

Interfaces Tangíveis e a Inteligência Artificial: Explorando a Interação Humano-Máquina

Tangible Interfaces and Artificial Intelligence: Exploring Human-Machine Interaction

Interfaces tangibles e inteligencia artificial: explorando la interacción hombre-máquina

Hermes Renato HILDEBRAND¹
Grazielle Bruscato PORTELLA²

Resumo

Esta investigação propõe observar as interfaces tangíveis (TUIs) por meio das plataformas de Inteligência Artificial (IA) que, hoje, desempenham um papel essencial na interação entre humanos e máquinas. São meios digitais de geração de informação, comunicação e interação que se desenvolvem em conjunto com as IAs. Essas interfaces atuam como ponto de conexão entre os usuários e os meios de comunicação, enviando e recebendo dados e informações que possibilitam a visualização dos resultados gerados pelos algoritmos das IAs. Levando em consideração à estética da interação, serão analisadas as características das interfaces tangíveis que constituem as IAs e, ao contemplar questões como o design especulativo, responsivo e adaptativo e as interações ubíquas adaptam-se às preferências e necessidades dos usuários.

Palavras-chave: Design de Interação, Inteligência Artificial, Interfaces Tangíveis, Design Especulativo, Computação Ubíqua.

Abstract

This investigation proposes to observe tangible interfaces (TUIs) through Artificial Intelligence (AI) platforms that, today, play an essential role in the interaction between humans and machines. These are digital means of generating information, communication and interaction that develop together with AIs. These interfaces act as a connection point between users and the media, sending and receiving data and

¹ Doutor em Comunicação e Semiótica pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (2001) e Livre Docente em Artes pela Universidade Estadual de Campinas (2021). É professor e exerce o cargo de Chefe de Departamento na UNICAMP. E-mail: hrenatoh@unicamp.br. ORCID: 0000-0002-3714-6295.

² Designer, pesquisadora e doutoranda em Belas-Artes pela Universidade de Lisboa. Atua como professora em Design na EINA Centre Universitari de Disseny i Art de Barcelona desde 2022. E-mail: grazielleportella@gmail.com. ORCID: 0000-0002-2068-4062.



information that enable the visualization of the results generated by the AI algorithms. Taking into account the aesthetics of interaction, the characteristics of the tangible interfaces that constitute AIs will be analyzed and, when contemplating issues such as speculative, responsive and adaptive design and ubiquitous interactions, they adapt to users' preferences and needs.

Keywords: Interaction Design, Artificial Intelligence, Tangible Interfaces, Speculative Design, Ubiquitous Computing.

Resumen

Esta investigación propone observar interfaces tangibles (TUIs) a través de plataformas de Inteligencia Artificial (IA) que, hoy en día, juegan un papel esencial en la interacción entre humanos y máquinas. Se trata de medios digitales de generación de información, comunicación e interacción que se desarrollan junto con las IA. Estas interfaces actúan como punto de conexión entre los usuarios y los medios, enviando y recibiendo datos e información que permiten visualizar los resultados generados por los algoritmos de IA. Teniendo en cuenta la estética de la interacción, se analizarán las características de las interfaces tangibles que constituyen las IA y que, al contemplar cuestiones como el diseño especulativo, responsive y adaptativo y las interacciones ubicuas, se adaptan a las preferencias y necesidades de los usuarios.

Palabras clave: Diseño de Interacción, Inteligencia Artificial, Interfaces Tangibles, Diseño Especulativo, Computación Ubicua.

Introdução

Pesquisadores e artistas que trabalham com as interfaces de inteligência artificial (IA) treinaram máquinas e produziram processos generativos para criar obras visualmente estimulantes e esteticamente relevantes, criando meios maquínicos que permitem a criatividade (Elgammal e Mazzone, 2020). Nossa pesquisa tem como objetivo analisar as interfaces tangíveis (TUIs)³ produzidas para as plataformas de IA. Elas desempenham um papel crucial na interação entre os humanos e máquinas digitais por meio de seus algoritmos. As TUIs representam meios digitais de comunicação e interação que são desenvolvidos para a concepção das plataformas de IA. Hoje, elas alteram significativamente a configuração dos padrões estéticos dos meios emergentes, e, observando esses padrões, vamos analisar os processos que as concebem quando enfatizamos as IAs. Essas interfaces atuam como pontos de conexão entre os usuários e os meios de comunicação e interação quando enviam e recebem

³ Sigla para *Tangible User Interface*.



informações, além de possibilitarem a visualização dos resultados gerados pelos algoritmos dessas IAs.

Para tanto, vamos abordar os elementos de design especulativo, responsivo e adaptativo e as interações ubíquas desses artefatos. Também pretendemos tratar dos aspectos estéticos e éticos que envolvem essas interfaces que se ajustam às preferências e necessidades dos usuários, proporcionando uma interação mais fluida, personalizada e eficaz. Os elementos que estão sendo produzidos para estruturar essas plataformas estão modificando as características gráficas, interativas e tangíveis dessas interfaces tornando-as mais dinâmicas, mais intuitivas e eficientes. Assim, um dos objetivos desse artigo é identificar algumas das características que transformam as IAs quando são acopladas as TUIs.

Em suma, esta investigação intenta realizar um levantamento e análise das interfaces e de suas tangibilidades quando tratamos das interações entre os humanos, e essas plataformas e artefatos. De fato, vamos tratar do envolvimento dos usuários quando manipulam as IAs por meio das TUIs, os controles e configurações promovidas por elas, a possibilidade de personalização dessas ferramentas, a proteção e privacidade dos dados, o treinamento contínuo para o aprendizado profundo de uso dessas plataformas e, por fim, tecer alguns comentários sobre aspectos estéticos e éticos dessas tecnologias que estão em estado nascente.

IA como uma Interface Tangível

À medida que as IAs são incorporadas ao nosso dia a dia é natural que os artistas também comecem a experimentá-las. No entanto, esta não é uma tendência inteiramente nova, desde o surgimento das IAs, há mais de 50 anos, os artistas têm escrito programas de computador para produzir arte, em alguns casos incorporando elementos da inteligência artificial.

Um exemplo evidente desse processo criativo foi o trabalho de Harold Cohen e seu programa de computador chamado AARON em 1960. Esse software produz desenhos que são guiados por algoritmos elaborados por Cohen, em parceria com as máquinas, (Elgammal e Mazzone, 2020, p.2). Porém, nas últimas décadas, as IAs evoluíram no sentido de serem incorporadas às tecnologias de aprendizado de máquina na produção de conhecimento, particularmente nas artes.

