

Recebido em: 03 nov. 2024
Aprovado em: 03 dez. 2024

dx.doi.org/
10.23925/1984-3585.2024i2930p32-58

Licensed under
[CC BY 4.0](#)

Traços quânticos na cultura: incerteza criadora

Diana Maria Gallicchio Domingues¹

Pedro Gabriel Ubatuba de Faria Denega²

Resumo: A formulação da teoria quântica, em meados do século XX, configurou uma série de mudanças em domínios científicos e culturais. A partir da perspectiva das artes, analisamos algumas proposições da física quântica como a incerteza em bases probabilísticas e estados emergentes, que alteram nossa visão da realidade, destacando seu impacto filosófico, histórico, epistemológico e antropológico. O trânsito entre conhecimentos de vários domínios e temas entre arte e tecnociência, dialogando com as tecnologias, gera a transdisciplinaridade que rege o conhecimento dos dias atuais de natureza pós-biológica. Questões que extrapolam o existir natural com tecnologias acrescentam à mecânica clássica elementos componentes próprios das revoluções quânticas, que, ao mesmo tempo, servem como pensar artístico e ressignificam os modos de viver em uma humanização e naturalização das tecnologias por diferentes tipos de interfaces. Abordamos exemplos autorais de experiências passadas da aplicação de sensores, softwares de sistemas inteligentes dotados de respostas gerativas e autônomas, chegando aos sistemas enativos afetivos, em mútua relação entre organismos, dados e ambiente, num outro tipo de ecossistema. O ensaio faz também uma análise histórica de alguns autores fundamentais no campo da mecânica quântica e suas bases para a arte e tecnociência. Objetiva-se iluminar a intrincada e muitas vezes ignorada relação entre arte, tecnologia e física moderna, destacando o impacto cultural e a inovação epistemológica que surgem da física quântica e o fim das certezas.

Palavras-chave: arte e tecnociência; física quântica; sistemas interativos e enativos; ciência da interface; transdisciplinaridade.

¹ Fundadora e diretora do LART e pesquisadora colaboradora no Instituto de Computação da UNICAMP. Com doutorado em Comunicação e Semiótica pela PUC/SP e pós-doutorado em Arte & Tecnologias da Imagem na Universidade Paris VIII, Professora Colaboradora Plena Sênior do Programa de Pós-Graduação em Eng. Biomédica – FGA Universidade de Brasília – FGA (2010) e do PPG em Ciências e Tecnologias em Saúde – UnB Ceilândia. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0419-5098>. E-mail: dgdomingues@gmail.com.

² Graduando em Física (bacharelado) na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista de Iniciação Científica com o projeto “Análise de Interações de QS-21 com Simulações de Dinâmica Molecular”. Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-6641-4839>. E-mail: pedrodenega@gmail.com.

Quantum traces in culture: Creative uncertainty

Abstract: The formulation of quantum theory in the mid-20th century brought about a series of changes in scientific and cultural domains. From the perspective of the arts, the paper analyzes some propositions of quantum physics, such as the uncertainty on probabilistic bases and emergent states, which alter our view of reality, highlighting their philosophical, historical, epistemological and anthropological impact. The transition between knowledge from various domains and themes between art and technoscience, dialoguing with technologies, generates the transdisciplinarity that manages the current knowledge of a postbiological nature. Questions that go beyond natural existence with technologies add to classical mechanics elements that are components of quantum revolutions, which, at the same time, serve as artistic thinking and resignify ways of living in a humanization and naturalization of technologies through different types of systems and interfaces. We address authorial examples of past experiences in the application of sensors, intelligent systems software with generative and autonomous responses, and even affective enactive systems, in a mutual relationship between organisms, data and the environment, in another type of ecosystem. The essay also provides a historical analysis of some fundamental authors in the field of quantum mechanics and their foundations for art and technoscience. The aim is to illuminate the intricate and often ignored relationship between art, technology and modern physics, highlighting the cultural impact and epistemological innovation arising from quantum physics and the end of certainties.

Keywords: art and technoscience; quantum physics; enactive systems; interface science; transdisciplinarity.

*Com o advento da mecânica quântica,
o mundo passou de engrenagem
precisa à loteria cósmica.
Ian Stewart (1993)*

Um pouco sobre horizontes da física quântica

Ao falarmos em horizontes de uma cultura, estamos propondo para além do abstrato, do filosófico, acentuando algo de natureza física, presencial, ou seja, um cenário para os atos do cotidiano. Queremos reforçar o estar no mundo por modos de viver com a consciência reenquadrada pela presença das tecnologias nos atos diários. No caso da cultura quântica, em bases de um existir pós-biológico, expandido por tecnologias de cognição incorporada a sistemas, não é mais um horizonte como linha definida, imóvel e inerte. O existir expandido na sua horizontalidade tranquila e ações deterministas se altera para viver em saltos de realidades mutantes, estados disruptivos, longe das certezas e da rigidez do imóvel, do fixo e do definitivo. Trata-se de um horizonte, fora da linearidade, para um estado de devir de natureza física, como mundos possíveis e de consciência reenquadrada. Joga-se com a probabilidade própria da física e de seus fenômenos, indo para além da mecânica clássica, para afirmar acidentes, episódios e acontecimentos que alteram a noção de organismo, e de cenários como lugares determinados e definidos. São modos de existir que assumem a imprevisibilidade, a mutabilidade e estados emergentes por presenças conectadas a tecnologias e regidas pelo princípio da incerteza, como propõe Prigogine (1996). Nada mais atrativo para o artista do que pensar esses mundos possíveis, surpreendentes, incríveis, estranhos, que convidam à imaginação da realidade como ela pode ser.

Desde a antiguidade, vemos as descobertas da então chamada filosofia natural levar a grandes evoluções em outros campos do conhecimento e na produção cultural, em termos técnicos, hoje ampliados pelos sistemas e suas lógicas operacionais, e na segunda geração da interatividade por sistemas com autonomia e inteligência. Hoje estamos imersos em mundos que mesclam dados com qualidades físicas em ações locadas, ubíquas, expandido o estar e agir. Ontologias e epistemologias renovadas têm a arte como um grande laboratório para a ciência. A partir do desenvolvimento científico e tecnológico, conseguimos dar novo olhar a experimentos e a fenômenos naturais, que nos permitem traçar padrões estéticos e a encontrar potencial artístico no que antes era ignorado, ou até invisível e inimaginável.

Na verdade, poucas coisas são tão associativas quanto a arte e a compreensão da natureza. A física moderna, contudo, rompe com paradigmas da mecânica clássica a partir da Teoria da Relatividade de Einstein e da Mecânica Quântica. Essa última, objeto de estudo do presente artigo, inunda o meio artístico de uma outra temática: uma visão de mundo menos determinista e menos objetiva, uma vez que, por séculos, cientistas e filósofos acreditavam em um mundo de leis fixas e imutáveis em que, com as informações necessárias, poderíamos prever perfeitamente qualquer fenômeno. A arte estava presa a suportes, definida em narrativas e não se abria a cópulas estruturais com linguagens de criação. Um mundo se abre com as contribuições da física quântica. Segundo a Interpretação de Copenhague, proposta em 1927 por Bohr e Heisenberg para explicar a teoria quântica, há um paradoxo em tentarmos explicar as experiências obrigatoriamente pelos moldes da mecânica clássica, mesmo que sejam limitadas pelo princípio da indeterminação. A física quântica abraça, portanto, a probabilidade da ocorrência de determinado fenômeno como resposta, não pela falta de conhecimento de variáveis desconhecidas, mas pela interação entre observador e experimento e a própria incapacidade de mensura exata. Isso coincide com a superação da relação sujeito/objeto, a alteração da noção de autor e obra, imagem/objeto/espectador. Ou seja, a arte clássica e mesmo as mídias se apresentam de forma definitiva sobre diferentes suportes, ou mesmo para fotografia, congelando momentos da realidade, ou ainda no cinema em narrativas determinadas para serem interpretadas diante de telas, como um espectador que está fora da cena, assistindo e interpretando. Os sistemas de feedback, a partir das tecnologias, nas trocas de *input* e *output* vêm e se instalaram para reforçar o princípio de ocorrência da física em mundos a serem experimentados. É a arte do episódio, dos acontecimentos, sem limites de horizontes fixos e imutáveis, a arte da incerteza.

