabelecem a distinção entre a qualidade dos signos oferecidos pelo sistema e o estado subjetivo do intérprete que os processa. Juntas, essas contribuições constroem o arcabouço teórico pelo qual o modelo proposto expande a RI clássica sem romper com seus fundamentos epistemológicos.

Partindo dos elementos sistematizados por Ferneda (2013), documentos, representação dos documentos, usuário, expressão de busca, representação da expressão, função de busca, resultados e interfaces, mostrou-se como cada um deles pode ser reinterpretado em chave imersiva. A essa transposição foram acrescentados

três componentes específicos para a VR: os **metadados espaciais** na representação documental, a **expressão de busca multimodal** e o **laço experiencial de refinamento**, constituindo uma ampliação que dá corpo ao conceito de **relevância expandida**.

O modelo não rompe com a tradição epistemológica da Ciência da Informação, mas a expande em uma dimensão precisa: incorpora ao processo de recuperação da informação os signos que os modelos clássicos sistematicamente excluía. Onde os sistemas bidimensionais reconheciam apenas signos simbólicos verbais como expressões legítimas de necessidade informacional, o modelo proposto reconhece também índices gestuais e espaciais, e ícones de deslocamento e exploração como dimensões constitutivas do ciclo sógnico da busca.

O que antes se realizava em listas lineares e consultas textuais passa a ocorrer num espaço semiótico tridimensional, no qual o intérprete produz signos pelo corpo, o sistema os processa como expressões de intenção informacional e devolve signos de relevância distribuídos no *Umwelt* informacional construído para o usuário. Essa expansão não é tecnológica, é epistemológica: ela redefine o que conta como expressão de busca, o que conta como representação documental e o que conta como julgamento de relevância na Ciência da Informação. A recuperação da informação deixa de ser apenas uma operação algorítmica de *matching* e se torna uma experiência situada, em que percepção, cognição e movimento se entrelaçam.

6 O MODELO COMO FRAMEWORK ANALÍTICO

O modelo proposto se apresenta, nesta etapa da pesquisa, como um framework analítico para a Ciência da Informação, com uma função primária: servir como instrumento de avaliação crítica de sistemas de recuperação da informação em ambientes imersivos, permitindo identificar quais dimensões semióticas, perceptivas e experienciais (incluindo os critérios de relevância expandida) são contempladas por um sistema e quais permanecem ausentes. O potencial do modelo como guia metodológico para o desenvolvimento de novos sistemas imersivos é discutido nas considerações finais como agenda para pesquisas futuras, dependente de validação empírica ainda não realizada.

6.1 Etapas operacionais

1. Mapeamento cognitivo do usuário

- Identificar perfis, níveis de expertise e limitações cognitivas.
- Considerar os modelos mentais (JOHNSON-LAIRD, 1980) que orientam a compreensão do domínio.
- Prever estratégias de mitigação da sobrecarga cognitiva (SWELLER, 1988).

2. Configuração sensorial e espacial do ambiente

- Definir níveis de imersão necessários à tarefa (SLATER; WILBUR, 1997).
- Estabelecer metáforas espaciais para organização da informação (clusters, mapas 3D, estantes virtuais).
- Incluir recursos de presença e coerência ambiental, assegurando que os signos do espaço imersivo sejam compatíveis com o *Umwelt* do usuário-alvo (UEXKÜLL, 1926).

3. Representação dos documentos e metadados espaciais

- Além de autor, título e assunto, registrar posição, proximidade e orientação no espaço.
- Permitir que tais atributos sejam usados como índices de relevância expandida.

4. Expressão de busca multimodal

- Reconhecer voz, gestos e deslocamentos como símbolos, índices e ícones no sentido peirceano, expressões legítimas da necessidade informacional do intérprete (PEIRCE, 1931; UEXKÜLL, 1926).
- Prever tradutores semânticos que convertam esses sinais em representações formais compatíveis com algoritmos de RI.

5. Funções de busca com laço experiencial de refinamento

- Manter o rigor algorítmico (SALTON; MCGILL, 1983; BAEZA-YATES; RIBEIRO-NETO, 2011).
- Acrescentar mecanismos de feedback perceptivo (zoom, iluminação, foco) para guiar o usuário.
- Avaliar continuamente a pertinência sob a ótica da relevância expandida (SARACEVIC, 2007).

6. Apresentação dos resultados como paisagens informacionais

- Substituir listas lineares por ambientes tridimensionais exploráveis.
- Adotar metáforas espaciais que permitam ao usuário navegar, manipular e comparar documentos.

7. Interfaces como ecossistemas informacionais

- Integrar todos os elementos em um espaço coerente, responsivo e adaptativo.
- Garantir a sensação de fluxo (CSIKSZENTMIHALYI, 1990), evitando tanto trivialidade quanto sobrecarga.

6.2 Funções do *framework*

O modelo proposto destina-se primariamente à Ciência da Informação como instrumento de análise e avaliação de sistemas de recuperação da informação em ambientes imersivos. Para os pesquisadores da área, ele funciona como um quadro analítico que permite avaliar criticamente de que forma cada elemento clássico da RI, documentos, representação, usuário, expressão de busca, função de busca, resultados e interfaces (FERNEDA, 2013), foi transposto e expandido no contexto imersivo.

Para os avaliadores de experiência do usuário, oferece critérios de observação que combinam métricas técnicas, como precisão e revocação, com métricas experienciais, como presença, estado de *flow* e carga cognitiva, garantindo uma avaliação mais abrangente da qualidade informacional em VR, condições que, sob a perspectiva semiótica peirceana, determinam se o intérprete consegue processar os signos do espaço imersivo como sinais funcionais de relevância (PEIRCE, 1931; UEXKÜLL, 1926).

6.3 Síntese do *framework*

Assim, o modelo ultrapassa a condição de proposta conceitual e se consolida como instrumento de avaliação crítica, com potencial a ser explorado em pesquisas futuras para orientar práticas de desenvolvimento em diferentes contextos. Ele preserva a coerência com os pilares clássicos da recuperação da informação (FERNEDA, 2013) e, ao mesmo tempo, incorpora variáveis sensório-motoras que permitem pensar a busca como experiência encarnada (UEXKÜLL, 1926). Mais do que um diagrama, trata-se de uma linguagem compartilhada que possibilita o diálogo entre filosofia, ciência da informação, semiótica, psicologia cognitiva e design de sistemas.

6.4 Discussão do modelo diante dos desafios contemporâneos

A proposição do modelo conceitual de recuperação da informação em realidade virtual deve ser analisada não apenas como uma construção teórica, mas como resposta a desafios concretos que caracterizam a contemporaneidade informacional. Essa seção discute como os princípios de relevância expandida, multimodalidade e feedback experiencial contribuem para enfrentar questões cruciais do campo.