Começamos observando como se dá a conexão entre as IAs e TUIs. Hoje, a integração entre esses dois artefatos acontece a partir de mudanças significativas na



forma como os usuários interagem com o mundo digital. Essas duas ferramentas são sistemas de interação entre os objetos físicos e o mundo digital, que controlam e manipulam as informações de dados permitindo que os usuários tenham experiências intuitivas, táteis e personalizadas sem precedentes.

A partir do acoplamento das TUIs às IAs detectamos várias transformações significativas que possibilitam interpretações mais avançadas e contextualizadas quando se trata da entrada físicas dos dados. Isso implica em compreensões mais aprofundadas dos gestos, toques e movimentos, possibilitando interações mais ricas, complexas e adaptativas. Podemos destacar:

- O processamento da linguagem natural avançada (NLP) que torna esses sistemas capazes de interpretar nuances, emoções e intenções das mensagens de modo mais interativo;
- As redes neurais convolucionais que permitem a análise das imagens e vídeos, para identificar objetos, padrões e, até mesmo, contextos ambientais bastante complexos;
- A fusão de dados de diferentes fontes sensoriais, como visão, audição e sensores de movimento, que possibilitam uma compreensão mais completa do ambiente que envolve os dados;
- A utilização de algoritmos de aprendizado por reforço mais sofisticados para treinar agentes virtuais em ambientes dinâmicos e complexos;
- A integração das IAs com os dispositivos emergentes, como: “ambientes inteligentes” para melhorar a automação, personalização e eficiência dos dados quando são incorporados pelos usuários em seus contextos ambientais específicos;
- O uso da realidade aumentada (RA) e realidade virtual (RV) que criam experiências imersivas e interativas mais dinâmicas, agindo de maneira mais natural com os ambientes virtuais e com os usuários;
- O uso dos *chatbots* e assistentes virtuais mais avançados que são capazes de manter diálogos mais profundos e mais complexos com os sistemas das IAs respondendo com informações mais precisas;
- A utilização de dados biométricos, como padrões de voz, impressões digitais e expressões faciais, para personalizar e autenticar as informações disponibilizadas para esses sistemas;



- A implementação das tecnologias emergentes como, por exemplo, os *blockchain* que garantem a segurança e a privacidade dos dados, promovendo transparência e confiança nas interações e, por fim,
- A utilização de modelos generativos para criar dados sintéticos de alta qualidade, facilitando o treinamento dos modelos em cenários bem variados.

De fato, essas áreas de desenvolvimento estão em constante evolução e novas possibilidades podem surgir à medida que as pesquisas com as IAs avançam. Inicialmente, vamos tratar de autores que já refletiram sobre questões que envolvem essas interfaces emergentes, e especialmente as TUIs. No entanto, é claro que partiremos dos conceitos que envolvem as interações com as TUIs, porque as reflexões com as plataformas de IAs derivam dessa primeira e ainda carecem de reflexões mais aprofundadas, dado que essa é uma área de conhecimento relativamente nova.

Iniciemos por Hiroshi Ishii e Brygg Ullmer (2001) que desenvolvem seus trabalhos no Massachusetts Institute of Technology - MIT Media Lab, em Cambridge, nos Estados Unidos e, embora o trabalho desses dois autores não esteja focado diretamente nas plataformas de IA, podemos considerar que as ideias desenvolvidas por eles são relevantes para essa discussão.

Uma importante contribuição produzida por esses autores é sobre os conceitos que envolvem especificamente as TUIs. De fato, eles buscaram criar pontes entre o mundo físico e o digital, e assim, defendem a ideia que ao trazer objetos físicos para o espaço digital podemos melhorar a compreensão e a interação dos usuários com as informações produzidas por eles. Ainda, segundo esses dois autores, os usuários podem manipular os objetos físicos que são detectados e interpretados por sensores como também destacam a importância das sensações táteis e das manipulações físicas quando os usuários fazem suas experimentações. Ishii e Ullmer são pioneiros na área de desenvolvimento dos conceitos que envolvem as TUIs. Seus estudos abordam as interações entre objetos físicos e digitais, oferecendo insights valiosos para a integração das TUIs com as IAs.

Ishii e Ullmer classificam as TUIs por três pontos de vista: “espacial, relacional e construtivo” (2001, p.05). Ao explorar cada um desses conceitos verificamos que a **abordagem espacial** foca na manipulação e interação com os objetos no espaço físico e, assim, envolve a utilização de gestos e movimentos físicos quando interage com



informações digitais ou sistemas em geral e, particularmente, com as plataformas de IAs.

A “**abordagem relacional**” (Ishii e Ullmer, 2001, p.10) concentra-se na interação direta e tangível entre os usuários e as interfaces digitais. Isso significa que esse tipo de abordagem elas buscam criar pontes entre os mundos físicos e digitais, permitindo que os usuários interajam com os sistemas computacionais de maneira mais intuitiva e natural e, muitas vezes, possibilitam a manipulação dos objetos físicos para controlar elementos virtuais.

Por fim, a “**abordagem construtiva**” (Ishii e Ullmer, 2001, p.09) concentra-se na criação de sistemas interativos e de modelagem de objetos físicos nos quais os usuários podem construir e manipular objetos físicos para interagir com o mundo digital. Essa abordagem visa empoderar os usuários, permitindo que eles criem ou modifiquem as interfaces tangíveis construindo ativamente suas próprias interfaces e experiências interativas. As TUIs junto com as IAs formam sistemas computacionais projetados para executar tarefas que normalmente exigiriam inteligência humana. A abordagem construtiva das TUIs pode se relacionar com as IAs de várias maneiras, desde a incorporação de componentes das IAs para melhorar as interações até o uso de algoritmos para personalização e análise dos dados. Essa combinação pode resultar em sistemas interativos mais adaptativos e personalizados, portanto, mais eficazes que proporcionam aos usuários experiências envolventes e mais satisfatórias.

As propostas conceituais de Ishii e Ullmer oferecem uma base valiosa para compreender e categorizar as diversas formas de interações tangíveis. Obviamente, essas abordagens não são mutuamente exclusivas e podem ser combinadas para criar experiências mais ricas e versáteis. Essa classificação destaca a multiplicidade e a flexibilidade das TUIs e indicam que as tecnologias emergentes, incluindo as plataformas de IA, vão além da simples representação de objetos físicos no mundo digital, permitindo explorar interações mais complexas.

