

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

GABRIEL MESQUITA BRASIL GONÇALVES

COGNITIVE EXPLORERS:
REALIDADE VIRTUAL, NEUROCIÊNCIA E EMOÇÕES

RIO DE JANEIRO

2017

GABRIEL MESQUITA BRASIL GONÇALVES

COGNITIVE EXPLORERS:
REALIDADE VIRTUAL, NEUROCIÊNCIA E EMOÇÕES

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia (HCTE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia.

Orientador: José Otávio Motta Pompeu e Silva, PhD, UFRJ

RIO DE JANEIRO
2017

CIP - Catalogação na Publicação

M635c Mesquita Brasil Gonçalves, Gabriel
Cognitive Explorers: Realidade Virtual,
Neurociência e Emoções / Gabriel Mesquita Brasil
Gonçalves. -- Rio de Janeiro, 2017.
120 f.

Orientador: Jose Otávio Pompeu e Silva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Decania do Centro de Ciências
Matemáticas e da Natureza, Programa de Pós-Graduação
em História das Ciências e das Técnicas e
Epistemologia, 2017.

1. Realidade Virtual. 2. Neurociência. 3.
Emoções. 4. Computação Afetiva. 5. Cognição. I. Pompeu
e Silva, Jose Otávio, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

A todos os meus colegas do Limbiseen Lab, em especial Paula Macedo, Igor Monteiro e Jefferson Almeida pelo apoio durante a realização da experiência e na análise dos dados.

Ao meu orientador prof. José Otávio Pompeu e Silva, pela sua visão em experimentar o novo e por acreditar no potencial gerador de conhecimento da junção da arte e da ciência.

Aos colegas e professores do HCTE, que tão bem me acolheram e tornam este espaço único e valioso em sua transdisciplinariedade.

À prof. Maira Fróes, sem a qual não teria conhecido o HCTE e que, com carinho e atenção, me recebeu e guiou nesta empreitada.

Ao professor Francisco Clascá, da Universidad Autonoma de Madrid, que me apresentou ao universo fascinante da neurociência e neuroanatomia.

Ao programa de bolsa Cappes CNPq que me possibilitou concluir este mestrado com a dedicação ele merece.

Ao corpo docente do Interactive Telecommunications Program da New York University, que me convidou para ser *Instigator* durante o ITP Summer Camp 2016.

Ao Neil Harbisson, cujos relatos e experimentos com ciborguismo serviram de inspiração para este trabalho.

Ao prof. John V. Pavlik, da universidade de Rutgers – Nova Jersey, pelas referências bibliográficas sobre Realidade Virtual.

Aos meus pais, que sempre me apoiaram e acreditaram no meu trabalho criativo e acadêmico.

A toda minha família que sempre torceu por mim.

A minha filha Estela, pela sua energia radiante e alegria

A minha esposa Franey Nogueira, colega de HCTE e de vida, por ter estado sempre ao meu lado durante todas as etapas desta e outras tantas aventuras.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Este trabalho parte da premissa de que somos exploradores de nossos processos cognitivos e dessa busca criamos o universo em que vivemos. Ele busca explorar novas metodologias para o uso de equipamentos de Realidade Virtual em conjunto com sensores de funções fisiológicas periféricas, a fim de criar um melhor entendimento do papel de nossos estados emocionais para a construção cognitiva da realidade. O advento da Realidade Virtual é mais um capítulo do uso da tecnologia como prótese, ditando como movemos nossos corpos físicos e corporificados pelas interseções entre realidades gerados pela sensação de presença. Alguns entusiastas dessas novas ferramentas sensoriais aderem ao ciborguismo, implantando cirurgicamente próteses eletrônicas para criar novos sentidos, novos panoramas. De um encontro com um desses ciborgues exploradores nasce *Cognitive Explorers*: um experimento onde procura-se compreender o processo de imersão em um ambiente virtual através da mensuração de estados emocionais e fisiológicos. É feita uma introdução à história da Realidade Virtual e suas tecnologias, além de apresentar melhores práticas para o uso de visores e ambientes de Realidade Virtual para o uso laboratorial. Durante *Cognitive Explorers* foram utilizados dois Empática E4, que monitoraram os dados fisiológicos e estados emocionais de 22 voluntários enquanto estes vivenciavam um ambiente virtual criado exclusivamente para este fim. As análises dos dados mostram que existe um grande potencial de correlação entre os estados emocionais e as experiências vividas pelos voluntários. Momentos virtuais criados para proporcionar stress ou contemplação são identificáveis a partir dos gráficos de excitação cardiológica, condutância eletrodérmica e temperatura. A imersão proporcionada pelas tecnologias acessíveis de Realidade Virtual tornaram possível este projeto piloto e a compreensão de seus métodos abre caminho para que surjam novos avanços na pesquisa da neurociência da cognição.