6.4.1 Explosão informacional e complexidade dos dados

A sociedade contemporânea vive a chamada explosão informacional, marcada pelo crescimento exponencial da produção de dados em múltiplos formatos. Textos, imagens, sons, vídeos, ambientes simulados e objetos tridimensionais coexistem em fluxos ininterruptos, compondo aquilo que Castells (2012) chamou de "espaço de fluxos".

Frente a essa multiplicidade, os modelos clássicos de RI baseados em listas e termos indexados tornam-se insuficientes. O modelo proposto responde a essa complexidade ao introduzir metáforas espaciais tridimensionais que permitem organizar documentos em paisagens navegáveis. A informação deixa de ser apenas lista e passa a ser ecossistema visual e perceptivo, no qual a proximidade espacial e a saliência perceptiva são índices de relevância. Desse modo, a explosão informacional não é apenas problema de volume, mas oportunidade para explorar formas mais ricas de organização.

6.4.2 A questão da relevância

Como mostrou Saracevic (1996), a relevância é um conceito multifacetado, que envolve dimensões cognitivas, situacionais, afetivas e sistêmicas. Nos sistemas clássicos, tais dimensões foram frequentemente reduzidas a métricas algorítmicas de similaridade. No entanto, em ambientes imersivos, torna-se evidente que a relevância não pode ser limitada ao semântico: ela também é perceptiva, motora e experiencial.

O modelo conceitual incorpora a noção de **relevância expandida**, na qual a pertinência de um documento depende de sua clareza perceptiva, de sua acessibilidade gestual e da coerência do ambiente com a intenção da busca. Essa ampliação não elimina a semântica, mas a complementa, aproximando o conceito de relevância do modo como os usuários de fato vivenciam a interação informacional.

6.4.3 Corporeidade da percepção e experiência do usuário

Outro desafio contemporâneo é reconhecer que a busca por informação não é apenas ato cognitivo, mas experiência vivida. A biossemiótica de Uexküll demonstrou que cada organismo percebe apenas o que seu *Umwelt* lhe permite perceber, e que essa percepção é sempre funcional, orientada para a ação.

Os estudos sobre imersão e presença (SLATER; WILBUR, 1997) confirmam que a VR pode gerar estados de "estar-no-ambiente" comparáveis à realidade física, exatamente porque oferece ao ciclo funcional do usuário sinais coerentes o suficiente para serem integrados ao seu *Innenwelt*. O modelo proposto incorpora esse princípio ao reconhecer o corpo do intérprete como produtor de signos no processo de recuperação da informação.

O olhar, os gestos e o deslocamento não são ruídos paralelos ao processo informacional, mas atos sógnicos legítimos: índices que expressam a necessidade informacional do usuário antes mesmo de qualquer verbalização formal, e que o sistema precisa reconhecer e processar como expressões válidas da consulta. O laço experiencial de feedback (luz, zoom e foco) retroalimenta o ciclo sógnico entre intérprete e sistema, reduzindo a carga cognitiva extrínseca (SWELLER, 1988) e sustentando o estado de *flow* (CSIKSZENTMIHALYI, 1990) em que o intérprete processa signos de relevância com máxima eficácia.

Essa concepção reconhece que a busca informacional em VR é simultaneamente cognitiva, semiótica e situada: cognitiva porque mobiliza modelos mentais e capacidade de julgamento; semiótica porque opera sobre signos de múltiplos tipos produzidos pelo intérprete e devolvidos pelo sistema; e situada porque o *Umwelt* do usuário determina quais desses signos se tornam sinais funcionais de relevância no contexto específico da busca.

6.4.4 Ética, privacidade e responsabilidade

O avanço da realidade virtual também coloca novos desafios éticos. A coleta de dados em VR envolve não apenas cliques ou termos digitados, mas também trajetórias espaciais, movimentos corporais e até respostas fisiológicas. Esses dados ampliam o potencial de personalização, mas também aumentam riscos de invasão de privacidade, manipulação comportamental e reforço de vieses.

O modelo aqui proposto não resolve esses problemas por si só, mas ao explicitar dimensões perceptivas e motoras como parte da relevância, permite que critérios éticos e de transparência sejam integrados ao design dos sistemas. Tornar visível para o usuário como seus gestos e olhares são interpretados é uma exigência metodológica e ética, essencial para que a CI mantenha sua vocação crítica.

6.4.5 Originalidade e potencial de aplicação

Cabe destacar a originalidade do modelo: ao transpor os oito elementos de Ferneda (2013) para o contexto imersivo, mantendo coerência com os fundamentos clássicos da Ciência da Informação e, ao mesmo tempo, integrando aportes da biossemiótica e da semiótica peirceana, da psicologia cognitiva e da teoria da presença, a proposta constitui-se como um novo enquadramento teórico-metodológico para o campo.

O potencial de aplicação do modelo é amplo e se concretiza de forma específica em cada contexto. Em bibliotecas digitais imersivas, o modelo orienta a avaliação de como o espaço tridimensional organiza os signos documentais: se a posição, a proximidade e a saliência dos objetos informacionais são coerentes com o *Umwelt* dos usuários-alvo e se o ciclo sógnico da busca se realiza com eficácia.

Em repositórios acadêmicos em VR, oferece critérios para avaliar se a representação dos documentos contempla metadados espaciais suficientes para que o intérprete identifique relevância por índices perceptivos, e não apenas por correspondência semântica. Em sistemas de treinamento corporativo baseados em simulações, permite analisar se os signos do ambiente imersivo são calibrados ao *Umwelt* dos usuários em formação, reduzindo a carga cognitiva extrínseca e favorecendo o estado de *flow*.

Em ambientes educacionais de aprendizagem ativa, fornece um quadro analítico para avaliar se a organização informacional do espaço imersivo apoia a construção de modelos mentais progressivamente mais elaborados, na direção platônica da ascensão dos signos sensíveis aos objetos inteligíveis. Em todos esses contextos, o modelo funciona como instrumento de análise crítica e de fundamentação epistemológica para a Ciência da Informação.

A discussão evidencia que o modelo conceitual de recuperação da informação em VR não é apenas uma extrapolação imaginativa, mas uma resposta fundamentada a desafios contemporâneos: a explosão informacional, a complexidade da relevância, a corporeidade da percepção e as questões éticas da coleta de dados sensório-motores. Sua força está em integrar a tradição da Ciência da Informação com a emergência das tecnologias imersivas, oferecendo um caminho para pensar e projetar sistemas de busca que sejam ao mesmo tempo eficientes, significativos e humanos.