Os objetos técnicos e o pensamento de Gilbert Simondon

Um conceito relevante para esta nossa reflexão são as Interfaces Gráficas dos Usuários (GUIs⁴) que foi abordada no artigo sobre os “**Objetos conectados: design especulativo e experiência em interfaces tangíveis espaciais, construtivas**

⁴ Sigla para *Graphical User Interface*.



e relacionais” (Portella e Hildebrand, 2024). Porém, ampliando os conceitos sobre os objetos tratados nesse artigo, aqui, vamos tratar dos **objetos** apoiados nas reflexões de Gilbert Simondon.

Em seu livro “Do Modo de Existência dos Objetos Técnicos” (2018), Simondon observa que quaisquer objetos devem ser tratados como “**objetos técnicos**” e propõem abordagens relevante para compreensão das relações entre os objetos, humanos e o contexto ambiental que Simondon denomina de “**meio ambiente associado**”. Para ele, é importante a noção de complexidade que engloba as estruturas físicas dos **objetos técnicos, indivíduos e meio ambiente associado**. Para Simondon (2018), os objetos técnicos devem ser pensados associados à cultura, ou seja, à uma cultura técnica. Quando ele trata dos “modos de existência dos objetos técnicos”, define o conceito de **individuação** para os objetos que é semelhante ao conceito de individuação referente aos humanos. Para ele, durante o processo de individuação os objetos se tornam mais adaptados aos usuários e ao ambiente. O principal argumento dele é que os objetos técnicos possuem existência autônoma e também possuem uma dinâmica que vai além de sua função instrumental que está relacionada ao meio ambiente associado.

Os objetos técnicos devem ser vistos como entidades que passam por um processo contínuo de desenvolvimento e individuação e que possuem uma estrutura ontológica específica caracterizada pela **transdução**, que é o princípio de convergência das energias e informações. Para Simondon não existe um afastamento entre cultura, natureza e técnica pois o âmbito da realidade humana está interligado ao nosso dia a dia. Ele afirma que não há um reconhecimento do domínio da técnica plenamente

(...) pela cultura, resultado da adoção de um humanismo fácil e restrito, incapaz de perceber os esforços humanos presentes naquilo que não possui uma identidade óbvia com o humano. Como resultado, há a perda da universalidade da cultura e sua função reguladora, transformando-se em um corpo incompleto, longe de representar as realizações da humanidade. (Hildebrand e Oliviera, 2023, p. 28)

Desse modo, e de forma resumida, destacamos que os objetos técnicos, as IAs e as TUIs, para Simondon, não devem ser considerados sistemas indivisíveis. Ele enfatiza a importância da relação entre as partes e como elas constituem um todo funcional. Também destaca que os objetos técnicos estão em constante **processo de busca da concretização**, o que significa que estão sujeitos a evolução e



desenvolvimento contínuo ao longo do tempo. Eles passam por mudanças e alterações que se adaptam às demandas e contextos em que são utilizados absorvendo os elementos do meio ambiente associado.

Outro ponto importante do pensamento de Simondon é o conceito de **transdução**, que se refere à capacidade do objeto técnico de se transformar e de ser transformado por meio das informações e energias quando interage com o ambiente. Denominados por Simondon de “quase-objetos”, eles possuem relações dinâmicas com os usuários, com outros objetos técnicos e estão em coevolução com o meio ambiente associado, essas interfaces buscam atingir um equilíbrio estável que permite manter suas relações de funcionamento e de eficácia. Assim, as plataformas de IA podem ser vistas como sistemas técnicos complexos que são objetos técnicos e estão em constante evolução devido ao rápido avanço da pesquisa em IA e à necessidade de adaptação dessas interfaces aos novos contextos e requisitos ambientais. As interfaces são pontos de contato entre os usuários e os objetos físicos e permitem controlar e interagir esses sistemas digitais de forma mais intuitiva e natural.

Portanto, enquanto as plataformas de IA são sistemas técnicos complexos que permitem o processamento e tomadas de decisões baseadas em dados, as TUIs são interfaces projetadas para facilitar a interação e a comunicação entre os usuários e essas plataformas. Ambos desempenham papéis distintos no ecossistema de interação humano-computador e podem ser combinados para criar maior interatividade. Por outro lado, os objetos técnicos quando são considerados por sua conectividade, também podem ser classificados como **objetos técnicos conectados** que através dessas redes de interação trocam informações com outros objetos técnicos, com os indivíduos e o meio ambiente associado. Embora Simondon não utilize o termo “objeto técnico conectado”, suas ideias sobre a evolução dos objetos técnicos podem ser relacionadas com o mundo contemporâneo. Ele,

concebeu sua Teoria da Individuação de modo muito particular através de investigações em diversas áreas do conhecimento, como: engenharia, biologia, cibernética e psicologia. Neste sentido, propõe uma nova perspectiva filosófica que não parte da história da filosofia, mas de estudos da época em biologia (filogênese, embriologia, zoologia e etologia), bem como em cibernética, sendo influenciado inicialmente por Norbert Wiener. Assim, ao tratar os processos de individuação sob outro ponto de vista, traz para sua teoria as ideias de ontogênese, reticulação e feedback (retroalimentação). Sobre os objetos técnicos, estéticos e sagrados, concebe-os a partir de um método de gênese, tendo uma visão não instrumentalista dos objetos e das máquinas. (Hildebrand e Oliveira, 2023, p. 124)



A seguir vamos observar com as TUIs se comportam quando são acopladas às plataformas de IA e como alguns autores tratam dessas interfaces.

Visões sobre as TUIs quando acopladas às IAs

Ao explorar o pensamento de outros autores como Daniel Wigdor, Dennis Wixon, Sara Diamond et al., Joshua Tanenbaum, Pattie Maes, David Kirsh e Paul Maglio e os brasileiros Rodrigo Oliveira do Carmo e Claudio Pereira de Sampaio, é possível obter uma compreensão mais aproximada das interações entre as TUIs e as IAs. Daniel Wigdor e Dennis Wixon são conhecidos por suas contribuições no campo da interação humano-computador, abordando temas relacionados à interação física e digital, que podem ser aplicados ao contexto das TUIs e das plataformas de IA. Embora esses pesquisadores não tenham se dedicado exclusivamente às relações entre essas duas interfaces, eles tratam das interações naturais como interfaces de usuários, associado ao conceito de RA. Ambos são autores do texto “Brave NUI World”, que é considerado o primeiro guia prático para o design de interfaces de usuário baseado no toque e gesto.