PALAVRAS-CHAVE: Realidade Virtual; Emoção; Computação Afetiva; Cognição; Presença;

ABSTRACT

This work explores new methodologies for the use of Virtual Reality equipment in conjunction with sensors that monitor the peripheral physiological functions, with the goal of creating a better understanding of the role of our emotional states and intuition in the cognitive construction of reality. It starts from the idea that we are explorers of our cognitive processes and, from this search, the universe we live in is created. The advent of Virtual Reality is but another chapter in the use of technology as a prosthetics, dictating how we move our physical and embodied minds through the intersections between realities created by our sense of presence. Some enthusiasts of these new sensory tools become adepts of cyborgism, surgically implanting electronic prosthesis in order to create new senses, new panoramas. After meeting one of these exploring cyborgs, *Cognitive Explorers* is born: an experiment seeking to understand the immersion processes of virtual reality through the measurement of emotional and physiological states. The current work introduces the history of Virtual Reality and its technologies, as well as presenting best practices in the use of Virtual Reality visors and the creation of virtual environments for laboratory use. During *Cognitive Explorers*, two Empatica E4 sensors were used to monitor the emotional and physiological states of 22 volunteers while they experienced a virtual environment create exclusively for this. The data analysis show that there is a great correlational potential between the emotional states and the experiences lived by the volunteers. Virtual moments created to generate stress or contemplation are identifiable by reading graphs of cardiological, electrodermal and temperature arousal. The immersion allowed by accessible Virtual Reality technologies made this pilot project possible and understanding the methodologies behind its use opens the way to new advances in cognition and the neurosciences.

KEYWORDS: Virtual Reality; Emotion; Affective Computing; Cognition; Presence;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Laboratório de prototipagem da NYU ITP em 2017.....	9
Figura 2 – Retrato de Neil Harbisson em Junho de 2016	11
Figura 3 - Anotação ilustrada sobre o cérebro corporificado / embodiment.....	17
Figura 4 - A organização do trabalho científico e intuição em conjunto criando correlatos complexos.....	19
Figura 5 - Ciborguismo e virtualidades	21
Figura 6 - Anotações feitas durante a aula do professor Francisco Clascá em março de 2015.	23
Figura 7 - Anotações sobre Varela e a neurobiologia da cognição.	25
Figura 8 – “Não existe fora”. Baseado em estudos da autopoiesis de Maturana.	26
Figura 9 - Anotações sobre Autopoiesis.	28
Figura 10 - Retrato de Humberto Maturana.....	29
Figura 11 - Retrato de Francisco Varela e Fenomenologia	30
Figura 12 - Anotações ilustradas sobre o conceito de encapsulamento / “closure” .	32
Figura 13 - Realidade como construção social.....	34
Figura 14 - Visor de Realidade Virtual (<i>Head Mounted Display</i>), com sensor de captura de movimentos Leap Motion	36
Figura 15 - Coporificação e construção de realidade	41
Figura 16 - Quadro de John Constable: <i>The hay wain</i> (1821)	44
Figura 17 - Corte transversal da Rotunda em Laister Square, onde foi exibido o panorama de Londres (1801)	46
Figura 18 - Detalhe da aquarela de Rudolph Ackermann, Vista aérea da escadaria e parte superior do <i>Pavillion in the Colosseu</i> , Regent’s Park (1829).....	48
Figura 19 - Tavoletta de Bruneschi e visor de Realidade Virtual.	51
Figura 20 - Oculus Rift modelo DK 2 – Developers Kit 2.....	60
Figura 21 - Sensores fisiológicos de condutância eletrodérmica.....	66
Figura 22 - Ilustração de um sensor Empática E4 utilizado no experimento.	67
Figura 23 - Ilustração conceitual (Concept Art) do ambiente virtual.	69
Figura 24 - Rascunhos e ilustrações conceituais de Cognitive Explorers.....	72
Figura 25 - Concept Art de evento em Cognitive Explorers.....	75

Figura 26 - Ilustração conceitual do ambiente “Laboratório”.....	76
Figura 27 - Voluntário de Cognitive Explorers controla suas mãos virtuais através do <i>Leap Motion</i>	77
Figura 28 - Voluntário com visor, sensor de movimento e dois sensores fisiológicos nos pulsos.	81
Figura 29 - Captura de tela do primeiro ambiente virtual de <i>Cognitive Explorers</i>	84
Figura 30 - Captura de tela do evento “Escuro”	85
Figura 31 - Captura de tela do “pilotis” e do “monolito” em <i>Cognitive Explorers</i>	87
Figura 32 - "Plataforma", momento antes de "queda"	88
Figura 33 - Captura de tela de <i>Cognitive Explorers</i> ; A “queda”	89
Figura 34 - Voluntário com sensores fisiológicos nos pulsos reage ao momento “parede”	91
Figura 35 - Dados dos sensores fisiológicos sendo capturados em tempo real.	96
Figura 36 - Registro dos dados capturados pelo sensor no pulso esquerdo; voluntário 4	98
Figura 37 - Detalhe do pulso direito do voluntário 15	99
Figura 38 - Gráfico do pulso direito do voluntário 16	100
Figura 39 - Detalhe do pulso esquerdo do voluntário 8	101
Figura 40 - Detalhe do pulso direito do voluntário 06	103
Figura 41 - Detalhe do pulso esquerdo do voluntário 07	104
Figura 42 - Voluntário 007 observando a esfera negra.....	105
Figura 43 - Detalhe do pulso direito do voluntário 08	107
Figura 44 - Comparação entre reações fisiológicas durante e após Ambiente Virtual no voluntário 19.....	109
Figura 45 - Detalhe do lado direito do voluntário 18	110