6.5 Considerações

Em termos práticos, o modelo pode servir tanto como framework analítico, permitindo que pesquisadores avaliem criticamente sistemas de recuperação em VR, quanto como guia metodológico, oferecendo critérios para o design de novas interfaces de busca imersiva. Ao mesmo tempo, constitui uma contribuição teórica original, ao integrar variáveis sensório-motoras e experienciais no núcleo conceitual da recuperação da informação.

O percurso desenvolvido neste capítulo teve como objetivo consolidar, na forma de um framework analítico operacional, o modelo conceitual já fundamentado no Capítulo 5, articulando os fundamentos epistemológicos da Ciência da Informação, a biossemiótica de Uexküll (1926), a semiótica peirceana, a psicologia cognitiva e os estudos de presença e *flow* em um conjunto de etapas aplicáveis à avaliação e ao design de sistemas de RI em VR.

Do ponto de vista teórico, a proposta reafirma a pertinência da Ciência da Informação em dialogar com outras áreas como filosofia, semiótica, psicologia cognitiva e ciência da computação, sem perder sua especificidade. Do ponto de vista metodológico, o modelo oferece um **framework aberto** que pode orientar tanto a análise crítica de sistemas já existentes quanto o desenvolvimento de novos ambientes de busca em VR. Cabe enfatizar, ainda, que a contribuição não está em substituir os algoritmos e estruturas tradicionais de RI, mas em enriquecê-los com variáveis perceptivas e motoras, capazes de tornar a busca mais intuitiva, engajadora e eficiente. Trata-se de reconhecer que a informação, em ambientes imersivos, não é apenas representada: ela é vivida.

Por fim, este capítulo prepara a transição para as conclusões da tese. Ao propor um modelo conceitual fundamentado e aberto à experimentação, estabelece-se um ponto de partida para validações empíricas futuras, que poderão testar sua aplicabilidade em diferentes contextos (da educação imersiva às bibliotecas digitais em VR, dos repositórios acadêmicos às simulações corporativas). Assim, consolida-se a tese de que a realidade virtual representa não apenas um novo suporte tecnológico, mas um novo paradigma para a recuperação da informação, no qual a relevância é expandida e a experiência do usuário é reconhecida como dimensão central da mediação informacional.

7 CONCLUSÃO

A presente pesquisa partiu de uma constatação epistemológica precisa: os modelos clássicos de recuperação da informação, consolidados para interfaces bidimensionais, foram construídos sobre uma concepção de signo restrita à linguagem verbal e à estrutura lógico-formal. Essa concepção, produtiva e rigorosa para o contexto em que foi desenvolvida, revela lacunas estruturais diante dos ambientes imersivos de realidade virtual, espaços onde o signo não é apenas verbal, mas espacial, gestual e perceptivo, e onde o usuário não é apenas um formulador de consultas, mas um intérprete situado cujo ciclo funcional determina o que se torna sinal de relevância. A hipótese que orientou esta investigação, de que os modelos tradicionais de RI são insuficientes para explicar a experiência informacional em ambientes imersivos, sendo necessário um novo enquadramento teórico que integre os fundamentos epistemológicos da CI com a semiótica peirceana e a biossemiótica de Uexküll, foi sustentada ao longo dos seis capítulos da tese por meio de argumentação teórica rigorosa, revisão bibliográfica interdisciplinar e análise crítica dos modelos existentes.

7.1 O percurso filosófico e sua contribuição para a CI

O segundo capítulo estabeleceu as bases filosóficas do modelo a partir de três perspectivas articuladas, Platão, Descartes e Uexküll, lidas sob o eixo interpretativo da semiótica peirceana e complementadas pela distinção ontológica de Pierre Lévy entre virtual e real. Platão, ao propor diferentes graus de mediação entre o mundo sensível e o inteligível, ofereceu à CI uma chave para pensar a representação documental como sempre parcial: nenhum signo esgota seu objeto, assim como nenhuma sombra esgota a figura que a projeta. Essa gradação semiótica ressoa diretamente no problema central da RI, a impossibilidade de qualquer representação documental esgotar o objeto informacional que representa, e encontra na VR uma manifestação tecnológica explícita: o documento imersivo existe em diferentes graus

de saliência e acessibilidade no espaço tridimensional, oferecendo ao intérprete percursos graduais de acesso ao objeto informacional buscado.

Descartes, com sua exigência de representações claras e distintas como fundamento do conhecimento, antecipou a preocupação com a qualidade e a precisão dos sistemas de indexação e recuperação, uma exigência que a VR radicaliza ao demonstrar que ambientes construídos digitalmente podem produzir experiências perceptivas e informacionais genuínas. Sob a lente de Pierre Lévy, o virtual não é ilusão nem imitação do real: é uma modalidade ontológica própria, que se atualiza em experiência genuína no momento da interação. Essa distinção libera a análise da VR do paradigma da ilusão e a reposiciona no paradigma da produção de realidade, com consequências diretas para a legitimidade epistemológica dos ambientes imersivos como espaços de mediação informacional.

Como estabelecido a partir da biossemiótica de Uexküll (1926), o *Umwelt* do usuário determina quais elementos do espaço informacional se tornam sinais funcionais de relevância: quais documentos existem para ele, quais metáforas espaciais fazem sentido, quais gestos compõem sua linguagem de busca. Projetar um sistema de RI em VR é, nesse sentido, projetar um *Umwelt* informacional, o que representa uma contribuição filosófica original da tese para a CI. A articulação desses três filósofos com a semiótica peirceana, e com a contribuição complementar de Lévy, constitui o núcleo epistemológico da tese: para Peirce, o real existe independentemente de ser percebido, e os signos que produzimos sobre ele são mediações legítimas que se aproximam progressivamente do objeto real pela investigação coletiva e continuada.

7.2 A contribuição técnica: o modelo conceitual, a relevância expandida e o *Umwelt* informacional

O quarto capítulo revisou criticamente a estrutura clássica da RI, sistematizada por Ferneda (2013) em oito elementos fundamentais, e identificou três lacunas estruturais específicas. Primeiro, os modelos clássicos operam sobre signos simbólicos verbais, ignorando índices gestuais e espaciais como expressões legítimas de necessidade informacional. Segundo, pressupõem um usuário como agente racional que formula consultas em linguagem formal, desconsiderando a dimensão do intérprete situado cujo ciclo perceptivo filtra o espaço informacional. Terceiro, adotam

uma concepção de relevância semântica e sistêmica que não incorpora as dimensões perceptiva, motora e experiencial que os ambientes imersivos introduzem.