A partir de uma iniciativa da Microsoft, o manual (Surface®) trata de uma mesa interativa com multi-toque e multiusuário. Esse guia abordou conceitos sobre as Interfaces de Usuário Naturais (NUI) e passou a fornecer ferramentas e informações necessárias para integrar práticas baseadas nos toques e gestos no trabalho diário dos designers apresentando cenários, resolução de problemas, metáforas e técnicas destinadas a evitar erros. O guia apresenta trinta cenários sobre esse tema que oferecem aos profissionais dessa área considerações que permitem tomar decisões a respeito do design e dos erros que são produzidos por eles, para que isso não se repita. O texto é sobre design de interface de usuário, design de interação, software e informação e, ainda trata da arquitetura das informações. Por outro lado, Sara Diamond, Ana Jofre e Steve Szigetzi afirmam que

a maior parte da nossa tecnologia digital está confinada as telas, ponteiros e teclados (conhecidos como interfaces WIMP), mas a interface padrão está se movendo rapidamente em direção às telas sensíveis ao toque, que aproveita nossos gestos intuitivos e nos permitir aplicar o senso de toque na tarefa (Wigdor, Wixon, 2011; Weiyuan Liu, 2010). A atual fase de desenvolvimento está na computação onipresente e na internet das coisas (Olson, Nolin, Nelhans, 2015), usando objetos do cotidiano para interagir com dados



e usando gestos naturais para formular operações. (DATJournal, 2016, p.3). (Tradução dos autores)⁵

Já o pesquisador Joshua Tanenbaum (et al.) explora a interação humano-computador e as questões relacionadas às tecnologias e sociedade. Seu trabalho aborda a integração das tecnologias inteligentes com as interfaces tangíveis e seus impactos sociais. No livro, “Interactive storytelling” (2011) eles abordam vários temas: a teoria da narratividade e interatividade, novas formas de autoria, personagens e agentes virtuais, produção de histórias e gestão de drama, narrativas em jogos digitais, avaliação e relatórios de experiência dos usuários e ferramentas para narrativas interativas. Como podemos verificar, a temática abordada por eles é relativa às questões narrativas que envolvem as tecnologias emergentes.

Entre esses vários pesquisadores que citamos, vamos dar atenção especial para Pattie Maes, que é conhecida por seu trabalho com as TUIs e os assistentes virtuais. Ela defende a ideia de que as tecnologias inteligentes devem ser projetadas para colaborar de forma eficaz com os seres humanos e explorar a produtividade e a criatividade por meio da cooperação entre as máquinas e os homens. As interfaces tangíveis que vão além das tradicionais telas e teclados, isto é, das interfaces WIMP, possibilitam interações mais naturais e imersivas identificadas como interoceptivos (que tratam da capacidade do cérebro de sentir as sensações internas do corpo, como fome, sede, cansaço e estresse). Maes, em seu texto “Modulação de sinais interoceptivos para influenciar a experiência consciente” (2023), afirma que

A modulação de sinais interoceptivos tem um grande potencial para o desenvolvimento de novas interações humano-computador, criando experiências dinâmicas capazes de envolver o nível emocional do usuário. ... Discutimos o potencial da modulação de sinais interoceptivos como um novo paradigma para o desenvolvimento de interações e intervenções afetivas para remodelar dinamicamente a experiência consciente.

⁵ Currently, most of our digital technology is confined to screens, pointers, and keyboards (known as WIMP interfaces), but the standard interface is rapidly moving towards the touch screens, which take advantage of our intuitive gestures and allow us to apply our sense of touch to the task (Wigdor, Wixon, 2011; Weiyuan Liu, 2010). The current phase of development is in ubiquitous computing and the internet of things (Olson, Nolin, Nelhans, 2015), using everyday objects to interact with data and using natural gestures to formulate operations.



Os assistentes virtuais pessoais e sistemas inteligentes auxiliam os usuários em suas tarefas diárias. E, segundo Maes, a computação vestível e ubíqua, onde os dispositivos e sistemas estão acoplados de maneira invisível ao seu entorno, podem criar experiências mais integradas à vida cotidiana de forma mais natural explorando o meio ambiente associado, como argumentou Simondon. Assim, a fim de melhorar a adaptabilidade e a capacidade de resposta desses sistemas computacionais, devemos incorporar técnicas de aprendizado de máquina às IAs demonstrando preocupação com a privacidade e segurança e sempre valorizando o design centrado no usuário.

Reconhecimento dos Objetos Técnicos e dos Padrões das IAs:

A capacidade de reconhecimento dos objetos e de padrões específicos devem ser aprimoradas com a presença das IAs. Elas e as interfaces tangíveis podem utilizar algoritmos de aprendizado de máquina para identificar e interpretar objetos físicos, permitindo uma interação mais personalizada com os usuários. David Kirsh e Paul Maglio (1994) são pesquisadores da área de ciência cognitiva que trata das IAs e contribuíram significativamente para a compreensão da interação entre seres humanos e sistemas inteligentes. Suas reflexões relacionam cognição distribuída ao papel crucial da interação entre humanos e artefatos tecnológicos. Um conceito importante tratado por Kirsh e Maglio é a “**cognição estendida**” que sugere que a cognição não está limitada ao cérebro humano, mas pode acontecer além dele, incorporando artefatos e ferramentas externas. Assim, propõe que as atividades cognitivas podem ser distribuídas entre a mente humana, meio ambiente e à escolha de ferramentas que fazem parte do processo cognitivo.

Portanto, não são escolhas arbitrárias, mas sim complementares. Como vimos, para Simondon, a resolução de problemas e as tomadas de decisões não estão restritas apenas ao cérebro humano, mas devem ser estabelecidas entre a mente humana, o corpo e o meio ambiente associado. Nas ideias desse filósofo e tecnólogo francês, quando tratamos desse tema, encontramos implicações profundas sobre o design de sistemas interativos, interfaces de usuários e compreensão da natureza distribuída da cognição. Essa perspectiva é muito importante para as áreas de IA, design de interação e ciência cognitiva.