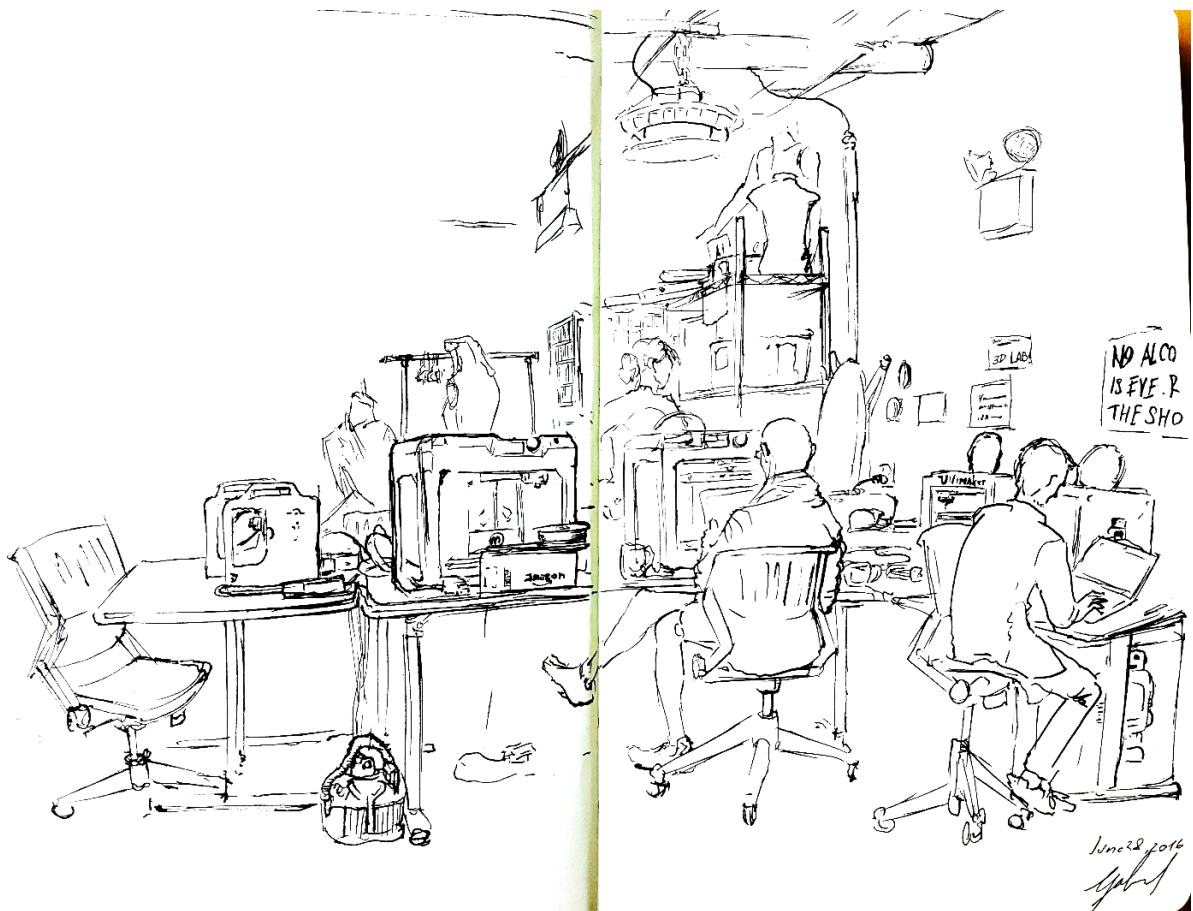
SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	V
ABSTRACT	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
SUMÁRIO.....	IX
1 INTRODUÇÃO	9
1.1 DESENHOS E NEUROFENOMENOLOGIA COMO METODOLOGIA	17
1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	20
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 Percepção e construção da realidade.....	22
2.1.1 Realidade Virtual e Autopoiesis	28
2.1.2 Conceito de Realidade Virtual	36
2.1.3 Realidade Virtual é Sincronia	39
2.2 MECANISMOS PARA A MODULAÇÃO DE REALIDADES	41
2.3 VEÍCULOS PARA REALIDADE VIRTUAL PRÉ-INDUSTRIAIS	44
2.4 OS LIMITES DA SIMULAÇÃO	49
2.5 O ADVENTO DA REALIDADE VIRTUAL ELETRÔNICA.	51
2.5.1 O Cinema: da ilusão para a realidade emocional.....	52
2.5.2 Estereoscopia e simuladores	54
2.5.3 <i>Head Mounted Display</i> e Computação – <i>HeadTracking</i>	56
2.5.4 Estado atual da Realidade Virtual: Revolução retomada	60
3 EXPERIMENTO.....	61
3.1 USO DE REALIDADE VIRTUAL PARA PESQUISAS EM NEUROCIÊNCIA	61
3.2 COMPUTAÇÃO AFETIVA E O DESENVOLVIMENTO DO AMBIENTE VIRTUAL	64

3.3 FUNDAMENTOS DE SENSORES ELETRODÉRMICOS	66
3.3 PROCESSO CRIATIVO NA ELABORAÇÃO DO AMBIENTE VIRTUAL	69
3.3.1 Etapas do processo de criação	72
3.3.2 Desenvolvimento preliminar e conceitual do Ambiente Virtual.....	74
3.3.3 Leap Motion – rastreamento e recriação das mãos dos voluntários.	77
3.3.4 Desafios e o papel crucial da pré-produção:	78
3.4 DESCRIÇÃO DA EXPERIÊNCIA E DO AMBIENTE VIRTUAL	81
3.4.1 Componentes da experiência	81
3.4.2 OBSERVAÇÕES SOBRE O MOVIMENTO EM REALIDADE VIRTUAL	90
3.5 Reação dos Voluntários	91
3.6 OBSERVAÇÕES SOBRE A FORMAÇÃO E EMERGÊNCIA DE MEMÓRIAS DURANTE A EXPERIÊNCIA.....	92
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	95
4.1 METODOLOGIA DE ABDUÇÃO	95
4.2 MÉTODO DE MEDIÇÃO BILATERAL COM DOIS SENSORES FISIOLÓGICOS	95
4.3 CORRELAÇÃO DOS DADOS FISIOLÓGICOS COM EVENTOS DO AMBIENTE VIRTUAL	97
4.3.1 “Parede”	98
4.3.2 Pilotis, Monolito e a Esfera Negra	102
4.3.3 Queda.....	105
4.3.4 EDA fora do Ambiente Virtual.....	108
4.4 NECESSIDADE DE REGISTOS ALÉM DOS SENSORES	111
5 CONCLUSÃO.....	112
REFERÊNCIAS	114