O quinto capítulo respondeu a essas lacunas com a proposição do modelo conceitual de RI em VR. O modelo preserva os oito elementos de Fernald como estrutura analítica e os expande com três acréscimos específicos: os metadados espaciais na representação dos documentos (posição, proximidade e direção do olhar), que funcionam como índices peirceanos de relevância; a expressão de busca multimodal (voz, gestos e deslocamentos), que constitui a produção sógnica do intérprete por códigos simultâneos; e o laço de refinamento experiencial, feedbacks perceptivos imediatos que retroalimentam o ciclo sógnico entre usuário e sistema, reduzindo a carga cognitiva extrínseca e sustentando o estado de *flow*.

Esses três acréscimos fundamentam a noção de relevância expandida, conceito central e contribuição original desta tese. Relevância expandida é definida como o julgamento de pertinência informacional que o intérprete produz em ambientes imersivos a partir de quatro dimensões complementares: semântica, perceptiva, motora e experiencial. Essa definição não abandona os critérios clássicos de relevância, preserva a dimensão semântica como fundamento, mas os situa num quadro semiótico mais amplo, no qual o *Umwelt* do usuário e o ciclo sógnico da busca são variáveis centrais do processo informacional.

O modelo também formaliza, nesse mesmo movimento, o conceito de *Umwelt* informacional: o recorte perceptivo-semiótico do espaço de busca que o sistema constrói e disponibiliza a um usuário específico, delimitado pelos sinais visuais, espaciais, gestuais e multimodais que esse usuário está perceptiva e motoramente aparelhado para reconhecer, interpretar e acionar. Trata-se de uma extensão deliberada do conceito de *Umwelt* de Uexküll (1926), originalmente formulado no nível da espécie, para o nível do usuário individual: extensão justificada pela variabilidade perceptivo-motora que caracteriza o domínio informacional e digital, já fundamentada no Capítulo 2 e reafirmada aqui como parte da contribuição conceitual central desta tese, ao lado da relevância expandida.

7.3 O framework analítico e sua aplicabilidade

O sexto capítulo apresentou o modelo em sua função operacional para a CI: não como prescrição de design de sistemas, mas como framework analítico que

permite avaliar criticamente de que forma cada elemento clássico da RI foi transposto e expandido em um sistema imersivo específico.

O framework articula-se em sete etapas operacionais, do mapeamento cognitivo do usuário à apresentação de resultados como paisagens informacionais, e cumpre duas funções complementares: para pesquisadores, oferece critérios de análise fundamentados epistemologicamente; para avaliadores de experiência informacional, combina métricas clássicas de precisão e revocação com indicadores de relevância expandida, presença, estado de *flow* e carga cognitiva.

A aplicabilidade do framework foi exemplificada em quatro contextos: bibliotecas digitais imersivas, repositórios acadêmicos em VR, sistemas de treinamento corporativo e ambientes educacionais de aprendizagem ativa. Em cada um, o modelo oferece critérios específicos para avaliar a coerência entre os signos do ambiente imersivo e o *Umwelt* dos usuários-alvo, o que constitui uma contribuição metodológica concreta para a CI.

7.4 Limitações e perspectivas

A principal limitação desta tese reside em seu caráter essencialmente teórico-conceitual. A eficácia do modelo depende de validações empíricas que mensurem as quatro dimensões da relevância expandida em sistemas reais, por meio de indicadores como tempo de tarefa, número de reformulações de consulta, taxa de abandono e esforço percebido via NASA-TLX.

O escopo tecnológico é também uma limitação: o modelo foi concebido primariamente para dispositivos do tipo *head-mounted display*, e sua aplicabilidade a outras modalidades imersivas, como realidade mista e interfaces hápticas avançadas, demanda investigação específica. Questões de acessibilidade e inclusão digital, que podem restringir o acesso a tecnologias imersivas para determinadas populações, constituem uma agenda de pesquisa que esta tese não pôde contemplar.

Essas limitações apontam para um conjunto fértil de perspectivas futuras. O próximo passo natural é a construção de protótipos que implementem as etapas operacionais do framework, permitindo sua validação empírica. Será necessário desenvolver métricas para operacionalizar a relevância expandida, complementando as medidas clássicas de precisão e revocação com indicadores perceptivos, motores e experienciais. A rápida evolução tecnológica convida a explorar a adequação do

modelo a ecossistemas de realidade mista, metaversos e integrações com inteligência artificial, sempre atentos às implicações éticas da coleta e uso de dados sensório-motores e em conformidade com marcos regulatórios como a LGPD e o GDPR.

7.5 Contribuição e posição da tese na CI

A contribuição desta tese para a Ciência da Informação opera em três planos simultâneos. No plano filosófico, articula de forma sistemática a biossemiótica de Uexküll e a semiótica peirceana como fundamentos epistemológicos para a RI em ambientes imersivos, oferecendo à CI uma linguagem teórica precisa para compreender o que acontece quando o usuário busca informação num espaço tridimensional. No plano conceitual, propõe o modelo de relevância expandida como ampliação legítima e necessária dos critérios clássicos de relevância, demonstrando que o julgamento de pertinência em VR é um ato semiótico situado que mobiliza dimensões que os modelos anteriores não contemplavam. No plano analítico, oferece um framework com etapas operacionais e critérios de avaliação que permitem à CI avaliar, comparar e fundamentar teoricamente sistemas de recuperação da informação em ambientes imersivos.

Conclui-se que a realidade virtual não representa apenas um novo suporte tecnológico para a recuperação da informação: ela representa um novo paradigma semiótico, no qual o *Umwelt* do usuário e a atualização do virtual em experiência real se tornam variáveis centrais do processo informacional. O modelo aqui proposto não pretende ser definitivo: pretende ser um ponto de partida rigoroso, filosoficamente fundamentado e epistemologicamente coerente, aberto ao diálogo, à crítica e à expansão empírica. Trata-se de uma contribuição que situa a Ciência da Informação no debate sobre as tecnologias emergentes, reafirmando sua vocação de compreender e orientar os modos pelos quais a sociedade organiza, acessa e experiencia a informação, agora também em mundos que se atualizam a cada signo produzido pelo corpo do intérprete no espaço imersivo.

REFERÊNCIAS

BAEZA-YATES, R.; RIBEIRO-NETO, B. **Modern Information Retrieval**: the concepts and technology behind search. 2. Ed. London: Pearson Education Limited, 2011.

BALTEZAREVIĆ, Borivoje. Metaphysics of the Virtual: From Plato's Cave to modern VR: Questioning reality's essence. **Megatrend revija**, [s. l.], ano 2023, v. 20, ed. 3, p. 165-172, 23 nov. 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/377854719_Metaphysics_of_the_Virtual_From_Plato's_Cave_to_modern_VR_Questioning_reality's_essence. Acesso em: 01 mai. 2024.