IA e os conceitos de Design Especulativo, Responsivo e Adaptativo e Interação Ubíqua



Temos várias formas de observar os aspectos que envolvem o design: design especulativo, responsivo e adaptativo, além da interação ubíqua. A seguir, vamos tratar do design e dos conceitos que são identificados quando acoplamos as TUIs às IAs, iniciando pelo **design especulativo** que ao contrário das abordagens convencionais propõe um olhar audacioso para desenvolvimento das tecnologias do futuro, condizente com a abordagem a respeito das IAs.

O termo design especulativo foi criado por Anthony Dunne e Fiona Raby em "Speculative everything: design, fiction and social dreaming" (MIT PRESS, 2013) e descreve um método de observação das ferramentas tecnológicas com o olhar voltado para as projeções futuras. O processo de desenvolvimento de interfaces envolvendo o design especulativo está integralmente adequado às IAs. Para Dunne e Raby esse tipo de design permite criar interfaces e não apenas objetos de design, mas devem se adequar aos usuários e, certamente, devem ser produzidas com o olhar para o futuro. Para eles, o design é uma forma de especulação sobre como as coisas poderiam ser e, assim, devem sempre estar especulando futuros possíveis. Verificamos que não são tipos habituais de projeção de design, mas, sempre devem identificar tendências futuras.

Esses dois pesquisadores colocam reflexões do tipo “e se” que abre o debate sobre o tipo de design que teremos no futuro. Dunne e Raby exploram as áreas de artes plásticas, arquitetura, cinema e fotografia com os olhos voltados para o futuro e, assim, realizam especulações para realidades mais maleáveis. As reflexões do design especulativo aumentam as probabilidades de alcançar futuros desejáveis para o desenvolvimento das IAs e, assim, deve ser pensado em seu processo de criação, extrapolando padrões estéticos visuais e, ao refletir sobre o futuro, antecipam mudanças que orientam o desenvolvimento das tecnologias e interfaces emergentes.

Com base em análises de dados e aprendizado de máquina profundo, encontramos as IAs sendo criadas a partir de propostas especulativas que extrapolam as expectativas convencionais e estimulam o desenvolvimento das interfaces em função de outros patamares. Como ponto de partida, o design especulativo ao ser pensado para as plataformas de IA, deve ser guiado por princípios éticos, assegurando o respeito aos valores básicos da sociedade. E, numa conclusão parcial, observamos que a união entre TUIs e as plataformas de IA, ao ser criada levando em consideração o design especulativo, obviamente, explora futuros potenciais e desafia convenções que redefinam os padrões estéticos e o próprio significado da inovação. À medida que nos



aventuramos nesse território promissor, é imperativo manter um equilíbrio entre a ousadia especulativa e a responsabilidade ética, construindo um futuro onde a criatividade e o uso da inteligência artificial devem convergir harmonicamente.

Outro aspecto importante que devemos tratar para o desenvolvimento dessas interfaces é o **design responsivo**, que foi concebido para se adaptar a diferentes dispositivos e tamanhos de tela, resultando em interações mais inteligentes e personalizadas. A convergência entre as TUIs e IAs leva em conta o design responsivo, pois deve ser considerado como uma inovação na visualização das experiências digitais. As IAs, ao processarem uma grande quantidade de dados, identificam padrões de comportamento dos usuários e essa perspicácia é crucial no design responsivo, pois permite a criação de interfaces que se ajustam visualmente aos usuários além de antecipar as necessidades e preferências individuais de quem as usa.

No cerne da união das IAs com o design responsivo verificamos um processo dinâmico e adaptativo que pode analisar aspectos históricos das interações, antecipar intenções e ajustar a apresentação das informações em tempo real. Isso cria um diálogo contínuo e personalizado entre as máquinas e os usuários. A personalização é um aspecto importante do processo de criação das IAs porque utiliza algoritmos avançados que podem customizar as aparências e os conteúdos, proporcionando uma jornada única para cada indivíduo. Esse tipo de abordagem personalizada aprimora a satisfação do usuário e a eficácia das interações. Além do que, potencializa padrões estéticos visuais que transcendem as funcionalidades dessas interfaces, ajustando a estrutura e o *layout* de interações passadas de preferência dos usuários.

Dessa forma, as interfaces estão em constante evolução, alinhando-se de maneira orgânica às demandas dos usuários. A transparência e a segurança devem ser prioridades, garantindo que a personalização não comprometa a integridade dos dados. A sinergia entre as TUIs, IA e design responsivo redefine a experiência do usuário, oferecendo não apenas uma adaptação visual, mas uma interação proativa e personalizada. O design responsivo aplica-se a um conjunto de técnicas que otimiza essas interfaces e permite que elas sejam acessadas por qualquer tipo de dispositivo móvel (smartphone, tablet, notebook e desktop), independentemente da resolução de suas telas.

Outro aspecto relevante que envolve as TUIs e IAs é o **design adaptativo**. Ele trata da capacidade de se ajustar dinamicamente às necessidades dos usuários e, assim, deve ser pensado para elevar a personalização dessas ferramentas a parâmetros mais



interativos. Essas ferramentas ao processar dados em tempo real e identificar interações passadas, que despertam novos insights sobre o comportamento e preferências dos usuários, proporcionam grandes avanços neste tipo de criação. Esse entendimento profundo é a essência do design adaptativo que não está preso apenas à estética visual, mas se amplia nas funcionalidades e estruturas personalizadas dos conteúdos.

Essa personalização transcende a simples customização dos layouts e antecipa necessidades dos usuários, criando uma experiência fluida e intuitiva. Desde a disposição dos elementos na interface até a apresentação de conteúdo específico, cada interação é moldada de maneira única para atender às expectativas individuais. À medida que as IAs continuam aprendendo e evoluindo, o design adaptativo responde dinamicamente, ajustando-se em tempo real às mudanças nas preferências dos usuários. A flexibilidade do design adaptativo impulsionado pela IA é particularmente evidente em diversos contextos, desde websites e aplicativos até dispositivos inteligentes emergentes.

Em um mundo onde as plataformas estão constantemente sendo criadas e modificadas, a necessidade de adaptações garante uma consistência na experiência do usuário. Em resumo, a criação de plataformas de IA observando os padrões de design especulativo, responsivo e adaptativo inauguram posicionamentos em que a visão de futuro, a preocupação com interfaces gráficas que se adaptam dinamicamente aos usuários e, obviamente, a preocupação com a geração de elementos mais personalizados, ampliam os padrões de interação digital. A adaptabilidade contínua é um aspecto que atende às expectativas crescentes de quem usa essas ferramentas no mundo digital.