1 INTRODUÇÃO

Figura 1. - Laboratório de prototipagem da NYU ITP em 2017



Fonte: Autor

[...]o termo virtual é particularmente empobrecedor, correndo o risco de ocultar a riqueza do conceito. Pois é na contracorrente da imagem, evacuando tudo o que é da ordem da reprodução do simulacro e da cópia, que podemos realmente encontrar um lugar do virtual (DENTIN, 1999)

Em 2016, durante este meu período no mestrado da UFRJ em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia (HCTE), fui selecionado pelo programa

"*Instigators*" patrocinado pela Tisch School da New York University e convidado a participar em seu intensivo de verão da *Interactive Telecommunications Program* (ITP). Assim como o HCTE no Brasil, a ITP é um programa interdisciplinar onde artistas, ativistas, cientistas, programadores e engenheiros podem gerar ricas trocas de conhecimento, aprendendo e ensinando junto com professores, em um espaço de experimentação científica. Fui para este breve período no exterior com o intuito de continuar minhas explorações iniciadas no HCTE em Realidade Virtual e cognição. Fazia alguns anos, mesmo antes de entrar no mestrado, que havia me tornado um criador, pesquisador e disseminador crítico desta nova linguagem e suas tecnologias. Sendo assim, estava ansioso para ver de perto o que havia de mais novo no meio, em um ano que vi chamarem de "*o ano da Realidade Virtual*"¹.

A disseminação recente de uma nova geração de equipamentos de Realidade Virtual, mais acessíveis e mais poderosos, promete tornar realidade as expectativas de um futuro onde homem e máquina, realidade física e eletrônica, informação digital e fisiológica, arte e ciência, irão finalmente se unir em um processo que pode ser remontado desde o início da revolução da telepresença digital no século XX ou até mesmo extrapolado ao início da linguagem pictográfica. Desde o início da linguagem o ser humano passou a usar ferramentas e signos para gerar um duplo da sua realidade física nas paredes das cavernas – e conseqüentemente em sua própria percepção de realidade. De um ponto de vista mais materialista, estava ansioso para poder conhecer novos aparelhos, entender seus mecanismos e melhores práticas de desenvolvimento.

¹ "*The year of VR*"

Figura 2 – Retrato de Neil Harbisson em Junho de 2016



Fonte: Autor

Entretanto, o momento mais marcante deste período na NYU – e que viria a ser fundamental na escolha de minha dissertação – não me pareceu de início ter relação alguma com os visores, sensores, luvas e imagens dos aparelhos de Realidade Virtual que tanto ocupavam minha atenção. O que me marcou foi ter conhecido Neil Harbisson², conhecido como "o primeiro ciborgue" e o primeiro transhumano reconhecido legalmente como tal em seu passaporte (JEFFRIES, 2014). Neil nasceu com daltonismo severo, sendo incapaz de ver cores. Em um procedimento cirúrgico clandestino realizado por iniciativa própria, o catalão com cidadania inglesa, de 33 anos instalou em seu crânio uma antena capaz de detectar cores no ambiente, incluindo ultravioleta e infravermelho. As cores detectadas são então traduzidas em

² www.harbisson.com

vibrações sonoras que somente ele é capaz de sentir. Outra prótese o possibilita receber sinais sonoros pela internet via *bluetooth*, sendo que algumas pessoas selecionadas ao redor do mundo são autorizadas a enviar "cores" e músicas para Neil. O que inicialmente era para ser um trabalho artístico acabou se tornando um movimento chamado de "ciborguista"³ e trouxe para ele certa fama internacional, com vídeos, *TED talks*, a criação de uma fundação para ciborgues e até sua própria marca de roupa para outros como ele.

Mais do que questões éticas ou detalhes técnicos relacionados ao uso de implantes eletrônicos, ou mesmo questões legais envolvidas em ser um ciborgue; foi em uma de nossas conversas sobre linguagem que toda a minha questão com Realidade Virtual ganhou uma nova dimensão. Ao falar como era ser um ciborgue, Neil disse ser muito difícil explicar seus sentidos para outros. Afinal, "nossa linguagem não foi feita para descrever o mundo através de órgãos sensoriais artificiais" (HARBISSON, 2016). Ficamos limitados à dizer que ele "escuta cores" ou "vê através da internet", mas foi a melhor solução encontrada para descrever como é ser Neil Harbisson para aqueles que não compartilham de seus sentidos aumentados por implantes.