É válido destacar que, na Mecânica Quântica, o Princípio da Incerteza, em sua natureza estatística, nos permite algum grau de previsibilidade dos acontecimentos. Contudo, é evidente a revisão da causalidade e do determinismo, como destacou Albert Picot, em questionamento direto a Heisenberg em uma conferência em Genebra. No mesmo painel de debate, o físico alemão, em resposta a René Schaefer, compara o pensamento de Descartes, pai do racionalismo moderno (representado pela frase clichê “penso logo existo”), com uma partida de tênis por suas jogadas precisas, mas destaca a importância da causalidade no desenvolvimento científico desde Newton. Segundo ele, a física moderna é constituída por “uma fu-

são de finalidade e causalidade”, ou seja, há limites para o conhecimento objetivo humano, inclusive nas ciências exatas. Isso, claro, tem profundas implicações filosóficas que convergem para o tema central da discussão, e não deixam ignorar a complexidade das proposições quânticas.

A estranheza da teoria quântica é bem ilustrada pelo famoso experimento de dupla fenda, como descrito por John Polkinghorne em seu livro de divulgação científica *Teoria Quântica, uma Breve Introdução* (2011). A experiência consiste em um feixe contínuo de elétrons que, um a um, atravessam uma tela com duas fendas, que depois colidem em uma placa fotográfica, deixando, ao final, um padrão de difração com franjas claras e escuras, comum às ondas. Além de ressaltar o exemplo de dualidade onda/partícula, somos introduzidos ao princípio da sobreposição, uma vez que dizemos que um elétron passa por ambas as fendas ao mesmo tempo, pois só poderá haver padrão de interferência se puder passar por qualquer uma das duas. O estado do movimento, logo, é a adição das duas situações. Como consequência, perde-se a clareza do que ocorre ao longo do processo e se torna impossível prever os acontecimentos com exatidão em uma observação. Sobre isso, escreve o autor:

Suponha que modificássemos o experimento da fenda dupla colocando um detector próximo a cada uma das fendas de modo que fosse possível determinar por qual fenda o elétron passou. Acontece que essa modificação traria duas consequências. Uma delas é que, algumas vezes, o elétron seria detectado próximo à fenda A e, em outros, próximo à fenda B. Seria impossível prever onde ele seria encontrado em qualquer ocasião especial, mas, durante uma longa série de testes, as probabilidades relativas associadas às duas fendas seria de 50-50. Isso ilustra que, na teoria quântica, as previsões dos resultados de mensuração são estatísticas por natureza, e não deterministas. (...) A outra consequência seria a destruição do padrão de interferência na tela final. (Polkinghorne, 2011)

Na mesma direção, coloca-se o famoso experimento mental do Gato de Schrödinger, inicialmente de forma satírica, em que um gato preso em uma caixa está em sobreposição entre os estados de vivo e morto até que a caixa seja aberta. Com isso, um intrigante questionamento filosófico surge: o observador é capaz de construir a realidade? Apesar da física se referir ao observador como qualquer instrumento de laboratório, e não à consciência humana, distante de romantizações criadas pelos entusiastas de ficção científica, tiremos alguma licença poética para tratarmos de uma ideia tão universal e plenamente aplicável à arte, transcendendo o rigor das ciências exatas. Qual a relação entre a realidade artística e o “observador”? Sabemos que na atualidade, a arte dissolve a noção de observador,

seja pela sua ação na extração de significado ou pela sua atuação na própria construção da obra por meio da interatividade, como abordaremos. O fato é que várias são as conclusões que podemos tirar a partir dessa pergunta que, apesar da reformulação filosófica, parte de uma visão de mundo fortalecida pela física moderna. O espectador incluído no fenômeno ou ação.

Por mais que agora a física quântica nos evidencie um lado implícito e pouco intuitivo da realidade, baseado na probabilidade em vez da certeza, isso não é uma barreira, mas um estímulo para a arte, que sempre se dispôs a quebrar os limites da obviedade. A imaginação do artista visa explorar dimensões de difícil acesso aos sentidos humanos e até mesmo aquelas concebidas pela própria imaginação. Teorias científicas estão subjacentes e se encontram na história da arte como em Dalí e ou Escher, Julian Voss-Andrae, famoso por suas esculturas que “somem” a partir de certas perspectivas, entre tantos outros exemplos. Abraçando a visão indeterminista, o comportamento humano e acontecimentos experienciados a partir de tecnologias interativas e enativas abrem a existência para além dos próprios instintos, oportunizando realidades efêmeras que contrariam o racionalismo extremo, como propõe António Damásio (1994).

Não é exagero dizer que a mecânica quântica revolucionou o mundo além da física, inclusive em termos práticos. O seu advento deu também aos artistas acesso a novas escalas para investigar fenômenos, chegando a níveis subatômicos e em explicações de eventos macroscópicos que acrescem elementos, ganhando valor visual sob uma ótica criativa e surpreendente. Por sua vez, a arte se mostra uma valiosa aliada na produção de simulações e modelos gráficos para fenômenos e objetos, antes visualmente inacessíveis e inimagináveis.

Do contexto e contaminação transdisciplinar

Nesse contexto, as circunstâncias produtivas determinam a transdisciplinaridade com temas e objetos comuns a várias áreas, suas metodologias, seus princípios e, sobretudo, na dissolução do papel de artista e cientista, que revela seu lado mais profundo e distribuído por meio da tecnologia. A revolução quântica, ainda no século passado, desencadeou uma explosão no desenvolvimento tecnológico sem precedentes, contribuindo para a criação de ferramentas e sistemas que, hoje, são indispensáveis na produção artística. Por mais que a aplicação de alguns aparelhos presentes em nosso cotidiano pareçam ser governados exclusivamente

pela mecânica clássica por sua trivialidade, sua funcionalidade obedece a princípios sofisticados de física moderna. Mais do que isso, a arte com pressupostos da física e dos fenômenos existenciais é capaz de humanizar as tecnologias, demonstrando sua utilidade e a capacidade de despertar a afetividade com a utilização de processos consequentes das revoluções tecnológicas que serão abordadas na produção de obras e que ressignificam a realidade. Esse tema será desenvolvido em secção específica.

Considerando-se fundamental traçarmos a história das tecnologias quânticas, partindo dos primórdios da teoria, o presente texto explora a relação da arte com as tecnologias, sua humanização e naturalização a partir de uma visão indeterminista e transdisciplinar. Buscamos, também, traçar paradigmas para a arte, a partir de diferentes gerações de tecnologias quânticas.

Revolução quântica: da compreensão da matéria aos avanços tecnológicos

O entendimento da constituição da matéria ainda é, na verdade, bastante recente, apesar das primeiras propostas atômicas remeterem aos pré-socráticos, como Demócrito e Leucipo, podendo-se dizer que só tivemos um entendimento razoável da composição do átomo a partir da segunda década do século XX, com a proposição do modelo atômico planetário de Rutherford, que previa uma eletrosfera envolvendo um núcleo de cargas positivas, contendo a maior parte da massa do átomo. É notável que o modelo de Rutherford gera um grande problema à mecânica clássica, afinal, como os elétrons (de carga negativa) não colapsam no núcleo (de carga positiva)? Coube ao físico dinamarquês Niels Bohr propor uma solução com base em uma nova física que surgia: a teoria quântica.

Em dezembro de 1900, Max Planck, em um encontro da Sociedade Alemã de Física, sugeriu que a radiação de corpos negros poderia ser explicada de maneira discreta por meio de quanta (pacotes de energia), não contínua como no modelo clássico de Rayleigh-Jeans, que só concordava com dados experimentais em frequências abaixo do pico. Outra importante descoberta fora a lei do efeito fotoelétrico por Einstein em seu *Annus Mirabilis* de 1905, que para entender como a radiação eletromagnética arrancava elétrons de uma superfície metálica, tratou da natureza corpuscular da luz, cuja partícula seria, mais tarde, chamada de fóton. Segundo o próprio Einstein, “a ideia mais simples é que um quantum de luz transfere toda a sua energia a um único elétron: vamos supor que é isto que acontece” (Nussenzveig, 2014).

Assim, aplicando esses mesmos conceitos para o átomo, definiu-se que os elétrons estão dispostos em órbitas com níveis de energia quantizados em um modelo semiclássico. Um modelo atômico quântico, o mais aceito atualmente, viria em 1926 por Erwin Schrödinger. Para Richard Feynman, “o acúmulo gradual de informações sobre o comportamento atômico gerou uma confusão crescente, enfim resolvida em 1926 e 1927 por Schrödinger, Heisenberg e Born. Eles finalmente obtiveram uma descrição coerente do comportamento da matéria em pequena escala” (Feynman, 2023). As teorias de quantização de 1900 até esse período são, inclusive, chamadas de Antiga Teoria Quântica, mas, para alguns críticos mais contundentes, a década de 1920 é que marca o verdadeiro nascimento da física quântica.