BATES, Marcia J. Toward an integrated model of information seeking and searching. **New Review of Information Behaviour Research**, v. 3, p. 1–15, 2002. Disponível em: https://pages.gseis.ucla.edu/faculty/bates/articles/info_SeekSearch-i-030329.html. Acesso em: 20 dez. 2024.

BELKIN, N. J. Anomalous states of knowledge as a basis for information retrieval. **Canadian Journal of Information Science**, v. 5, p. 133–143, 1980. Disponível em: <https://tefkos.comminfo.rutgers.edu/Courses/612/Articles/BelkinAnomolous.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2025

BELKIN, N. J.; CROFT, W. B. Information retrieval and information filtering: two sides of the same coin?. **Communications of the ACM**, v. 35, n. 12, p. 29-38, 1992. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/138859.138861>. Acesso em: 02 jul. 2025

BODON, Charles. **Virtual and Augmented Realities as Symbolic Assemblies**. [S. l.]: Cornell University, 2024. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2410.12888>. Acesso em: 04 jun. 2026

BORBA, Rodrigo José Vasconcelos. **Design de Experiência do Usuário**: uma abordagem na Ciência da Informação. Orientador: Profa. Sandra de Albuquerque Siebra. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Gestão da Informação) - Universidade Federal de Pernambuco, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/34950>. Acesso em: 13 fev. 2025.

BORGES, M. E. N.; VENANCIO, L. S.; HENRIQUE, L. C. J. **Sujeito, contexto e tarefa na busca de informação: uma análise sob a ótica da cognição situada**. DataGramaZero, v. 8, n. 5, 2007. Disponível em: <https://www.brapci.inf.br/index.php/res/v/6157>. Acesso em: 10 jun. 2026.

BOSTROM, Nick. Are we living in a computer simulation? **The Philosophical Quarterly**, v. 53, n. 211, p. 243-255, abr. 2003. Disponível em: <https://www.stafforini.com/docs/Bostrom%20-%20Are%20we%20living%20in%20a%20computer%20simulation.pdf>. Acesso em: 02 de abr. 2024.

BRUCKER, Birgit *et al.* How Learners' Visuospatial Ability and Different Ways of Changing the Perspective Influence Learning About Movements in Desktop and Immersive Virtual Reality Environments. **Educational Psychology Review**, [s. l.], v. 36, n. 3, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09895-w>. Acesso em: 04 jun. 2025.

BUCKLAND, M. K. (1997). What is a "document"? **Journal of the American Society for Information Science**, 48(9), 804–809. Disponível em: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571\(199709\)48:9<804::AID-ASI5>3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(199709)48:9<804::AID-ASI5>3.0.CO;2-V). Acesso em: 02 jul. 2025.

CAPURRO, Rafael; HJØRLAND, Birger. The concept of information. **Annual Review of Information Science and Technology**, v. 37, n. 1, p. 343–411, 2003. Disponível em: https://www.capurro.de/Capurro_Hjoerland.pdf. Acesso em: 14 dez. 2024.

CASELLI, Raoni Pontes; FERREIRA, Marcelo Gitirana Gomes. Análise do público-alvo de dispositivos de realidade virtual do tipo head-mounted display baseados em smartphones. **Human Factors in Design**, Florianópolis, v. 6, ed. 12, p. 79-89, 2017. Disponível em: <https://revistas.udesc.br/index.php/hfd/article/view/2316796306122017079>. Acesso em: 29 nov. 2024.

CASTELLS, Manuel. **A sociedade em rede**. 6. ed. atual. São Paulo: Paz e Terra Ltda, 2012.

COX, Andrew. Embodied Knowledge and Sensory Information: Theoretical Roots and Inspirations. **Library trends**, [s. l.], v. 66, n. 3, p. 223–238, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1353/lib.2018.0001>. Acesso em: 13 jun. 2026.

CROFT, W. Bruce; THOMPSON, R. H. I3R: a new approach to the design of document retrieval systems. **Journal of the American Society for Information Science**, v. 38, n. 6, p. 389-404, 1987. Disponível em: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571\(198711\)38:6%3C389::AID-ASI1%3E3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(198711)38:6%3C389::AID-ASI1%3E3.0.CO;2-4). Acesso em: 22 jun. 2026.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. Flow: **The Psychology of Optimal Experience**. 1. ed. New York: Harper Perennial, 1990. ISBN 0-06-016253-8. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/224927532_Flow_The_Psychology_of_Optimal_Experience. Acesso em: 28 jan. 2025.

CUTTING, Douglass R.; KARGER, David R.; PEDERSEN, Jan O.; TUKEY, John W. Scatter/Gather: a cluster-based approach to browsing large document collections. In: PROCEEDINGS OF THE 15TH ANNUAL INTERNATIONAL ACM SIGIR CONFERENCE, 1992, Copenhagen. **Anais [...]**. New York: ACM, 1992. p. 318-329. Disponível em: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/134850>. Acesso em: 27 jun. 2026.

DAMAYANTI, Nilam *et al.* Comparative Analysis of Wilson, Ellis, and Kuhlthau's Information Search Models in The Digital Age. **JPUA Jurnal Perpustakaan Universitas Airlangga Media Informasi dan Komunikasi Kepustakawanan**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 92–100, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.20473/jpua.v15i2.2025.92-100>. Acesso em: 14 jun. 2026.

DEMBIŃSKI, Bogdan. The theory of ideas and Plato's philosophy of mathematics. **Philosophical Problems in Science (Zagadnienia Filozoficzne w Nauce)**, [s. l.], ed. 66, p. 95-108, 2019. Disponível em: https://rebus.us.edu.pl/bitstream/20.500.12128/11722/5/Dembinski_The_theory_of_ideas_and_Plato_s_philosophy_of_mathematics.pdf. Acesso em: 11 mai. 2024.

DERVIN, B. An overview of sense-making research: concepts, methods, and results to date. In: **International Communication Association Annual Meeting**. Anais... Dallas, Texas, 1983. Disponível em: https://www.academia.edu/393263/Sense_Making. Acesso em: 06 jul. 2025

DESCARTES, René. **Meditações Metafísicas**. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

DEVLIN, Jacob et al. BERT: pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. In: PROCEEDINGS OF NAACL-HLT, 2019, Minneapolis. **Anais [...]**. Minneapolis: ACL, 2019. p. 4171-4186. Disponível em: <https://aclanthology.org/N19-1423/>. Acesso em: 25 jun. 2026.