Essa incapacidade de compreender e vivenciar os sentidos do outro não me pareceu uma exclusividade de uma experiência exótica em transhumanismo, mas sim algo recorrente em toda a nossa relação com a realidade. Conhecer Harbisson abriu meus olhos para como o uso da tecnologia, mais do que uma ferramenta para agir no mundo, seria uma maneira de se comunicar com toda uma nova realidade cognitiva. E se partirmos do pressuposto de que não seria possível apreender uma realidade além do que nos é transmitido pelos nosso órgão sensoriais – sejam biológicos ou artificiais – então a Realidade Virtual teria um papel fundamental na construção de pontes entre as realidades em que a consciência de cada pessoa existe – de ser capaz de compreender o outro, de expandir nossa compreensão do que é o humano e assim tornar mais rica a arenosa ilha de percepção em que vivemos.

³ "Ciborguismo é um movimento artístico onde artistas criam seus próprios sentidos e partes do corpo, unindo cibernética com seu próprio organismo. Ciborguismo é a arte de nos expressar através dos sentidos ou sentidos estendidos criados pela união entre cibernética, o corpo e a mente do artista" (HARBISSON, 2015)

Explorações metafísicas são consequências comuns quando se discute Realidade Virtual em qualquer âmbito, mas procuro aqui uma abordagem mais experimental. Em minhas experiências prévias criando ambientes virtuais e suas ferramentas, fui capaz de gerar de forma concreta sensações muito distintas do que estava acostumado no meu trabalho como designer, artista e produtor de televisão. Estar imerso em um ambiente virtual é uma experiência mais física – ou melhor, corporificada – do que a experiência abstrata e intelectual de observar e se imaginar presente em uma folha de papel ou tela de computador. Além do processo analítico de descrever e compreender a situação que observava numa tela, na Realidade Virtual era como se meu corpo todo estivesse, não substituindo, mas me sobrepondo à realidade material analógica em que me encontrava. Mesmo em um ambiente virtual simples, visualmente longe de ser um duplo do real, sentia meu corpo fazer parte da experiência de forma fisiológica, ocupando um espaço definido, sensorialmente material em um ambiente virtual. Consequentemente minhas lembranças dessas experiências também se apropriaram da memória corporal que elas geraram – eu me lembrava de ter estado presente em um lugar, mesmo que virtualmente, como se fosse uma lembrança de um lugar físico. As memórias e sensações eram reais, mas o ambiente era virtual.

Voltando ao Brasil e ao HCTE, pude relatar esta experiência ao meu orientador, professor José Otávio, mais especificamente como uma maneira de contribuir para sua pesquisa na compreensão dos processos cognitivos e emocionais de pessoas autistas. Ainda em companhia do ciborgue Harbisson, perguntei a ele como comparava sua relação com a sociedade enquanto deficiente visual e em seu estado atual, como ciborgue. Ele respondeu que, por não ver cores – seu daltonismo permite ver apenas escalas de cinza – ele se sentia desconectado da sociedade de uma maneira fundamental e, como consequência, desconectado emocionalmente de algo que todos pareciam compreender naturalmente. Existia toda uma camada da realidade da qual ele não fazia parte. Agora, como ciborgue, ele diz ver cores "de uma outra maneira", chegando ao ponto de dizer que hoje considera os outros os deficientes: "como eu 'vejo' infravermelho e ultravioleta, sei exatamente porque meu gato tanto olha para a parede, mais ninguém pode ter esta experiência".

De maneira não muito diferente do exótico Harbisson, os autistas observados por José Otávio também são considerados "pessoas com deficiência" para emoções facilmente apreendidas pela sociedade e, como ele, se sentem distantes e desconectados. Além disso, muitos autistas são capazes de altos rendimentos que a maioria das pessoas achariam impossíveis, em áreas como matemática, música, artes, entre outras.

Neil continua não sendo capaz de ver cores como nós vemos, mas ele usou a tecnologia para decodificar a informação ótica em sonora e assim ter uma apreensão maior da realidade. De maneira semelhante, o prof. José Otávio Pompeu e Silva utiliza sensores eletrodérmicos para decodificar os estados emocionais em que autistas – e não autistas – se encontram enquanto realizam uma dada ação. Ao invés de detectar cores e decodificá-las em vibrações sonoras, os sensores utilizados por José Otávio são capazes de medir dados fisiológicos como condutância eletrodérmica, batimento cardíaco e temperatura e a partir deles buscar decodificar o estado emocional do sujeito. O resultado desta leitura de emoções pode então ser traduzida para uma outra linguagem mais acessível para um autista, por exemplo em *emoticons* com carinhas simples, rostos que expressam emoções.

"Maioria dos experimentos foram em situações de estímulo e resposta, como alguém com aracnofobia exposta a fotos de aranhas. Nosso laboratório é diferente. Queremos entender processos cognitivos profundos, como criação e apreciação artística" (POMPEU E SILVA, 2015)

Esse tipo de abordagem usado em nosso laboratório com o prof. José Otávio faz parte do campo da Computação Afetiva (*Affective computing*), ou "o estudo do desenvolvimento de sistemas e aparelhos que possam reconhecer, interpretar, processar e simular emoções humanas." (PICARD, 1995). Inicialmente voltada para a criação de máquinas que compreendessem – e talvez até sentissem – emoções, cada vez mais a computação afetiva tem apresentado novas perspectivas para a compreensão do próprio ser humano.

Por ser um campo tão novo quanto a Realidade Virtual – que veremos a frente não é tão nova assim – a computação afetiva conta com uma série de desafios de ordem prática em suas pesquisas. Como saber em que estado mental o sujeito se encontra se ele não é capaz de descrevê-lo com exatidão em uma entrevista

posterior? Como isolar o ambiente e a experiência a fim de detectar quais são os sinais que estão realmente estimulando o sujeito dentro de um laboratório? Seria possível analisar quantitativamente este estado mental, mesmo levando-se em consideração a inerente subjetividade que ele acarreta? E falando em subjetividade: seria possível ter um método científico mais abrangente e rico caso fôssemos capazes de detectar e qualificar os estados mentais, não só do sujeito passivo, como também do próprio cientista observador?