O ponto é que compreender o funcionamento da matéria e da luz no nível quântico foi essencial para podermos manipulá-la, usando de tais princípios em nosso favor em tecnologias das mais sofisticadas às mais triviais. Os dispositivos criados a partir das descobertas desse ramo da física nas primeiras décadas do século passado, aproveitando de fenômenos naturais por ela explicados, fazem parte da chamada tecnologia quântica de primeira geração.

A partir do efeito fotoelétrico e da concepção do fóton, por exemplo, tivemos uma infinidade de novas criações e ajustes, como câmeras fotográficas, o laser, a fotocópia, diferentes tipos de sensores, células solares para a produção de energia e o GPS. Do mesmo modo, destacam Dowling e Milburn que “o entendimento do comportamento ondulatório do elétron nos permitiu desenvolver semicondutores e, consequentemente, a produção de chips e toda a indústria que movimenta a atual era digital, ao passo em que vemos a redução nanométrica dos objetos e uma melhora estrondosa na eficiência de outros mecanismos” (Dowling; Milburn, 2003). Segundo os autores, a tecnologia quântica, para assim ser considerada, deve estar calcada em princípios tais quais a quantização, o princípio da incerteza, a superposição quântica, entrelaçamento e decoerência. Em contraponto aos exemplos dados, a atual segunda revolução quântica apresenta uma nova geração de tecnologias em que o ser humano abandona um papel passivo sobre os fenômenos físicos e passa a aplicá-losativamente em produções artificiais, indo muito além da manipulação das propriedades presentes na natureza, chegando ao domínio dos próprios princípios ditados pela física quântica.

A segunda revolução quântica é marcada pela ciência da informação quântica (QIS, da sigla em inglês), englobando computação e comunica-

ções. Essa nova onda de desenvolvimento promete, sobretudo, uma capacidade muito maior de processamento de informação se comparado com as atuais tecnologias advindas da primeira revolução quântica (Deutsch, 2020), assim como maior segurança e precisão de sensoriamento. Apesar de caminhar a passos largos, a computação quântica ainda é considerada recente e pouco acessível (apenas poucas Big techs possuem computadores quânticos), entretanto, já aprofunda, há alguns anos, seu estudo em uma nova geração de algoritmos e criptografia, levando ao surgimento de sistemas híbridos que hoje se misturam organismos com dados e o híbrido do mundo da matéria, ao que chamamos sistemas biocíbridos (Domingues, 2010).

Arte como sistema humanizador da tecno ciência: consciência reenquadrada

Nada é tão recente. Em paralelo a abordagens tecnicistas das tecnologias nos anos 1980 e 90, grupos de filósofos, cientistas e artistas discutiam a presença das tecnologias em nosso contexto, sob o tema central da humanização. Em 1995, no Brasil, organizamos o evento A Arte no Século XXI: A Humanização das Tecnologias, considerado *landmark*, para o nosso contexto. A exposição e simpósio sob o mesmo tema, resultam em publicação específica, numa antologia com textos seminais, fonte de consulta intensa em todas as áreas. Por sua vez, em julho de 1997, participamos no Centro de Investigação Avançada em Artes Interativas (CAiiA), da Universidade do País de Gales, da primeira conferência “Consciência Reenquadra”, com curadoria de Roy Ascott. O filósofo Stephen Jones (2000) escreveu para o *Leonardo Journal* o artigo “Towards a Philosophy of Virtual Reality”. Tratou sobre obras de artistas no evento e focou na questão central da humanização das tecnologias. Ressaltou que ninguém tinha uma definição sobre o tema, mas o termo forneceu um grande estímulo para explorar ideias sobre a consciência: da neurofisiologia à inteligência artificial, da percepção extrassensorial às práticas de transe xamanístico, da Internet às instalações de RV (Realidade Virtual) e das formas construídas de ver ao papel da geometria na pintura. O interesse central foi discutir e tentar entender nossas atividades criativas com tecnologias. E desde aqueles inícios, surge a necessidade de “humanizar” a tecnologia, considerando aspectos biológicos e emocionais do nosso existir pós-biológico. Logo foi considerada a noção de *feedback* e questões de auto-organização para explicar nossas ações e consequências do que fazemos nesse existir expandido com sistemas artificiais mistura-

dos à vida. Assim, “humanizar” a tecnologia, e as consequências do que fazemos em outro tipo de existir, reforça a ideia de consciência e emergência. Aqui vamos chegar nos pressupostos do filósofo Daniel Dennett (1992), que defende a ideia de *emergence* para o estudo da consciência humana “control and communication in the animal and the machine”, propondo o mundo como um grande mecanismo ou sistema de feedback com tecnologias que ultrapassam as máquinas, ligadas à física e à mecânica clássicas, e lidando com “machines having features”. Um sistema que responde e se comporta como um sistema vivo, tendo organismos conectados, e o sistema replicando de maneira biológica, influenciadas por sinais artificiais: outro mundo intersticial então aparece, misturando carbono e silício. O corpo/sistema numa cópula estrutural (Maturana; Varela, 1980) fornecendo alguns comportamentos entre agentes artificiais e agentes naturais, organizando um ambiente complexo pelas trocas baseadas em interfaces de trabalho que conectam o corpo com o mundo artificial. O autor registra também que, em meu artigo “O Deserto das Paixões e a Alma Tecnológica”, é apresentado o potencial da RV para trazer à tona estados xamânicos. E compara esse potencial à ideia do deserto como um lugar para perder o eu, uma tela na qual nossos sonhos e desejos podem ser projetados, dando-lhe assim um papel na prática xamânica ou nas culturas antigas, tanto quanto tem um papel na cultura contemporânea (como evidenciado pelos muitos filmes em que o deserto aparece quase como um personagem). Segundo Stephen Jones, para Domingues a produção em RV é uma ação criativa ou um caminho de perder e encontrar o ego. No caso, falou de minhas intenções ao fazer instalações interativas para as pessoas experimentarem a propagação da consciência em uma reação orgânica / inorgânica. Interfaces e redes neurais fornecem comportamentos inteligentes, gerenciando sinais do corpo em ambientes sensorizados. Na época, o ritual eletrônico e o transe, interligados à memória eletrônica como “alucinação virtual”, é produzida uma experiência xamânica por meio de um estar interativo. Os participantes se tornam xamã, permitindo-lhes “se comunicar com o além e intervir no mundo real porque dialogam com os espíritos”. Os comportamentos dos participantes nesse caso determinam a vida do ambiente.

Essa obra emblemática, que em 1997 já utilizou sistemas inteligentes de uma rede neural artificial e sensores de presença e localização, responde a interações com uma parede de projeções da Pedra do Ingá. O ambiente se auto-organiza, com tecnologias que se recriam pela ação dos corpos e por visões em estereoscopia. Jones ressalta: “A artista brasi-

leira Diana Domingues sistema replicando vias biológicas influenciadas por sinais artificiais: surge assim outro mundo intersticial, misturando carbono e silício” (Jones, 2000). A cópula estrutural corpo/sistema (Maturana; Varela, 1980) proporciona alguns comportamentos entre agentes artificiais e agentes naturais, organizando um ambiente complexo pelas trocas baseadas no trabalho de interfaces que conectam o corpo com o mundo artificial”. Para Domingues, a produção criativa é um caminho de incertezas pelo se perder e se reencontrar.

Aqui vemos o fim do fixo e imutável, antes tidos como verdade, tanto na ciência clássica como na arte. A perda da crença na previsibilidade total com o advento da física moderna, a partir da dualidade onda-partícula e do princípio da incerteza na mecânica quântica, bem como a ressignificação de tempo e espaço com a mecânica relativística, parecem acompanhar a desconstrução de valores e da objetividade na filosofia e na arte contemporâneas. Esse fato não se trata apenas de sua conceitualização, ainda questionável, mas sobretudo pela auto-organização e autonomia resultantes das conexões com sistemas que misturam o natural e o artificial e modificam o conceito de realidade e os modos de existir.

Um ambiente transdisciplinar de produção se impõe pelo rompimento dos limites reducionistas a partir da transposição entre disciplinas, fazendo com que várias áreas do conhecimento e objetos de estudo se aproximem na ampliação do saber e na construção de diferentes níveis de realidade. Tal fator propicia, como defende o físico Alfredo Gontijo de Oliveira, uma abordagem para a exploração de propriedades emergentes, aquelas que surgem da interação entre as partes de um sistema, resultando em algo maior do que a soma das partes (De Oliveira, 2004). De Oliveira escreve sobre as perspectivas da física no século XX, introduzidas pela Física Quântica e pela Teoria da Relatividade de Einstein, bem como a ruptura ontológica com o princípio de Isaac Newton, que afirma que o movimento do todo é a soma dos movimentos de todas as partes, contexto em que surge a ideia de *feedback* complexo e de propriedades emergentes. Sobre essas bases, defende que a transdisciplinaridade religa a heurística à lógica e propõe que práticas artísticas e científicas se unam por meio da criatividade e de ferramentas analíticas do pensamento e do discurso (Domingues, 2009).