DUAN, Simon X. Platonic Computer: The universal machine from which abstract entities are generated. **Proceeding**, [s. l.], v. 81, n. 58, 2022. Disponível em: <https://typeset.io/pdf/platonic-computer-the-universal-machine-from-which-abstract-cxz9280m.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2024.

DUBOIS, D. J.; PRADE, H. **Fuzzy sets and systems: theory and applications**. New York: Academic Press, 1980.

EHOUNI, Doffou Antoine Fabrice; DIOMANDÉ, Hamidou; BOSSÉ, Jean-Gervais. PERSPECTIVES PLATONICIENNES SUR LA RÉALITÉ VIRTUELLE : REPENSER LE MONDE INTELLIGIBLE ET LE MONDE SENSIBLE À L'ÈRE NUMÉRIQUE. **Zenodo (CERN European Organization for Nuclear Research)**, [s. l.], 2026a. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.19150856>. Acesso em: 06 jun. 2026.

ENGELBART, Douglas C. **Augmenting human intellect: a conceptual framework**. Menlo Park: Stanford Research Institute, 1962. Disponível em: <https://www.lri.fr/~mbl/ENS/FONDIHM/2018/papers/Englebart-Augmenting62.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2026

EUROPEAN COMMISSION. **Virtual-reality tech is fast becoming more real**. [S. l.]: Helen Massy-Beresford, 12 set. 2023. Disponível em: <https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/en/horizon-magazine/virtual-reality-tech-fast-becoming-more-real>. Acesso em: 5 mai. 2024.

FERNANDES, F.; RODRIGUES, C. S. C.; TEIXEIRA, E. N.; WERNER, C. Immersive Learning Frameworks: A Systematic Literature Review. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, [s. l.], v. 16, n. 5, p. 736, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/tlt.2023.3242553>. Acesso em: 18 oct. 2025.

FERNEDA, E. Introdução aos Modelos Computacionais de Recuperação de Informação. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2012.

FERNEDA, E. **Ontologia como recurso de padronização terminológica em um Sistema de Recuperação de Informação**. 2013. 96 f. Relatório de Pesquisa (Pós-Doutorado em Ciência da Informação) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013. Disponível em: <https://www.marilia.unesp.br/Home/Instituicao/Docentes/EdbertoFerneda/pos-doutorado.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2025

GARRETT, Jesse James. **The elements of user experience**: user-centered design for the Web. Berkeley: New Riders, 2003.

HALS, Frans. **Portrait de René Descartes**. 1625. Óleo sobre tela. Disponível em: <https://collections.louvre.fr/en/ark:/53355/cl010062106>. Acesso em: 16 mai. 2024.

HEARST, M. A. **Search User Interfaces (1st ed.)**. Cambridge University Press. 2009.

HIGUERA-TRUJILLO, Juan Luis; MALDONADO, Juan López-Tarruella; LLINARES, Carmen. Psychological and physiological human responses to simulated and real environments: A comparison between Photographs, 360° Panoramas, and Virtual Reality. **Applied Ergonomics**, [s. l.], v. 65, p. 398–409, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.05.006>. Acesso em: 06 jun. 2026.

HJØRLAND, Birger. The foundation of the concept of relevance. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 61, n. 2, p. 217-237, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/asi.21261>. Acesso em: 11 jun. 2026.

INGWERSEN, Peter. **Information Retrieval Interaction**. London: Taylor Graham, 1992.

ISO. **ISO 9241-11:2018 Ergonomics of human-system interaction**: Part 11: Usability: Definitions and concepts. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/63500.html>. Acesso em: 1 fev. 2025.

JERALD, Jason. **The VR Book**: Human-Centered Design for Virtual Reality. [S. l.]: ACM Books, 2015. 523 p.

JOHNSON-LAIRD, P. N. Mental models: towards a cognitive science of language, inference and consciousness. **Cambridge**, UK: Cambridge University Press, 1980. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228040206_Mental_Models_in_Cognitive_Science. Acesso em: 03 mar. 2025.

KHADKA, R.; KOUDELKA, J. A. A 15-Year Retrospective on Immersive Visualization Lessons from the Applied Visualization Laboratory. **PRESENCE Virtual and Augmented Reality**, [s. l.], v. 33, p. 129, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1162/pres_a_00422. Acesso em: 04 nov. 2025.

KANT, Immanuel. **Crítica da razão pura**. Tradução e notas de Fernando Costa Mattos. 4. ed. Petrópolis: Vozes; Bragança Paulista: Editora Universitária São Francisco, 2015.

KUHLTHAU, Carol C. Inside the search process: information seeking from the user's perspective. **Journal of the American Society for Information Science**, v. 42, n. 5, p. 361-371, 1991. Disponível em: https://ils.unc.edu/courses/2014_fall/inls151_003/Readings/Kuhlthau_Inside_Search_Process_1991.pdf. Acesso em: 20 jun. 2026.

LANREZAC, André; FÉREY, Nicolas; BAADEN, Marc. Wielding the power of interactive molecular simulations. **Wiley Interdisciplinary Reviews Computational Molecular Science**, [s. l.], v. 12, n. 4, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/wcms.1594>. Acesso em: 07 jun. 2026.

LÉVY, Pierre. **O que é o virtual?** Tradução de Paulo Neves. São Paulo: Editora 34, 1996.

LONDON REVIEW OF BOOKS. **Built from Light**. 8. ed. [S. l.]: Daniel Soar, 16 abr. 2020. Disponível em: <https://www.lrb.co.uk/the-paper/v42/n08/daniel-soar/short-cuts>. Acesso em: 12 mai. 2024.

MADARY, Michael; METZINGER, Thomas. Recommendations for Good Scientific Practice and the Consumers of VR-Technology. **Frontiers in Robotics and AI**, [s. l.], v. 3, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00003>. Acesso em: 07 jun. 2025.

MAIA, Maria Aniolly Queiroz; BARBOSA, Ricardo Rodrigues; WILLIAMS, Peter. **Usabilidade e experiência do usuário de sistemas de informação: em busca de limites e relações. Ciência da Informação em Revista**, Maceió, v. 6, n. 3, p. 34-48, set./dez. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.28998/cirev.2019v6n3c>. Acesso em: 10 fev. 2025.

MAKRANSKY, Guido; MAYER, Richard E. Benefits of Taking a Virtual Field Trip in Immersive Virtual Reality: Evidence for the Immersion Principle in Multimedia Learning. **Educational Psychology Review**, [s. l.], v. 34, n. 3, p. 1771-1798, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10648-022-09675-4>. Acesso em: 08 jun. 2026.