Em face destas questões e desafios técnicos/metodológicos sugeri que os aparatos de Realidade Virtual possam oferecer um ambiente e um veículo para criarmos experiências sensoriais controladas, porém ricas o suficiente para podermos gerar e detectar estados emocionais complexos. A pesquisa sobre estados emocionais usando dados computacionais e sensores é um ramo multidisciplinar por natureza, pois estados emocionais parecem emergir como resultado de uma complexa rede de relações cognitivas (SCHERER, 2009). Para isso, entendemos que as experiências também devem conter uma complexa rede de métodos, abordagens e pontos de vista, resultando também em uma complexa relação entre áreas da ciência. Além de filosofias metodológicas diversas, esta multidisciplinaridade emergente em estudos das emoções gera desafios mesmo em questões básicas, como a disposição do espaço físico do laboratório. Poderíamos então transferir a presença corporificada do sujeito para além dos limites físicos – e mesmo orçamentários – de uma sala na Universidade Federal do Rio de Janeiro?

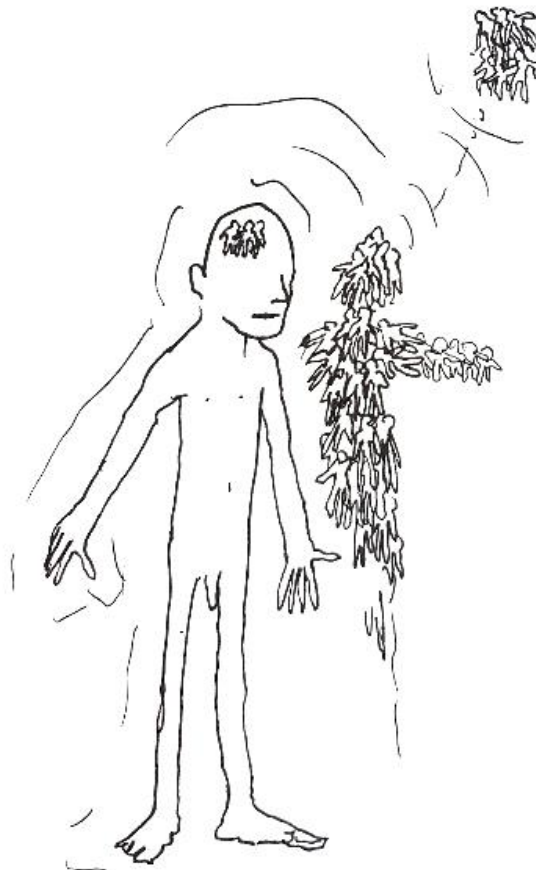
A compreensão sobre os mecanismos que envolvem as emoções e melhores práticas para sua qualificação computadorizada é uma das perguntas difíceis – “*hard problems*” – das neurociências e das ciências da computação. Mas foi com o intuito de poder contribuir com meus conhecimentos em design, arte e desenvolvimento de ambientes virtuais que encontrei junto ao prof. José Otávio uma oportunidade para adicionar uma peça ao conjunto de ferramentas disponíveis para os estudos da computação afetiva. A Realidade Virtual como tema tecnológico e filosófico tem em comum com o ramo da computação afetiva o fato de se encontrarem na interseção entre diversos ramos das artes e das ciências. É um equipamento, assim como um tema, que se apresenta como um veículo entre percepções e provoca tanto debates intelectuais fascinantes, quanto sensações fisiológicas surpreendentes.

Lembrando das sensações fisiológicas e emocionais que tive com a Realidade Virtual, entendo sua união com a computação afetiva e estudos sobre cognição como uma atração natural e, no campo pessoal, uma oportunidade única de contribuir no que acredito ser a maior de todas as jornadas: a compreensão do ser humano pelo ser humano.

1.1 DESENHOS E NEUROFENOMENOLOGIA COMO METODOLOGIA

Figura 3 - Anotação ilustrada sobre o cérebro corporificado / embodiment

O ser humano vê braços, pernas, bocas
olhos, estomago, dedos em tudo que
o cerca.



Artigo sobre equívocos na origem da consciência

Nota: Texto mostra: "o ser humano vê braços, pernas, bocas, olhos, dedos em tudo que o cerca"

Outra bela oportunidade inesperada deste trabalho foi o incentivo do prof. José Otávio de usar minhas ilustrações como parte integrante do meu processo de pesquisa. Ao longo do mestrado preenchi 10 cadernos, não só com anotações, mas com desenhos que me guiaram nesta jornada. O ato de desenhar não era uma questão de ilustrar tecnicamente ou apenas registrar pessoas e ideias e sim um processo de autoconhecimento. O desenho para mim é como sensores eletrodérmicos usados nas experiências de computação afetiva, onde é possível partir do pulso para esclarecer o que ocorre nos pontos mais distantes e profundos do cérebro.