Assim, o emprego da tecnologia é o determinante mais fértil da transdisciplinaridade que rege a arte e a tecnociência. Descobertas científicas e suas conquistas nos vários domínios determinam objetos comuns e lidam com sistemas que buscam solucionar problemas do mundo. Esse

fator coincide com a perspectiva aristotélica, tendo a ontologia de novas formas de viver que se baseiam, em situações para dissolver dilemas da condição humana frente às inerentes transformações promovidas pela profunda inserção de tecnologias em nossas vidas. No contexto atual, muito se discute a questão do sentido de presença alterado por interfaces e percepção expandida por satélites, modems, redes e microcircuitos de sistemas embarcados em *chips*, microprocessadores, telefones celulares, *bluetooth*, GPS e biosensores que propiciam o processamento de sinais, e nos devolvem situações surpreendentes, se comparadas à época da mecânica clássica. Por exemplo, questões da visão computacional, realidade virtual e interfaces sensoriais conduzem a experiências perceptivas enáticas no espaço físico, pelo entrelaçamento de organismo e ambientes combinados com dados de mundos sintéticos. Acoplamentos com sistemas enativos por *biofeedback*, entre eles as tecnologias portáteis e as redes *wi-fi* que constroem ecologias biocíbridas (biológico, ciber de dados e híbrido do mundo; Domingues, 2010), autoorganizando a realidade em processos perceptivos autopoiéticos. Tudo isso nos revela mundos invisíveis de dados mesclados ao mundo da matéria, expandindo a percepção e ações por interfaces interativas que conectam formas de agir antes impossíveis, em escalas pós-biológicas, mundos ubíquos, mobilidade de corpos, existência por fluxos em trocas antes inimaginadas. Os organismos afetam e são afetados por interfaces sensoriais, de natureza fisiológica que nos levam a superar limitações físicas e cognitivas, transformando a vida cotidiana e reconfigurando a noção de organismo, com o corpo em sua escala física alterada e com necessidades e limitações biológicas expandidas.

A arte e tecnociência vivem a intensidade de mundos mutantes, a contaminação com o que está fora, e desintegra a divisão cartesiana entre artístico e científico. Os processos em arte e tecnociência promovem o diálogo entre o espaço, sinais naturais, artificiais, humanos, não humanos, vida orgânica e sintética. Os estilos de vida, os vínculos interpessoais, a interação do ser humano com seu entorno, a rotina permeada por tecnologias móveis via satélite e interfaces para comunicação ubíqua e ações remotas, uma variedade de sensores, debates sobre redes sociais e sistemas vivos convergem para conectar e influenciar a existência dos indivíduos em diferentes campos de conhecimento, elementos, esses, que abordam as leis e fenômenos do cosmos, assim como existir em ambientes remotos, moldando um ecossistema transformado pelas inovações tecnológicas: um cenário quântico para nossa existência.

As situações produtivas para a arte e a ciência ocorrem em um ambiente transformado, numa hibridização de papéis: a fusão do artista e do

cientista, do curador e do artista, do autor, do produtor e do espectador. Tudo nos leva mais perto da premissa duchampiana de arte e vida. Ressalta-se o marco da primeira revolução quântica, com tecnologias hoje essenciais que fizeram o processo criativo passar por modificações promovidas por máquinas, câmeras e ilhas de processamento de imagens e sons videográficos desde a era eletrônica com o abandono de processos manuais de construção da imagem, ou ainda a fotografia como meio ópticoquímico e cópias tipo xerox. Se a fotografia congela momentos do fluxo do existir, recortando janelas da realidade, as videografias proporcionaram a experiência mágica de exteriorizar instantaneamente o pensamento, tornando-se ferramentas que possibilitam refletir sobre a automatização da percepção. No cinema, provam-se saltos quânticos em montagens e metamorfose de células e cenas que modificam a realidade captada. Tais efeitos foram sendo amplificados quando a arte adentrou o território do digital, que, além de novos métodos de produção, nos permitiu desenvolver pesquisas mais profundas sobre interatividade, sistemas inteligentes, sistemas enativos afetivos e a relação da arte com a natureza.

Todas as ciências se tornam uma única ciência em base da Ciência da Interface que abriga a discussão sobre temas e problemas. Na base de tudo está a teoria cibernetica do feedback, introduzida por Norbert Wiener (1948) em *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*, que sugere ser o mundo é um grande mecanismo de *feedback*, onde as máquinas imitam ações humanas em lógicas de *softwares* e seus dispositivos de entrada por *hardware* de todo tipo. Atualmente, a interatividade em tempo real no ciberespaço, possibilitando diálogos entre sistemas biológicos e artificiais. Aqui se retoma o conceito de “metáfora da esfera”, que se refere à ideia de que cada pessoa tem sua própria perspectiva única do mundo, como se estivesse dentro de uma esfera que limita sua visão (Domingues; Gerhardt, 2005). Em seu livro seminal (2007), Hofstadter argumenta que assim como as figuras de Escher desafiam nossa percepção espacial, a música de Bach desafia nossa compreensão temporal e os teoremas de Gödel desafiam nossa compreensão da verdade e da consistência em sistemas formais, ilustrando como diferentes disciplinas e maneiras de pensar se entrelaçam e influenciam umas às outras, mostrando que a complexidade do mundo pode ser compreendida por meio de várias perspectivas complementares (Hofstadter, 1990).

A comunicação, utilizando sistemas, redes, sensores e interfaces explora o controle de tecnologias e sinais humanos, e inclui a noção de *biofeedback* para um sentir expandido. Por outro lado, os sensores biológicos

cos ampliam a cognição do “sujeito interfaceado”, proposto por Couchot, experimentando um “fenômeno de laboratório” (Krueger, 2007). O sentir é construído, fabricado e, quando regido por softwares com autonomia, oferecem a “segunda interatividade”. As tecnologias têm respostas autônomas e de autoorganização, tendo comportamentos refinados, assemelhando-se a comportamentos orgânicos, biológicos e inteligentes (Couchot; Tramus; Bret, 2007).

Durante o *International Symposium Sciences of the Interface* (18–21 maio, 2000, ZKM Karlsruhe), em homenagem aos 60 anos de Otto. E. Rössler, cientistas discutiram a interação entre arte e ciência, buscando integrar observadores em dinâmicas relações universais, sempre considerando a metáfora da esfera. Interfaces possibilitam adentrar em mundos digitais, eliminando a noção esférica e permitindo a transformação desses mundos em estados emergentes. A ciência da complexidade e as questões de percepção colocam, portanto, as interfaces sob a perspectiva computacional da incorporação complexa e da relação com o ambiente. Por outro lado, o termo “corpo acoplado” usado para descrever tecnologias interativas em correspondência com as teorias de Humberto Maturana e Francisco Varela relacionadas à enação e autopoiesis, respondem à constante modificação e manutenção própria do ser. Por outro lado, a arte interativa, ao explorar sinais biológicos, coloca a percepção em uma copulação estrutural radical corpo/ambiente. Varela destaca que o processo cognitivo é determinado pelo comportamento mútuo das relações entre organismo e ambiente, enfatizando que “a mente está no comportamento”. Em resumo, a arte interativa e a ciência da interface contribuem para uma compreensão mais profunda da relação entre tecnologia, corpo e ambiente.

Os avanços nesses campos transformaram radicalmente a concepção de arte, passando da mera representação para a experiência interativa do corpo em ambientes digitais. Nessas novas expressões artísticas, o corpo humano é essencialmente envolvido em diálogo com interfaces digitais que respondem às suas ações e estímulos. Nesse contexto, as performances do corpo são mediadas por circuitos de *feedback* entre o ser humano e o ciberespaço, ampliando os limites da estética tradicional para uma nova forma de arte baseada na ação e na interatividade. Essa abordagem desafia as noções convencionais de autoria, substituindo-a pela ideia de atualização, onde o corpo humano atua como parte integrante de um sistema cibernetico, gerando realidades intervalares em constante evolução.