MAKRANSKY, Guido; PETERSEN, Gustav Bøg. The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): a Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality. **Educational Psychology Review**, [s. l.], v. 33, n. 3, p. 937-958, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>. Acesso em: 08 jun. 2026.

MANNING, C. D.; RAGHAVAN, P.; SCHÜTZE, H. **Introduction to information retrieval**. New York: Cambridge University Press, 2008.

MARTIN, Daniel *et al.* **Multimodality in VR: A Survey**. [S. l.]: Cornell University, 2022. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2101.07906>. Acesso em: 09 jun. 2026.

METZINGER, Thomas. Why Is Virtual Reality Interesting for Philosophers?. **Frontiers in Robotics and AI**, [s. l.], v. 5, p. 101–101, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00101>. Acesso em: 09 jun. 2026.

MCLUHAN, Marshall. **Os meios de comunicação como extensões do homem**. Tradução de Décio Pignatari e outros. São Paulo: Cultrix, 1964.

MIT HORIZON. **AR/VR Wearables and Future of Learning**. [S. l.], 9 nov. 2024. Disponível em: <https://horizon.mit.edu/insights/ar-vr-wearables-and-future-of-learning>. Acesso em: 10 fev. 2025.

MORVILLE, P.; CALLENDER, J. **Search patterns: design for discovery**. Canadá: O'Reilly, 2010.

MORVILLE, Peter; ROSENFELD, Louis. **Information architecture for the World Wide Web: designing large-scale web sites**. 3. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2006.

NASCIMENTO, Jonathan Lisboa Galvão; BONFIM, Amanda de Oliveira; CRUZ, Wanderson Cesar Silvestre. Breve histórico da realidade aumentada e sua importância na pesquisa científica. **Anais do VI CONAPESC - Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências**, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/76866>. Acesso em: 4 dez. 2024.

NORMAN, Donald. **O Design do dia a dia**. Rio de Janeiro: Rocco, 2006.

O'REILLY, Tim. **What is Web 2.0: design patterns and business models for the next generation of software**. 2005. Disponível em: <http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html>. Acesso em: 18 jun. 2026.

PARISER, Eli. **The filter bubble: what the internet is hiding from you**. New York: Penguin Press, 2011. Disponível em: https://archive.org/details/filterbubblewhat0000pari_z3l4. Acesso em: 28 jun. 2026.

PEIKOS, Georgios; PASI, Gabriella. A systematic review of multidimensional relevance estimation in information retrieval. **Wiley Interdisciplinary Reviews Data Mining and Knowledge Discovery**, [s. l.], v. 14, n. 5, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/widm.1541>. Acesso em: 15 jun. 2026.

PEIRCE, Charles Sanders. **Collected papers of Charles Sanders Peirce**. Edição de Charles Hartshorne e Paul Weiss. Cambridge: Harvard University Press, 1931-1958. v. 2. Disponível em: https://archive.org/details/collectedpaperso0000unse_v0n0. Acesso em: 18 dez. 2025.

PERSSON, Nils-Krister. Haptic (tactual), portable, hands-free communication for body compliant interfaces. **AHFE international**, [s. l.], v. 157, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.54941/ahfe1005498>. Acesso em: 10 jun. 2025.

PLATÃO. **A República**. Trad. Maria Helena da Rocha Pereira. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2006.

PORSANI, Rodolfo Nucci. Aplicação da realidade virtual (VR) em avaliações de experiência do usuário (UX): uma contribuição para os métodos de design de produto. Orientador: Luis Carlos Paschoarelli. 2024. 222 f. Tese (Doutorado em Design) - Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/8482cd60-848c-4485-945f-bd76ef219cd>. Acesso em: 22 dez. 2024.

RABELLO, Rodrigo. Sujeito e agência informacional: comportamento, prática e ação. In: GONZÁLEZ DE GÓMEZ, Maria Nélide; RABELLO, Rodrigo (org.). **Informação: agentes e intermediação**. Brasília: IBICT, 2017. p. 101-152. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/24675>. Acesso em: 27 jun. 2026.

RAJI, M. A.; OLODO, H. B.; OKE, T. T.; ADDY, W. A.; OFODILE, O. C.; OYEWOLE, A. T. Business Strategies In Virtual Reality: A Review Of Market Opportunities And Consumer Experience. **International Journal of Management & Entrepreneurship Research**, Fair East Publishers, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.51594/ijmer.v6i3.883>. Acesso em: 3 sep. 2025.

RIBEIRO, Ana; MONTEIRO, Luís. A indução afetiva em cenários de realidade virtual: avaliação da sensação de presença. **Psicologia Clínica**, [s. l.], v. 27, ed. 1, p. 139-160, 2015. Disponível em: https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0103-56652015000100008&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 2 dez. 2024.

ROBERTSON, Stephen E.; SPARCK JONES, Karen. Relevance weighting of search terms. **Journal of the American Society for Information Science**, v. 27, n. 3, p. 129-146, 1976. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/asi.4630270302>. Acesso em: 10 jun. 2026.

ROCCHIO, J. J. Relevance feedback in information retrieval. In: SALTON, Gerard (ed.). **The SMART retrieval system: experiments in automatic document processing**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1971. p. 313-323. Disponível em: <https://archive.org/details/smartretrievalsy0000salt>. Acesso em: 12 jun. 2026.

RUMELHART, David E. Schemata: the building blocks of cognition. In: SPIRO, Rand J.; BRUCE, Bertram C.; BREWER, William F. (ed.). **Theoretical issues in reading comprehension**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1980. p. 33-58. Disponível em: <https://www.scilit.com/publications/df8a7c48ee4fd97d8f0c42af9f8e49dd>. Acesso em: 20 jun. 2026.

SAENREDAM, Jan. **Antrum Platonicum**. 1604. Gravura 330x460. Disponível em: https://www.britishmuseum.org/collection/object/P_1852-1211-120. Acesso em: 12 mai. 2024.

SALTON, G.; MCGILL, M. J. **Introduction to Modern Information Retrieval**. New York: McGraw-Hill, 1983.

SALTON, Gerard; WONG, A.; YANG, C. S. A vector space model for automatic indexing. **Communications of the ACM**, v. 18, n. 11, p. 613-620, 1975. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/361219.361220>. Acesso em: 3 jun. 2026.

SÁNCHEZ-VIVES, María V.; SLATER, Mel. From presence to consciousness through virtual reality. **DIGITAL.CSIC (Spanish National Research Council (CSIC))**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 332–339, 2005. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10261/307944>. Acesso em: 10 jun. 2026.

SANDERSON, Mark; CROFT, W. Bruce. The history of information retrieval research. **Proceedings of the IEEE**, v. 100, Special Centennial Issue, p. 1444-1451, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/JPROC.2012.2189916>. Acesso em: 15 jun. 2026.