Mesmo não sendo o objetivo deste trabalho, uso a oportunidade de aplicar o desenho como um pequeno exercício em neurofenomenologia como proposto por Francisco Varela. Resumidamente, na neurofenomenologia o observador é em si um ser vivo que carrega somente a experiência de ser vivo consigo. Com isso, não se pode excluir o fato de que o observador é um ser consciente com apenas um ponto de vista possível: o interno. "A experiência do ponto de vista do próprio sujeito, um mundo vivido ("*a lived world*")" (RUDRAUF et al., 2003) . Varela defende que para aplicar a neurofenomenologia é necessário desenvolver a "habilidade da descrição fenomenológica" que seria como "aprender uma nova língua". O desenhar é para mim parte de uma "sistemática capacidade de reflexão".

Mesmo sendo um trabalho sobre experiências da cognição, uso de tecnologias da percepção e panoramas da virtualidade, não deixo de me ver só como um pesquisador, mas sempre paralelamente como um artista. Com a afirmação que "a experiência subjetiva pode ser compartilhada", Varela abre as portas para experimentar novas formas de agir cientificamente e assim decidi me comunicar com o leitor desta dissertação.

Outro ponto relacionado; em 2015 a Harvard Press publicou sua primeira obra em quadrinhos: *Unflattering* (SOUSANIS, 2015). A obra criada por Nick Sousanis virou manchete nos jornais quando a universidade de Columbia aceitou sua tese de doutorado no formato de quadrinhos. Com isso, Sousanis se tornou doutor em estudos interdisciplinares, e abriu novos horizontes para um trabalho acadêmico.

Figura 4 - A organização do trabalho científico e intuição em conjunto criando correlatos complexos.



Fonte: Autor

"Intuition is not some fluffy stuff" (VARELA, 1996)

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho se dividirá em duas partes principais: Uma teórica e outra experimental. Cada uma será dividida em sub-tópicos para facilitar a leitura e compreensão.

A defesa teórica tem como objetivo fundamentar o uso da Realidade Virtual na computação afetiva a partir de um ponto de vista epistemológico. Tentar traçar um panorama superficial sobre a natureza da percepção da realidade e suas diferentes interpretações em poucas páginas pode até parecer um paradoxo. Mesmo assim acredito que ela irá fornecer ao leitor algumas ferramentas fundamentais para uma visão que vá além de minúcias tecnológicas de aparelhos específicos e com isso instigar uma leitura crítica dos desafios e oportunidades que o uso da Realidade Virtual pode oferecer.

Em seguida apresentarei a Realidade Virtual dentro do contexto da arte; mais especificamente como o trabalho artístico precede a Realidade Virtual eletrônica em sua capacidade de criar ambientes imersivos e de modular a percepção de realidade do sujeito entre diferentes planos de realidade e virtualidade.

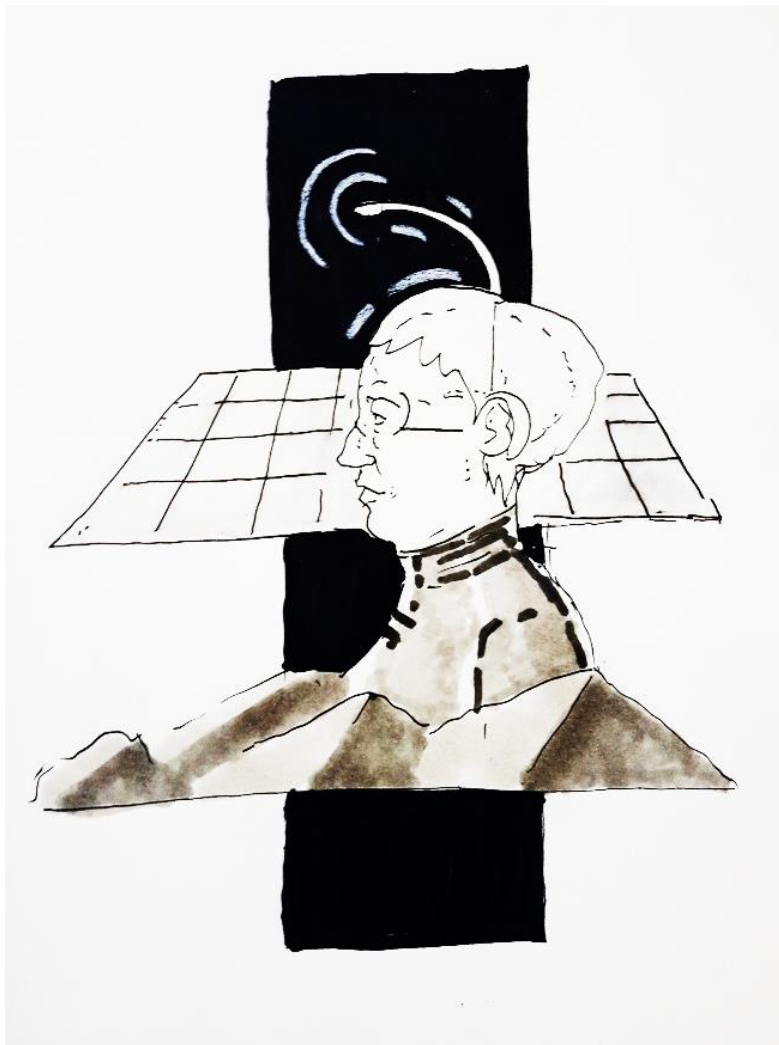
Termino a parte teórica com uma descrição histórica e desta vez, mais técnica dos equipamentos de Realidade Virtual eletrônicas e seu atual estado da arte.

A segunda parte do trabalho é a descrição da experiência realizada em laboratório: da concepção do ambiente virtual até sua aplicação em conjunto com visores de Realidade Virtual e o sensor de dados fisiológicos Empatica E4 em um grupo de 20 voluntários. O objetivo da experiência é explorar métodos para mensuração e categorização de emoções através da análise computacional, com ênfase nos processos e metodologias utilizadas no uso da Realidade Virtual.