Por fim, vamos considerar a **computação ubíqua** que expande a interação homem-máquina para além dos computadores, envolvendo objetos inteligentes que compartilham informações. Apesar da computação ubíqua ser considerada um conceito revolucionário, Mark Weiser acredita nas transformações que ocorrem nas interfaces de forma mais natural, rápida e fácil, sem a introdução de algo novo (2006). Redes *wireless* conectam-se a muitos dispositivos e, assim, a computação ubíqua associada às tecnologias emergentes integram-se de forma transparente à vida cotidiana, tornando-se onipresente e praticamente imperceptível.

Segundo afirma Weiser, os dispositivos e sistemas computacionais deveriam adaptar-se ao contexto e às necessidades dos usuários, proporcionando uma



experiência mais natural e integrada e devem ser imperceptíveis. Ele destaca a importância de se criar tecnologias que não dominam o ambiente, mas que sejam discretas e sensíveis ao contexto, melhorando silenciosamente a qualidade de vida.

Embora o trabalho de Weiser tenha se concentrado mais na integração sutil da tecnologia com o ambiente físico do que especificamente com as IAs, os princípios tratados por ele que abordam a computação ubíqua podem ter implicações significativas para os ambientes digitais inteligentes. A interseção entre TUIs, IAs e interação ubíqua devem se apresentar de maneira invisível e onipresente no nosso dia a dia. A interação ubíqua refere-se à presença contínua e fluida da tecnologia em diferentes contextos e ambientes, e as IAs emergem como uma força propulsora para elevar essa interconexão a novos patamares. Assim podemos dizer que as IAs desempenham um papel fundamental na criação de assistentes pessoais inteligentes que se integram perfeitamente à nossa rotina, aos ambientes inteligentes e sensíveis aos contextos definindo pela interação ubíqua que se molda às preferências e necessidades dos usuários em tempo real e de forma quase invisíveis.

Outro aspecto que deve ser considerado quando tratamos da interação ubíqua são os dispositivos múltiplos: as IAs facilitam a transição suave entre diferentes dispositivos, permitindo uma experiência contínua e sutil. Por exemplo, quando começamos uma tarefa em um smartphone e vamos completá-la em um dispositivo de realidade aumentada, devemos tratar de uma experiência coesa e integrada. Desde recomendações personalizadas até transações sem atritos, a interação ubíqua redefine a maneira como devemos nos envolver ao acessarmos esses serviços.

O aprendizado e a adaptação contínua das IAs facilitam a aprendizagem contínua sobre nossas preferências e comportamentos, melhorando a precisão das interações, as experiências mais intuitivas e personalizações ao longo do tempo. Assim, a inclusão digital por meio da interação ubíqua é garantida e se torna mais acessível a todos porque permite uma mediação garantida sem esforços. A evolução da interação ubíqua impulsionada pela IA promete transformar a maneira como vivemos e nossos relacionamentos com os objetos conectados do ambiente digital. No entanto, é essencial refletimos sobre os desafios éticos, garantindo que essa conectividade ininterrupta respeite princípios fundamentais entre os seres humanos, promovendo assim, uma coexistência harmoniosa entre inteligência artificial e a interação ubíqua.



As TUI, IA e a Ética

Entre os vários aspectos que envolvem as TUIs e IAs é fundamental abordarmos as **questões éticas** relacionadas à privacidade e segurança dos dados quando eles são personalizados. É fundamental garantir a transparência e o controle das informações obtidas dos usuários quando esses dados são compartilhados nos ambientes digitais. Também é essencial garantir a confiança dessas informações ao serem utilizadas nestas plataformas, pois, quando tratamos das IAs devemos ter como ponto central os padrões éticos e as reflexões e ações relevantes (BIRD et al., 2016; LESLIE, 2020).

A discussão sobre ética, interação tangível e IA é importante porque possibilita tratar de outras questões maiores, como a relação entre os seres humanos e as máquinas. A automação tornou-se uma questão relevante após a Segunda Guerra Mundial, pois passou a ser aplicada ao processamento de dados e aos dispositivos de consumo. O usuário deixa de ser um interator e assumi o controle das operações que permite que a atenção humana possa ser voltada para o que realmente interessa (HUHTAMO, 2020, p.8).

Os padrões éticos aplicados às IAs passam a ser elementos essenciais e problemáticos porque com os algoritmos desenvolvidos reproduzimos preconceitos que são determinados pelos dados que usamos para o treinamento das IAs. Os algoritmos e sistemas desenvolvidos podem provocar decisões injustas e consequências indesejáveis. Para evitar tais problemas, é crucial garantir a transparência no processo de tomada de decisão dessas ferramentas. Também é importante reconhecer que as máquinas podem exibir comportamentos desobedientes (Caldas, 2023), o que, paradoxalmente, pode ser uma qualidade desejável para a criatividade e a autonomia.

Os algoritmos das IAs tratam de decisões realizadas por meio de dados armazenados e projetados pelos bancos de dados que subsidiam as IAs. Portanto, devemos garantir a transparência desse processo de tomada de decisão para evitar discriminações injustas e consequências indesejáveis. Os algoritmos reproduzem preconceitos quando os dados de treinamento das IAs são elaborados e reproduzem vieses dos parâmetros de treinamento que são transferidos para esses dados a partir de opiniões de que os treina.

Ao proteger as coletas de dados que alimentam os algoritmos de IA devemos ter preocupações em relação à privacidade das informações. Proteger esses dados e a



autonomia da IA é estabelecer medidas de segurança que são imperativas para evitar abusos e orientações prejudiciais aos resultados produzidos pelos algoritmos. Definir limites claros para os mecanismos de intervenção humana são essenciais para esses sistemas. Embora os sistemas de aprendizado de máquina estejam implicados em viés determinados pelos algoritmos (Diakopoulos, 2015; Eubanks, 2018), eles existem antes de serem codificados em um conjunto de dados e nas redes de aprendizado profundo que servem como base para o treinamento dessas interfaces inteligentes.

Os padrões éticos no desenvolvimento de IAs incluem a consideração dos impactos sociais e das inclusões de diversas perspectivas e opiniões. As colaborações entre pesquisadores, desenvolvedores e especialistas em ética são cruciais para garantir abordagens mais corretas na criação desses bancos de dados. Enfrentar essas questões requer uma abordagem colaborativa e multidisciplinar, envolvendo governos, empresas, pesquisadores acadêmicos e a sociedade em geral.