SANZIO, Raphael. **School of Athens**. Vaticano: Encyclopedia Britannica, 1508. Afresco. Disponível em: <https://www.britannica.com/topic/School-of-Athens>. Acesso em: 5 maio 2024.

SARACEVIC, T. Ciência da informação: origem, evolução e relações. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 41-62, jan./jun. 1996. Disponível em: <https://periodicos-des.cecom.ufmg.br/index.php/pci/article/view/22308>. Acesso em: 10 jul. 2025

SARACEVIC, T. Relevance: A Review of the Literature and a Framework for Thinking on the Notion in Information Science. Part II: Nature and Manifestations of Relevance. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 58, n. 13, p. 1915–1933, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/291708754_Relevance_A_review_of_the_literature_and_a_framework_for_thinking_on_the_notion_in_information_science_Part_II_Nature_and_manifestations_of_relevance. Acesso em 12 jul.2025

SCHLEUSSINGER, Maurice. Information retrieval interfaces in virtual reality: a scoping review focused on current generation technology. **PLOS ONE**, 2021. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371%2Fjournal.pone.0246398>. Acesso em: 18 mar. 2025.

SCHÖNE, Benjamin *et al.* The reality of virtual reality. **Frontiers in Psychology**, [s. l.], 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2023.1093014/full>. Acesso em: 18 mai. 2024.

SILVA, Armando Malheiro da; RIBEIRO, Fernanda. **Das ciências documentais à ciência da informação: ensaio epistemológico para um novo modelo curricular**. Porto: Edições Afrontamento, 2002.

SILVA, Emanuel; MARGOLIS, Iara; NUNES, Miguel; SOUSA, Nuno; NUNES, Eduardo júlio Marques; ROSA, Emanuel. Analysis of the User Experience (UX) of Design Interactions for a Job-Related VR Application. **HUCAPP 2023 - 7th International Conference on Human Computer Interaction Theory and Applications**, [s. l.], v. 2, p. 169-176, 2023. Disponível em: <https://www.scitepress.org/Papers/2023/116578/116578.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2025.

SLATER, Mel; SÁNCHEZ-VIVES, María V. Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality. **Frontiers in Robotics and AI**, [s. l.], v. 3, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>. Acesso em: 11 jun. 2026.

SLATER, Mel; WILBUR, Sylvia. A framework for immersive virtual environments (FIVE): speculations on the role of presence in virtual environments. **Presence: Teleoperators & Virtual Environments**, v. 6, p. 603–616, 1997. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Framework-for-Immersive-Virtual-Environments-on-Slater-Wilbur/3c62e25f7f6a035ef59eefd7ff13ca42c59a716f>. Acesso em: 19 fev. 2025.

SOUZA, R.R. Sistemas de recuperação de informações e mecanismos de busca na web: panorama atual e tendências. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v.11, n.2, p.161-173, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/291708754_Relevance_A_review_of_the_literature_and_a_framework_for_thinking_on_the_notion_in_information_science_Part_II_Nature_and_manifestations_of_relevance. Acesso em: 09 jul. 2025.

SWELLER, John. Cognitive load during problem solving: effects on learning. **Cognitive Science**, v. 12, n. 2, p. 257–285, 1988. Disponível em: https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4. Acesso em: 23 fev. 2025.

TAYLOR, Robert S. Question-negotiation and information seeking in libraries. **College & Research Libraries**, v. 29, n. 3, p. 178-194, 1968. Disponível em: <https://crl.acrl.org/index.php/crl/article/view/16421>. Acesso em: 8 jun. 2026.

TORI, Romero; KIRNER, Claudio. Fundamentos de Realidade Virtual. In: TORI, Romero; KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Belém – PA: **SBC**, 2006. cap. 1, p. 2-21. ISBN 85-7669-068-3. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Romero-Tori/publication/216813069_Fundamentos_de_Realidade_Virtual/links/5d234774458515c11c1c5cdb/Fundamentos-de-Realidade-Virtual.pdf. Acesso em: 2 dez. 2024.

UEXKÜLL, Jakob von. **A foray into the worlds of animals and humans**: with a theory of meaning. Tradução de Joseph D. O'Neill. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2010. Disponível em: <https://archive.org/details/forayintoworldso0000uexk>. Acesso em: 4 jul. 2026.

UEXKÜLL, Jakob von. **Theoretical biology**. Tradução de D. L. Mackinnon. London: Kegan Paul, Trench, Trubner & Co.; New York: Harcourt, Brace and Company, 1926. 362 p. (International Library of Psychology, Philosophy and Scientific Method). Disponível em: <https://archive.org/details/theoreticalbiolo00uexk>. Acesso em: 5 mai. 2026.

UNICEF. **Augmented Reality/Virtual Reality for Good**: Ensuring new technologies reach the most disconnected. [S. l.], s.d. Disponível em: <https://www.unicef.org/innovation/XR>. Acesso em: 4 mai. 2024.

YANG, Wanting *et al.* Semantic Communications for Future Internet: Fundamentals, Applications, and Challenges. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 213–250, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/comst.2022.3223224>. Acesso em: 12 jun. 2026.

WIKSTRÖM, Li A B E; DAGMAN, Jessica; KARLSSON, MariAnne. “Like an Unpolished Piece of Wood!” Applying Design Semiotics to the Analysis of Verbalisations of Haptic Product Experiences. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, [s. l.], v. 567, p. 1–12, 2020. Disponível em: <https://research.chalmers.se/en/publication/148091>. Acesso em: 12 jun. 2026

WILSON, M.L.; KULES, B.; SCHRAEFEL, M.C.; SHNEIDERMAN, B. From Keyword Search to Exploration: Designing Future Search Interfaces for the Web. **Foundations and Trends(R) in Web Science**, 2(1): 1-97. 2010. Disponível em: <https://www.nowpublishers.com/article/Details/WEB-003>. Acesso em: 12 jul. 2025

WILSON, T. D. Models in information behaviour research. **Journal of Documentation**, v. 55, n. 3, p. 249–270, 1999. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228784950_Models_in_Information_Behaviour_Research. Acesso em: 17 dez. 2024.

WILSON, T.D. On user studies and information needs. **Journal of Documentation**, 37(1), 3-15. 1981. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/249364883_On_User_Studies_and_Information_Needs. Acesso em: 15 jul. 2025

WONG, E. Y.; HUI, R. T.; KONG, H. Perceived usefulness of, engagement with, and effectiveness of virtual reality environments in learning industrial operations: the moderating role of openness to experience. **Virtual Reality**, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 2149, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00793-0>. Acesso em: 8 dez. 2025.