Essa transformação estética e conceitual é fundamentada em uma profunda compreensão das interfaces, que conectam o corpo humano com tecnologias digitais, considerando não apenas aspectos morfológicos, mas também fisiológicos e sociais. Assim, o design de interface se torna crucial na configuração de experiências estéticas e na mediação da comunicação entre o ser humano e o ambiente digital. Esses projetos em ciberarte ultrapassam a morfologia e pensam na fisiologia do sistema, configurando o caráter performático que detona experiências estéticas. Nesse sentido, a ciberestética abraça funções analíticas fundadas nos princípios do uso, muitas vezes demandando o desenvolvimento de *hardware* e *software* específicos para a interação.

Com isso, analisamos o conceito de “hermenêutica operacional” de Rössler, em que as interações em instalações artísticas são vistas como parte integrante de uma “ciência performativa”, em que ações físicas vivenciadas geram interpretações tanto humanas quanto lógicas dos computadores, culminando em uma comunicação endo/exo pelo sistema interativo. Isso implica não apenas em manipulação direta através de dispositivos de hardware, mas também em interações indiretas mediadas por códigos em programas ou softwares, que exercem funções algorítmicas para interpretar e responder às ações do corpo humano no ambiente digital. Essa interação complexa entre corpo, ambiente e tecnologia redefine não apenas a prática artística, mas também a compreensão da experiência estética como um todo.

Nas recentes pesquisas, surgem criações que amalgamam o biológico, o ciberespaço e o mundo físico, denominadas sistemas biocíbridos, alcançando o status de sistemas enativos afetivos. Isso resulta em um contínuo existencial na zona biocíbrida, onde a vida é reinventada. Desafios da existência humana se manifestam na coexistência e interação na zona simbiótica entre corpo e sinais biológicos, mesclando dados com propriedades híbridas do mundo físico. Os resultados reafirmam a teoria de percepção ecológica (ecological perception) de Gibson, ressoando na enação de Maturana e Varela. A vida do ecossistema, nas dinâmicas entre humanos, animais, plantas e paisagens urbanas, são desafios para a arte e a reengenharia da vida.

Sistemas enativos afetivos: uso de sensores e sistemas nos atos de existir

Explorando as interações entre organismos e ambientes físicos e sintéticos, destacam-se as perspectivas de corpo afetado de Massumi (2002) e de corpo espinoso (Massumi, 1992), capacitando-o a se conec-

tar com o entorno por meio de uma diversidade de sensores capazes de captar nuances afetivas, como calor, frequência cardíaca, respiração, atividade muscular e vibrações táteis, tecendo uma complexa rede sensorial com o ambiente. São situações de afetar e ser afetado, em mapas vivos de existir no contexto. Além disso, os sensores de movimento ativam a cinestesia, proporcionando uma propriocepção cinestésica (Berthoz, 2000), integrando padrões de movimento corporal e dados fisiológicos para uma compreensão holística do ambiente. Os sistemas de processamento enativo afetivo registram acontecimentos que são mais do que narrativas fechadas em geografias afetivas, promovendo uma percepção ecológica. Essa interatividade é expandida aos sistemas enativos, permitindo trocas dinâmicas ao empregar rastreadores e microcircuitos de sensores para performances e cinestesia, envolvendo todos os sentidos e realçando o potencial da estética afetiva. Durante essas experiências, os organismos em ação adicionam camadas de sinestesia à cinestesia, atuando como mediadores para traduzir a interconexão entre corpo e ambiente, configurando a percepção como um “fenômeno laboratorial”, para uma vivência amplificada e enriquecida (Krueger, 2007).

Nessa direção, devemos entender nosso papel e os resultados obtidos que fundamentam transformações para o cotidiano e a Reengenharia da Vida. É importante aceitar nossa responsabilidade pela condição presente e futura de nosso planeta. As investigações em Arte e Tecnociência são impulsionadas pelo conceito de vida que está sendo redesenhado, não como fim da “natureza” em si, como algo separado, mas com o surgimento de um “futuro mais saudável de realidade engenheirada.” Essa engenharia responde à transformation du vivant, apontada por Poissant, que, no caso, resulta de inventos disruptivos gerados por ações colaborativas transdisciplinares, que se preocupam com um design etnográfico e mudanças nas formas de viver, por dispositivos que naturalizam tecnologias mescladas à vida (Poissant; Daubner, 2005). Colocam-se como tecnologias criativas em direção à inovação disruptiva, pelo uso inovador que fazemos delas no cotidiano. Não se trata somente de gerar protótipos na mescla de ações e conhecimentos de cientistas, técnicos e artistas, mas, principalmente, de verificar questões humanas integradas a qualidades tecnológicas, que entram na rotina e modificam cenários e organismos, ativando um ecossistema enquanto vida reinventada. Exemplo são as tecnologias móveis e a condição ubíqua aplicada à *mhealth* ou saúde móvel com dispositivos destinados a questões de saúde e bem-estar. O termo *mhealth* se localiza no domínio das inovações disruptivas, que foi cunhado

por Bower e Christensen (1995), no seu texto “Disruptive Technologies: Catching the Wave” para uma tecnologia, produto ou serviço de inovação. A tecnologia disruptiva serve como uma inovação e beneficia o mercado ao criar um nicho inexistente. Como consequência, pode dominar uma indústria, disseminando-se. Mas se torna uma tecnologia disruptiva quando os novos recursos, além de melhorar os produtos, penetra na vida das pessoas, alterando seu cotidiano por ações que modificam as formas de viver. O termo é usado no MIT Media Lab (www.media.mit.edu/about) para defender inovações que alteram significativamente os hábitos, costumes e vida do humano.

Nossos sistemas enativos afetivos (Domingues *et al.*, 2014) dialogam com o ambiente na dimensão do ambiente e organismo afetados e enviando sinais, gerando narrativas afetivas por mapas vivos em visualização de dados. São pesquisas em cognição incorporada, computação ubíqua e afetiva, tecnologias da mobilidade, fisiologia e sensoriamento, processamento de sinais e data visualização, mais dedicadas ao cenário da saúde móvel (*m-health*) e bem-estar. Sua base filosófica se assenta na estética e fenomenologia em base cognitivista das teorias de percepção/ação, que repercutem na *ecological perception* de James Gibson. O ponto de partida é a noção da fenomenologia da presença de Merleau-Ponty, e como o sentido de presença se altera e se atualizada por tecnologias que possibilitam cópulas estruturais dos organismos com o ambiente, ao que se denominam sistemas enativos. Ressoam na proposta de corpo acoplado de Varela e Matura, de enação (em ação), como filosofia da ação, de natureza cognitivista de Alva Noé.

Do ponto de vista da reengenharia da vida, nossa proposta em torno do conceito de “transformação du vivant” (Poissant; Daubner, 2005) evolui a partir de propostas anteriores de arte interativa e desenvolvimento de sistemas enativos afetivos, que são tecnologias criativas para o corpo, ecossistema, em suas paisagens e vida urbana. Nossa responsabilidade e urgente atenção é reestruturar a vida em níveis ontológicos com tecnologias criativas e sensíveis (Connor; Marks, 2016), aumentando a consciência da onipresença da presença humana e seus afetos.

Os dispositivos móveis lidam com a vida a partir de uma grande quantidade de dados, e na pesquisa em Arte e Tecno ciência os projetos fabricam sistemas enativos afetivos que coletam, visualizam e analisam dados de sistemas vivos, e oferecem trocas, criando outras ontologias e ecologias próprias do radical digital. Dados se voltam à visualização de desafios da saúde, sustentabilidade e educação (Malina, 2009). Nosso prin-

cipal objetivo é experimentar tecnologias avançadas com aferição e trocas de sinais em parâmetros físicos de organismos, dialogando com variáveis ambientais e processamento de sinais biomédicos, permitindo, assim, estudos avançados de sistemas de vida complexos, através da coleta de dados geográficos tagueados, que podem nos ajudar a redefinir a interação entre seres humanos e ambientes. Dispositivos sencientes (Rheingold, 2002), satélites, interfaces geográficas e tecnologias móveis expandem os limites de nossos corpos, sistemas de sensores e as relações com o ambiente modificam o conceito tradicional de ecossistema, permitindo fluxos informacionais, *biofeedback* e afetividade em um mundo colocado. Viver no mundo físico, com organismos atuando em mundos de dados, num todo enativo afetivo é diferente na era *pós-dekstop*. Esse trabalho é impossível sem a colaboração ativa de *eScientists* e o desenvolvimento de novas estratégias para lidar com conjuntos de dados complexos, mal estruturados e assimétricos.