Neste contexto, segundo Huhtamo (2020), uma noção relevante a ser destacada é o 'pós-humanismo', que tem sido definido como um termo guarda-chuva para "posturas analíticas que concedem agência a entidades não humanas e que diminuem as diferenças entre agência humana e não humana" (2020, p. 8). A teorização pós-humana está envolvida em repensar a agência e repensar aspectos éticos. Assim, podemos perguntar: pode a IA ser considerada pós-humana? E, caso positivo, quais as implicações éticas dessa suposição?

A AI aplicada a um objeto técnico conectado opera de forma independente tomando decisões com base em dados de várias fontes sem a intervenção humana. No entanto, elas carecem de raciocínios ou reflexões independentes, que são normalmente associadas à inteligência humana. Do ponto de vista ético, isso levanta preocupações sobre as implicações de atribuir agência a entidades não humanas e as potenciais consequências de suas ações, especialmente em situações onde vidas humanas possam estar em jogo.

Tradicionalmente, a capacidade de agir, influenciar eventos e ponderar sobre as implicações de ações, tanto próprias quanto alheias, tem sido reservada aos seres humanos considerados realmente 'inteligentes'. Outras formas de ações foram interpretadas como projeções mentais humanas ou vistas como incompletas, motivadas por instintos, reações automáticas ou sequências de eventos causais. Surgem questionamentos sobre animais, elementos naturais como pedras, rios, ventos e tempestades, assim com artefatos criados pelo homem, máquinas e agentes de



software, que podem possuir algum grau de agenciamento. Essas indagações têm gerado debates e objeções entre estudiosos dentro do campo das IAs.

Características das Interfaces Gráficas Tangíveis e IAs

Os **Assistentes Virtuais e Chatbots**, que são interfaces gráficas, interagem por meio de texto e voz, permitindo que os usuários façam perguntas, obtenham informações e executem tarefas simples. Eles usam algoritmo de IA como processamento de linguagem natural (PLN) para entender e responder às consultas dos usuários. Porém, o reconhecimento de imagens e vídeos estão se tornando cada vez mais sofisticados no reconhecimento dos objetos, rostos e emoções, através das informações imagéticas e videográficas, que se tornam importantes aplicativos das mídias sociais. As IAs são utilizadas para personalizar as interfaces gráficas, oferecendo recomendações únicas com base no histórico de uso, preferências e comportamentos dos usuários.

A IA permite que interfaces gráficas compreendam e gerem linguagem natural, tornando possível a interação por meio de *chatbots* avançados, tradução automática, sumarização de textos extensos, análise preditiva e visualização de dados que passam a ser alimentados pelas IAs que podem processar grandes conjuntos de dados, identificar padrões e apresentar visualizações claras e significativas para os usuários, ajudando na tomada de decisões. Outro aspecto importante das IAs são as experiências imersivas por meio das ferramentas de RA e RV, permitindo interações mais intuitivas e realistas em interfaces gráficas. Por fim, as IAs devem ser utilizadas para proteger as interfaces gráficas contra ameaças cibernéticas, identificando padrões suspeitos e prevenindo ataques.

À medida que a IA continua a evoluir, espera-se que as interfaces gráficas se tornem mais inteligentes, intuitivas e adaptáveis, melhorando assim a experiência do usuário em uma variedade de contextos e aplicativos. As interfaces tangíveis referem-se a formas de interação com computadores e sistemas digitais que envolvem a manipulação física de objetos no mundo real. A IA pode desempenhar um papel significativo na interpretação e resposta a essas interações tangíveis. Assim, das IAs, destacamos o reconhecimento de gestos e objetos, os sistemas computacionais que podem utilizar algoritmos de visão computacional para reconhecer esses gestos, movimentos e objetos em tempo real, permitindo que as interfaces tangíveis interpretem ações dos usuários, como toques, movimentos e manipulações de objetos.



O aprendizado de máquina pode permitir a personalização e a adaptação dessas interfaces aos usuários por meio dos sensores táteis. A IA pode interpretar dados desses sensores para entender a intensidade, a pressão e outros aspectos do toque, melhorando a precisão na interpretação das interações. Finalmente, se as interfaces tangíveis envolverem feedback verbal, a IA pode processar comandos de voz e fornecer respostas utilizando PLN.

Por fim, devemos destacar que as interfaces tangíveis e as IAs, se estiverem relacionadas aos ambientes de RA ou RV podem ser usadas para aprimorar a interação oferecendo reconhecimento de voz, tradução de gestos para ações virtuais, entre outras funcionalidades. O reconhecimento biométrico também é um ponto importante porque reconhece características únicas do usuário, como impressões digitais, reconhecimentos faciais e, junto com os sistemas de colaboração entre humanos e máquinas, interpretam ações físicas e integram esses sistemas de maneira inteligente. O desenvolvimento contínuo das IAs proporciona avanços significativos na interação homem-máquina, tornando as interfaces tangíveis mais intuitivas, adaptáveis e eficientes. Como já afirmamos, é crucial considerar questões éticas, como privacidade e segurança, ao implementar essas tecnologias.

Considerações Finais

Ao concluir esse artigo constatamos que ao acoplar as TUIs às IAs observamos mudanças significativas nos processos de interação dos humanos com as máquinas digitais elevando as experiências dos usuários a patamares mais complexos, envolventes e personalizados. De fato, notamos transformações importantes nas formas como os usuários interagem com o mundo digital. Essa convergência de interfaces não facilita apenas a interpretação dos usuários, mas também proporciona interações mais personalizadas, adaptativas e inteligentes.

As IAs capacitam as interfaces tangíveis a interpretar o contexto do usuário de maneira mais complexa e avançada. Com base em dados coletados e com análise das informações em tempo real, efetivamente, podemos compreender melhor as intenções e necessidades dos usuários, adaptando as interações de acordo com o contexto ambiental dos usuários. Elas permitem personalização dinâmica para as TUIs e a possibilidade de ajustes automáticos e dinâmicos a fim de atender melhor às preferências dos usuários.