A Reengenharia da Vida em nossa pesquisa está organizada em três eixos principais: reengenharia do sensório, reengenharia da natureza e reengenharia da cultura. As ações tramam toda a gama de disciplinas e investigações geradas por nosso grupo colaborativo transdisciplinar de Novos Leonardos para lidar com preocupações e objetos comuns, em busca de resultados integradores. Assim as diferentes ciências e disciplinas, tornam-se uma única ciência. Daí a inserção da investigação no domínio das *e-Sciences*.

Conceitualmente, os dois primeiros eixos dirigem-se à relação do ecossistema: organismos: humano, animal, inseto, ou vírus no ambiente e a outra ecologia lida com agenciamento da forma de vida, construindo um tipo de cultura humana própria ao momento digital, com alteração de valores culturais. Resultados com Sistemas Enativos Afetivos, no campo mais vasto da cultura, tentam responder a mudanças profundas na vida do humano por questões comportamentais modificadas no que refere às enações de organismos em sua fisiologia e cognição, na estreita relação homem-ambiente/tecnologias. O corpo e a natureza são vistos como um construto social. Os protótipos expandem a relação corpo/experiência, organismo e biodiversidade no campo da Arte, mais especificamente em Arte e Tecno ciência, entrando para o campo da saúde, reabilitação, situações de ensino, medicina e percepção e ação, abrigando-se em investigações da ciência cognitiva no domínio da percepção ampliada ou suplementada. Dispositivos são tratados como tecnologias criativas, como em projetos imersivos de realidade virtual anteriores são incluídos

e adaptados ou substituídos para realidade aumentada, misturada visando mobilidade e liberdade. No campo da *Mhealth*, com dispositivos móveis e a capacidade de narrar sobre a vida, por uma soma da sensibilidade e capacidade de naturalizar as tecnologias com circuitos de sensores e *softwares*. Ações humanas escrevem-se por dados que são visualizados, ouvidos ou em outras formas criativas de contar sobre a vida. Constitui-se numa pesquisa transdisciplinar que entendem os Sistemas Enativos Afetivos, colocando organismos em mútuas e recíprocas influências com o ambiente, reveladas por dados que tratam os sinais vitais e de fenômenos do ecossistema, mais especialmente de sensores fisiológicos/ambientais/locativos). Surgem narrativas enativas afetivas, ao medir as variações nos modos de sentir de organismos e as trocas afetivas (afetos) da experiência com o ambiente (médias vividas nas trocas). O sistema dinâmico através do uso de vários sensores (por exemplo, pressão, resposta galvânica da pele e sensores de temperatura, entre outros sensores para a enação (em ação), ou seja, a ação do organismo por acoplamento por tecnologias que promovem e enlaçam as trocas do corpo e sua sinestesia, com dados de computadores mesclados às propriedades do ambiente físico, afirmam a validade de sistemas biocíbridos (biodados biológicos + ciberdados + híbrido com o mundo físico) que podem ser processados e visualizados. O *bios midiático* de Muniz Sodré, da era do espetáculo, é enriquecido pela capacidade de sistemas complexos de *feedback* de revelar as trocas afetivas dos organismos com imagens de telas, no caso do cinema enativo (Tikka, 2008). Entretanto, esses sistemas se expandem para os diálogos ou trocas com o mundo físico, em experiências e comportamentos, como pelo ato de caminhar, no caso dos protótipos apresentados. Em termos de arte e *design* respondem a projetos de percepção expandida ou suplementada por sensores e dispositivos que captam e modelam a percepção do mundo, configurando perceptos em conexões de organismos, ambiente e tecnologias, que revelam não somente sinais do corpo, ou do ambiente em sua organicidade, materialidade, mas misturados a leis e sinais de sensores, processamentos de sinais, regidos por dados e algoritmos em uma “ontologia criativa” de outros níveis de realidade³.

³ Entre os resultados, estão as publicações de Poissant; Daubner (2005) e Krueger (2007), como a Special issue para o journal *Digital Creativity* 27.4 (2016), dimensionando as pesquisas com *Creative Technologies and Innovation: Health and Well-Being*. Ressalto também o ensaio de Lucena *et al.* (2007), discorrendo sobre sua pesquisa de uma palmilha para diabéticos, dotada de microssensores, em pesquisa realizada parcialmente durante seu estágio no *MediaLab Camera Culture*.

Entre os tantos projetos artísticos gerados no LART e com o grupo do MIT *Media Lab Camera Culture*, utilizamos o sistema de CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) para criar uma experiência imersiva de Realidade Virtual, integrando paisagens de dados e rastreamento de *biofeedback*. Esse sistema acopla corpo, ambiente e dados para navegação e gestos, adicionando o sentido de propriocepção à sinestesia. Utilizando uma esteira que simula desequilíbrio, trepidação e outros efeitos, combinada com técnicas de *biofeedback* baseadas em sinais fisiológicos, conseguimos criar uma tecnologia disruptiva para percepção e medição sensorial. Essa abordagem proporciona uma experiência mais envolvente, misturando momentos reais com imagens virtuais durante a imersão. Além disso, incorporamos sensores de variáveis biológicas para intensificar a imersão. Este trabalho foi apresentado na SPIE (International Society for Optics and Photonics) em 2014 (Domingues *et al.*, 2014) e tem aplicações em campos como jogos, engenharia automotiva e biomedicina, replicando sensações físicas e dados sintéticos por meio de atuadores e biofeedback. O experimento também tem potencial para treinamento em engenharia aeroespacial, potencial destacado no livro de Stephen Wilson (2010).

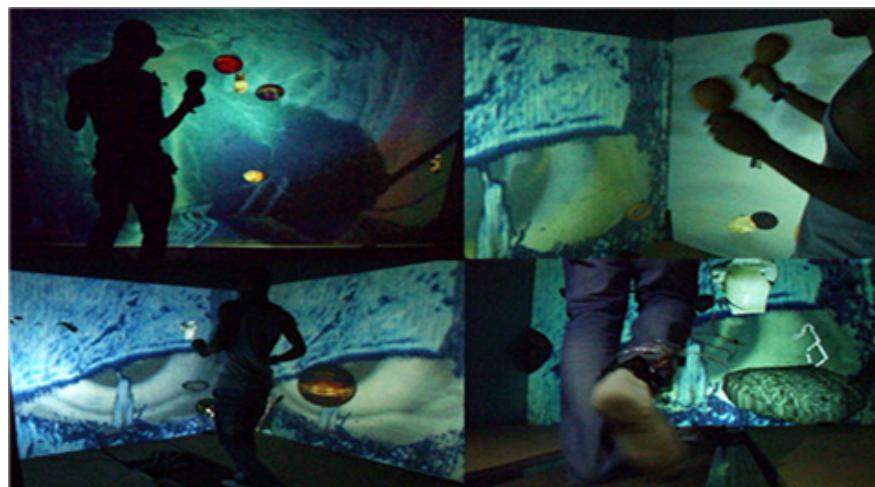


Figura 1: . “The Transe in the Immersive Cave”, 2013. Agradecimentos: LART Group, MIT, CNPq, 2013.

Em experimento anterior conduzido no laboratório NTAV da Universidade de Caxias do Sul (UCS), em parceira com colega da física, utilizou-se a interface do eletro-oculograma (EOG) para medir potenciais elétricos a partir dos eventos oculares do corpo humano a interagir com o cenário de realidade virtual dentro da NTAV pocket cave. A relação entre corpo e ambiente é simbiótica, dependendo igualmente um do outro.

Consideramos o sistema de computador um ambiente artificial e o corpo um ambiente biológico, conectados entre si, gerando um processo cognitivo híbrido. A interface EOG, ao traduzir sinais, possibilita a interação usando os movimentos dos olhos. Esse experimento proporciona uma experiência interativa excitante, conectando o cérebro ao ambiente virtual por meio de uma interface biotecnológica, substituindo as interfaces convencionais, como *mouse* ou *joystick*, que separam drasticamente o corpo do computador. O simples ato de olhar para o mundo se torna extraordinário, construindo nosso mundo através da visão e explorando a janela dos olhos para um mundo de sensações eletromagnéticas. O *biofeedback* em tempo real provoca interações dinâmicas em um coração simulado, representando uma experiência inovadora de interatividade que transcende as interfaces tradicionais e amplia os limites da cognição humana (Domingues; Gerhardt, 2005).

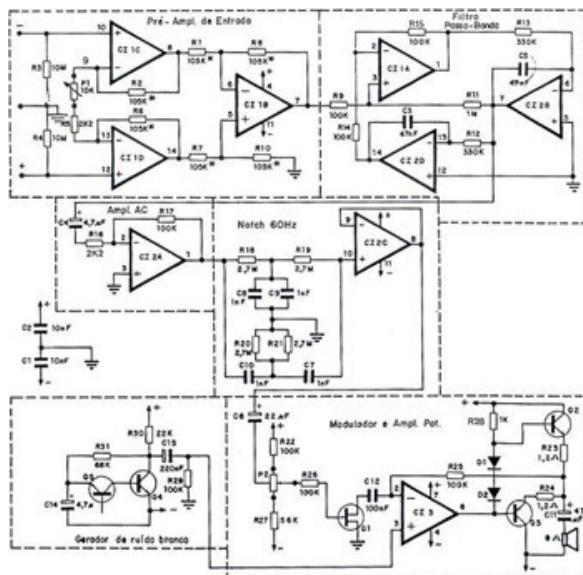


Figura 2: Mapa da interface do sistema eletrooculograma.



Figura 3: Biofeedback do Eletro-oculograma (EOG) capturando as ondas elétricas e transmitindo para o computador.

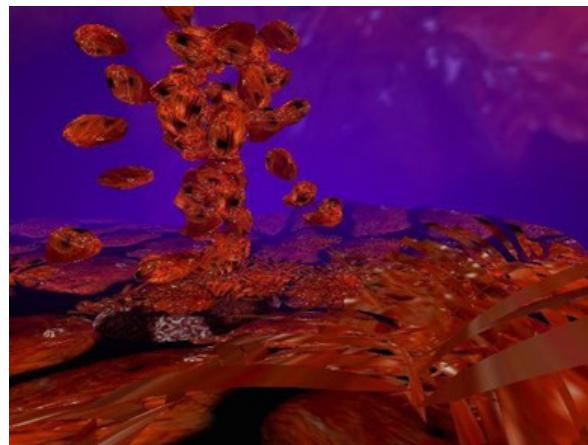


Figura 4: O tamanho e as posições das partículas de HEARTSCAPES na caverna podem ser controlados e alterados usando o mesmo procedimento da última figura. Aqui podemos ver uma amostra de cada mapa de posição ocular mapeado para uma mudança de posição. Coprodução: Diana Domingues / Günther J. L. Gerhardt / Grupo Artecno Universidade de Caxias do Sul / CNPq / Brasil <http://artecno.ucs.br>. Foto: NTAV LAB UCS.

Outra forma de interface extremamente atual é a Realidade Aumentada (RA). Esses sistemas permitem a extrusão pós-biológica da visão humana. A RA em espaços urbanos é um processo de percepção/cognição alterado que decidi apresentar como artista convidado na exposição de arte (*Entretiempos*) em 2010 no Centro Cultural San Martin (Argentina). A obra do grupo de pesquisa LART criou “Fábulas Biocíbridas: Criaturas Fantásticas de Borges”. Propusemos dois momentos: (1) a instalação de Realidade Aumentada (RA) dentro do edifício, (2) a intervenção móvel de Realidade Aumentada nas ruas de Buenos Aires. Na instalação, o uso de *tags* e visão computacional permitiu ler um livro em visão sintética, mostrando animações e imagens das criaturas fantásticas de Borges. Assim, reinventando coisas cotidianas na domótica e no ato de ler. O universo fantástico de Jorge Luis Borges também pertencia à intervenção urbana: criaturas sintéticas foram geolocalizadas, em escala real, nas ruas de Buenos Aires. Pessoas que usavam aplicativos podiam ver e conviver com os animais por meio da RA. Este trabalho foi discutido em janeiro de 2011, na conferência SPIE, abordando a extrusão pós-biológica da visão humana, da visão compartilhada com um olho de satélite no céu e o olho

manipulado do dispositivo móvel, um ato enativo que estende a visão ou expande a percepção humana. *Tags* de RA colocadas no GPS e a possibilidade de coordenadas geodésicas criam um evento colocalizado para o corpo humano, (Figura 5) (Domingues *et al.*, 2011).

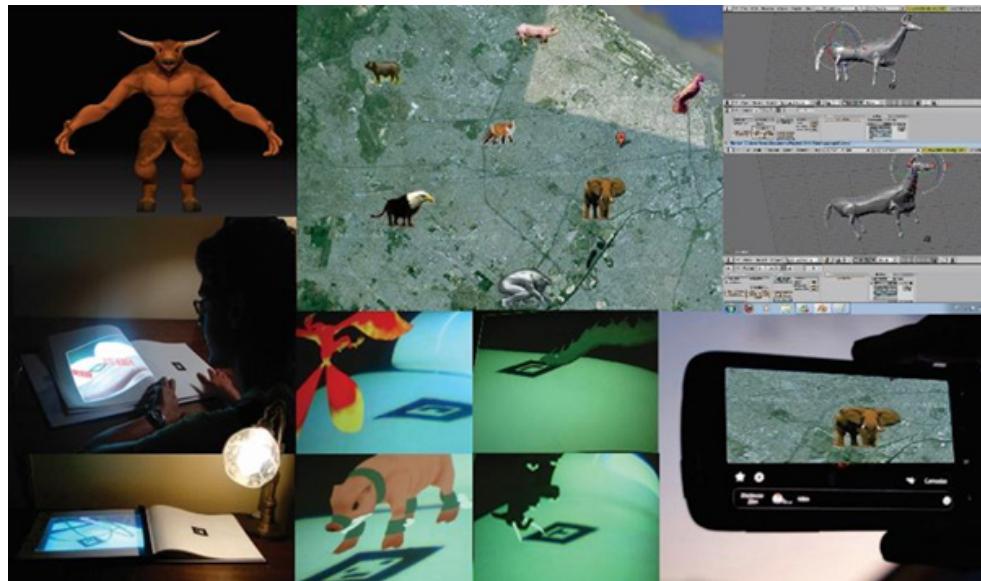


Figura 5: “Fábulas Biocíbridas: Criaturas Fantásticas de Borges” Exposição ENTRE-TIEMPOS I, Cenas do ambiente I, instalação de realidade aumentada (RA), 2. A intervenção móvel de realidade aumentada nas ruas de Buenos Aires. Centro Cultural San Martin, Buenos Aires, 2011.

Algumas abordagens de Novos Leonardos, em produções recentes, desenvolveram mesclas de sistemas interativos com sensoriamento e processamento de sinais, em engenharia biomédica por arte e tecnociência com desenvolvimentos em ciência da computação, medicina e fisiologia, artes fortalecidas pelas abordagens de visualização de dados e diagnóstico. Protótipos são gerados como tecnologia criativas para a saúde, podendo ser considerados inovação disruptiva, e cognitiva, pois retomam e montam dispositivos com inventos anteriores, mas se abrem e permitem outras formas de agir no cotidiano. Desenvolvemos alguns protótipos para *Palmilha* sensorizada para diabéticos; *Bengala afetiva* para mobilidade com sensores. Além de plataformas sociais e paisagens enfermas no drama da dengue em campanhas de mobile mobilization para luta contra o drama da dengue⁴. Assim, humanizamos nossos dispositivos em

⁴ Laboratórios envolvidos: UnB LART, Laboratório de Pesquisa em Arte e TECNOciéncia, Unicamp, Recod, Dr. Ricardo Torres (Universidade de Campinas), o Grupo de Pesquisa Sistemas Socio-Enativos Unicamp/FAPESP, coordenado pela Profa. Dra. Maria Cecilia Baranauskas. Foram também publicados em circuito internacional os resultados da pesquisa com tecnologias criativas do protótipo principal gerado nas colaborações. Destaques-se os *Proceedings* indexados pela IEEE, VSMM 2017, Dublin, *Mobility and Freedom: Affective Cane for Expanded Sensorium and Embodied Cognition*.

todos os momentos da vida diária. Lidamos como humanos numa existência modificada pela presença maciça de tecnologias móveis, ubíquas e pervasivas que nos levam a afirmar a “naturalização das tecnologias”. Os limites do mundo humano e natural são ultrapassados por cúpulas de organismos e tecnologias em narrativas cotidianas. Discussões colaborativas e práticas transdisciplinares enfrentam os desafios de um mundo cada vez mais dependente da tecnologia, rompendo os limites do mundo natural e alimentando a incerteza criadora do mundo como ele pode ser⁵.

Considerações Finais

A teoria quântica gerou uma revolução no entendimento humano maior do que seus criadores poderiam prever. Para Ilya Prigogine, a ciência é um diálogo de peripécias imprevisíveis com a natureza (Prigogine, 1996). Nomes como Heisenberg e Bohr, assim como pensadores de diversas áreas validam conhecimentos em leis da complexidade. São situações que propõem a existência em estados emergentes e de metamorfoses autorregeneradoras, semelhantes às leis do cosmos. O “princípio da incerteza” de Prigogine, com suas estruturas dissipativas, e desenvolvimentos da física e das matemáticas, do caos e da instabilidade afirmam que o universo está em estados de auto-organização. O cientista afirma a noção de sistema e de acidentes que auto-organizam realidades, assim se expressando: “mesmo que conheçamos o estado inicial do sistema de que ele é sede e as condições nos limites, não podemos prever qual dos regimes de atividade esse sistema vai escolher”. Isso tem reflexos inclusive culturais, gerando diferentes sentidos em obras de arte e novas maneiras de criar.