As tomadas de decisões envolvem algoritmos que tornam esses artefatos de algum modo mais inteligentes, envolvendo seleção automática de opções com base em padrões identificados pelas IAs, que resultam em interações mais eficientes e adaptadas aos contextos interativos. De fato, as IAs capacitam as interfaces tangíveis com habilidades avançadas de reconhecimento de padrões e isso pode incluir a identificação de gestos, objetos ou símbolos, ampliando as possibilidades de interação e proporcionando uma experiência mais intuitiva.

Desse modo, verificamos que as IAs podem antecipar e reagir instantaneamente às mudanças ambientais ou dos padrões de interação, criando experiências mais fluidas e naturais. Outro aspecto relevante é a capacidade de aprendizado contínuo da IA que impulsionam as evoluções das interfaces tangíveis ao longo do tempo. À medida que a IA acumula dados e experiências, ela aprimora sua capacidade de evolução resultando em interações cada vez mais sofisticadas e alinhadas às necessidades dos interatores.

As IAs ao serem acopladas as TUIs possibilitam a integração de diversos canais de interação, como toque, gestos, voz, rastreamento facial e dados biométricos e, com isso, potencializam a capacidade das interfaces tangíveis de lidarem com problemas mais complexos. Ao processar grandes volumes de dados e aplicar algoritmos avançados elas podem contribuir para a resolução de problemas que vão além da capacidade dos sistemas convencionais.

Finalmente, à medida que a IA se torna capaz de interagir fisicamente com os humanos, surgem preocupações éticas relevantes, quando elas têm a capacidade de "tocar" ou até mesmo "comandar" os humanos. É fundamental definir limites claros para garantir a segurança e a dignidade das pessoas envolvidas. A implementação de IA em interfaces tangíveis pode gerar dilemas éticos complexos e, ao mesmo tempo, gerar potenciais benéficos que acarretam em melhorias da mobilidade e da interação com robôs que nos auxiliam nas tarefas diárias. Por outro lado, essas tecnologias também podem representar uma invasão de privacidade e autonomia, especialmente se a IA não for devidamente regulamentada e supervisionada. Portanto, é essencial que os desenvolvedores de IA considerem cuidadosamente os aspectos éticos e os limites da interação física entre humanos e IA.

Ao examinarmos exemplos de interfaces que remetem a uma prática ancestral de toque podemos destacar a importância de manter a humanidade e a empatia no desenvolvimento das tecnologias das IAs, respeitado o acoplamento com as TUIs, em



vez de apenas buscar eficiência ou conveniência. Devemos considerar o impacto emocional e social das interfaces tangíveis quando temos uma abordagem ética e reflexiva que priorize o bem-estar humano acima de tudo.

Referências

BIRD, Sarah (et al.). **Exploring or Exploiting? Social and Ethical Implications of Autonomous Experimentation in AI**, (October 2, 2016). Workshop on Fairness, Accountability, and Transparency in Machine Learning, 2016.

CALDAS V. B. **The Bartleby Machine: exploring creative disobedience in computers**. Artnodes, n. 32, pp. 1-10, 2023.

CARMO, R. O. e SAMPAIO, C. P. O avanço da inteligência artificial e o impacto nas interfaces de dispositivos móveis. Em **Projética**. Londrina: v. 13, n. 2, pp. 277-303, 2022. Disponível em <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/projetica/article/view/42483/48131>. Acesso em 15 fev. 2024.

DIAKOPOULOS, N. Algorithmic accountability: Journalistic investigation of computational power structures. **Digital Journalism**, n.3, pp.398-415, 2015.

DIAMOND, S.; JOFRE, A. e SZIGETI, S. Transdisciplinarity: Projects, Materials, and Processes. Em **DATJournal: Design Art and Technology**. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, v.1 n.2 2016, p.3

DUNNE, A. e RABY, F. **Speculative Everything: Design, fiction and social dreaming**. Cambridge: MIT Press, 2013.

ELGAMMAL, A.; MAZZONE, M. **Artists, Artificial Intelligence and Machine-based Creativity in Playform**. Artnodes, n. 26, pp. 1-8, 2020.

EUBANKS, V. **Automating Inequality: How High-Tech Tools Profile, Police, and Punish the Poor**. St. Martin's Press. 2018.

HILDEBRAND, H. R. e OLIVEIRA, A. M. Objetos artísticos digitais diante dos processos de mediação e interação. Em **DATJournal: Design Art and Technology**. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, v8, n3, 2023. p. 124)

HUHTAMO, E. **The self-driving car: a media machine for posthumans?** Artnodes, n.26, pp. 1-14, 2020.

ISHII, Hiroshi; ULLMER, Brygg. Emerging Frameworks for Tangible User Interfaces. In CARROLL, John (Ed.). **Human-Computer Interaction in the New Millenium**. Indianapolis: Addison-Wesley, pp. 579-601, 2001.

KIRSH, D. e MAGLIO, P. **On distinguishing epistemic from pragmatic action**. Cognitive Science, v. 18, n. 4, pp. 513-549, 1994.



LESLIE, David. **Understanding Artificial Intelligence Ethics and Safety: A Guide for the Responsible Design and Implementation of AI Systems in the Public Sector**, June 10, 2019. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=3403301> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3403301>. Acesso em 03 de março de 2024.

MAES, P. **Modulação de sinais interoceptivos para influenciar a experiência consciente**. Boston: MIT, 2023. Disponível em <https://www.media.mit.edu/publications/modulating-interoceptive-signals-for-influencing-the-conscious-experience/>. Acesso em 13 fev. 2024.

PORTELA, G. B. e HILDEBRAND, H. R. Objetos conectados: Design especulativo e experiência em interfaces tangíveis espaciais, construtivas e relacionais. Em **Revista de Estudos em Design (online)**. Rio de Janeiro: v. 32, n.1, 2024.

SIMONDON, G. **Du mode d'existence des objets techniques**. Paris: Aubier, 2008.

TANENBAUM, J. (et al.) Interactive Storytelling. **Proceedings 4th International Conference on Interactive Digital Storytelling**. Vancouver, Canada: Springer, Nov 28-1, 2011.

WEISER, M. **The Computer of the 21st Century**. Indianapolis: New Riders, 2006.

WIGDOR, D. e WIXON, D. B. NUI. **World designing natural user interfaces for touch and gesture**. Morgan Kaufmann, 1ª Edição, e-Book Kindle, 2011.

★

Este é um ARTIGO publicado em acesso aberto (*Open Access*) sob a licença *Creative Commons Attribution*, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições, desde que o trabalho.