Outras maneiras de buscar o conhecimento têm impacto em cadeia transdisciplinar, gerando um intercâmbio de ideias e descobertas entre diferentes campos que se cruzam na construção de algo maior, nos permitindo explorar propriedades emergentes e novas respostas acerca da realidade (De Oliveira, *et al.*, 2004). Cada vez mais vemos que tecnologia é “apenas” uma (talvez a principal) faceta dessa transdisciplinaridade em que a física quântica leva a um *boom* tecnológico que gera um inquebrantável elo com os artistas que muitas vezes têm como instrumento de trabalho alguns dos frutos da revolução quântica, a teoria de maior impacto

⁵ Recomendamos ampliar essas discussões pela consulta às obras existentes no Digital Art Archive, incluída como featured artist e onde constam obras de várias épocas. Disponível: <https://digitalartarchive.at/database/artist/449/>, acesso: jan. 2025.

desde o século passado, segundo Herch Moysés Nussenzveig (2013), superior, inclusive, à relatividade de Einstein.

Discutimos fenômenos quânticos complexos e tecnologias com *hardware* e *software* hoje consideradas triviais, porque se mesclam ao cotidiano e modificam profundamente a nossa existência. São existências biocíbridas geradas em ambientes transdisciplinares, mesclando nossos atos e promovendo a afetividade pelas mesclas sensoriais de sinais vitais, que estimulam nossa imaginação transformando o mundo num viraser. Questões de tecnologias quânticas que correspondem ao uso de interfaces aplicadas à arte, reforçam ideias e conceitos filosóficos sob a égide da física moderna. Podemos vislumbrar os impactos das próximas gerações de tecnologias quânticas e seu impacto social, epistemológico e artístico com modos de viver alterados pelas descobertas da ciência.

Referências

- BERTHOZ, Alain. *The brain's sense of movement*. Translation: Giselle Weiss. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2000.
- BORN, Max; AUGER, Pierre; SCHRÖDINGER, Erwin; HEISENBERG, Werner. *Problemas da física moderna*. Tradução: Gita K. Guinsburg. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2019.
- BOWER, Joseph L.; CHRISTENSEN, Clayton M. Disruptive technologies: Catching the wave. *Harvard Business Review*, p. 43-54, jan.-feb., 1995.
- CONNOR, Andy M.; MARKS, Stefan (eds.). *Creative Technologies for Multidisciplinary Applications*. Hershey, PA, 2016.
- DAMÁSIO, António R. *O erro de Descartes: Emoção, razão e o cérebro humano*. São Paulo: Companhia das Letras, (1994) 1996.
- DE OLIVEIRA, Alfredo Gontijo et al. *Conhecimento e Transdisciplinaridade II - Propriedades emergentes nas ciências exatas*. Belo Horizonte: Editora UFMG / Humanitas, 2004.
- DEUTSCH, Ivan H. Harnessing the power of the second quantum revolution. *Physical Review X Quantum*, v. 1, n. 2, 020101, Oct., 2020.
- DOMINGUES, Diana (org.). *A arte no século XXI: A humanização das tecnologias*. São Paulo: Editora UNESP, 1997.
- DOMINGUES, Diana . *Arte, Ciência e Tecnologia: Passado, presente e desafios*. São Paulo: Editora UNESP, 2009.
- DOMINGUES, Diana. Diana Domingues - Percursos. Entrevista. In: FRANCO, Edgar (Org.). *Desenredo: Poéticas visuais e processos de criação*. Goiânia: UFG/FAV, 2010, p. 121-157.

- DOMINGUES, Diana; GERHARDT, Günther Johannes Lewczuk. Exchanges of eletric human signals and artistic immersive poetics. In: POISSANT, Louise; DAUBNER, Ernestine (org.). *Art et biotechnologies*. Montréal: Presses de l'Université du Québec, 2005.
- DOMINGUES, Diana; MIOSSO, Cristiano Jacques; RODRIGUES FLEURY ROSA, Suélia Siqueira; ROCHA, Carla. Embodiments, visualizations and immersion with enactive affective systems. *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*, v. 9012, jan. 2014.
- DOMINGUES, Ivan. *Em busca do método: Conhecimento e transdisciplinaridade II: aspectos metodológicos*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2005.
- DOWLING, Jonathan P.; MILBURN, Gerard J. *Quantum technology: The second quantum revolution*. London: Royal Society, 2003.
- FEYNMAN, Richard Phillips. *Física em 12 lições*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2013.
- HEISENBERG, Werner. *Física e filosofia*. Tradução: Jorge Leal Ferreira. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1981.
- HOFSTADTER, Douglas. *Gödel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid*. New York: Vintage, 1980. – Tradução italiana: *Gödel, Escher, Bach: Un'eterna ghirlanda brillante*. Milano: Adelphi, 1990.
- JONES, Stephen. Towards a philosophy of virtual reality. *Leonardo: Journal of the International Society for the Arts, Sciences and Technology*, v. 33, n. 2, p. 125-132, 2000.
- KRUEGER, Ted. Design and prosthetic perception. *Kybernetes*, Leeds, v. 36, n. 9/10, p. 1393-1405, 2007.
- KRUEGER, Ted; DOMINGUES GALLICCHIO, Diana Maria; POISSANT, Louise. Creative technologies and innovation: Health and wellbeing. *Digital Creativity*, London, v. 27, n. 4, p. 267-270, 2016.
- KURIZKI, Gershon *et al.* Quantum technologies with hybrid systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, v. 112, n. 13, p. 3866-3873, March 3, 2015.
- LUCENA, Tiago Franklin R. *et al.* Walking and health: an enactive affective system. *Digital Creativity*, London, v. 27, n. 4, p. 314-333, 2016.
- LUCENA, Tiago Franklin R. *et al.* The drama of dengue fever: Civic-oriented journalists, community and artists fighting dengue. *Leonardo*, London, v. 51, n. 2, p. 199-200, 2018b.

- MALINA, Roger. Leonardo olhando para a frente: Fazendo história e escrevendo história. In DOMINGUES, Diana (org.). *Arte, ciência e tecnologia: passado, presente e desafios*. São Paulo: Editora UNESP, 2009. p. 16-20.
- MASSUMI, Brian. *A user's guide to capitalism and schizophrenia: Deviations from Deleuze and Guattari*. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.
- MASSUMI, Brian. *Parables for the virtual: Movement, affect, sensation*. 4. ed. Durham, NC: Duke University Press, 2002.
- MATURANA, Humberto; VARELA, Francisco J. *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*. Dordrecht: Reidel, 1980.
- MERLEAU-PONTY, Maurice. *Fenomenologia da percepção*. São Paulo: Martins Fontes, 1996.
- NOË, Alva. *Perception in action*. Cambridge, MA: MIT Press, 2004.
- NOË, Alva. *Real presence*. Manuscript draft. January 2006.
- NUSSENZVEIG, Moyses. *Curso de física básica: ótica, relatividade e física quântica*. 2. ed. v. 4. São Paulo: Blucher, 2013.
- POISSANT, Louise; DAUBNER, Ernestine (org.). *Art et biotechnologies*. Québec City: Presses de l'Université du Québec, 2005
- POLKINGHORNE, John. *Teoria quântica: uma breve introdução*. Tradução: Iuri Abreu. Porto Alegre: LPM, 2011.
- PRIGOGINE, Ilya. *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza*. Tradução por Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora UNESP, 1996.
- RASKAR, Ramesh et al. Prakash: Lighting aware motion capture using photosensing markers and multiplexed illuminators. *ACM Transactions on Graphics*, v. 26, n. 3 34th International Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques – ACM SIGGRAPH 2007, Proceedings. San Diego, CA, July, 2007. p. 36.
- RHEINGOLD, Howard. *Smart mobs: The next social revolution*. New York, NY: Basic Books, 2002.
- STEWART, Ian. *Será que Deus joga dados? A nova matemática do caos*. Tradução: Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1993.
- TIKKA, Pia. *Enactive cinema: Simulatorium eisensteinense*. PhD dissertation. Helsinki: University of Art and Design Publication Series, 2008.
- WILSON, Stephen. *Art + Science Now*. 2010. London: Thames and Hudson.