A análise dos dados obtidos apresenta algumas possibilidades promissoras para futuros trabalhos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Figura 5 - Ciborguismo e virtualidades



Nota: O ciborguismo e o uso de quaisquer ferramentas trabalham em conjunto com nossa cognição para criar os planos de realidade em que existimos.

Fonte: Autor.

"O estudo da teoria é crucial para a experimentação no trabalho científico" (VARELA, 1999b)

2.1 PERCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO DA REALIDADE

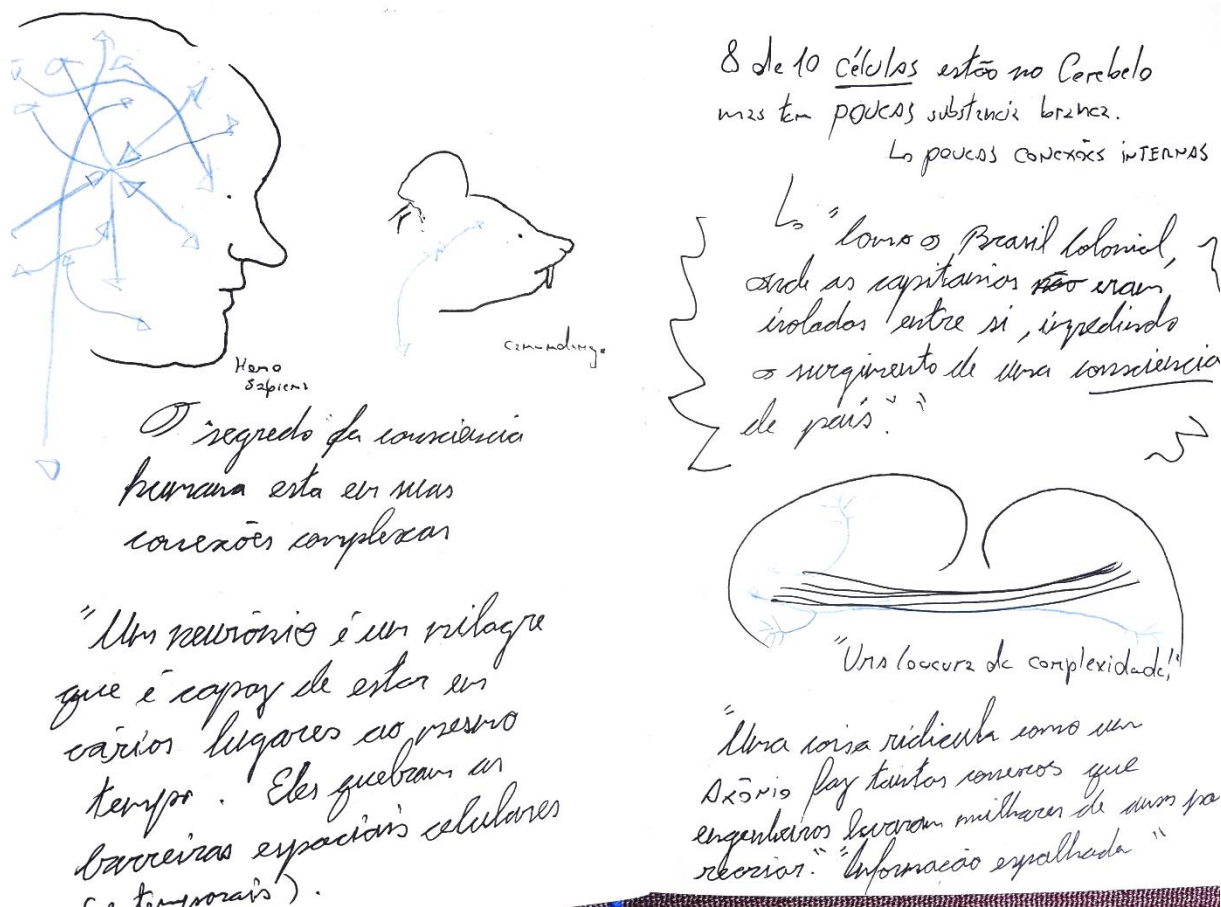
A Realidade Virtual não é uma tecnologia específica nem mesmo uma invenção recente. O prêmio Nobel de Literatura José Saramago afirmava:

“o sonho é uma espécie de Realidade Virtual. A Realidade Virtual não foi inventada ontem, o homem das cavernas já sabia o que era a Realidade Virtual... porque sonhava. Portanto não me venha cá com histórias... Ai! A Realidade Virtual! Ui! Isso é tão velho como o mundo. Estamos a viver no sonho coisas como se elas existissem – estão dentro da nossa cabeça simplesmente. É como se viajássemos para dentro de nossa cabeça e vivéssemos aquilo que está lá. Antes, não lhe podíamos chamar Realidade Virtual, porque o conceito não existia. (...) E a verdade é que nós dormimos, mas o cérebro não dorme. Portanto dos dados da experiência, da consciência e do que pode recordar, o cérebro organiza histórias. O cérebro não dorme, aliás, nada dorme. O coração tampouco dorme, o sangue flui. Todas essas células, tudo isso, a bicharada que está dentro de nós não para. O sangue tem de chegar ao cérebro, a toda a parte, e de lá tem os seus caminhos, as suas comportas, os seus diques, os seus canais de comunicação. É assim, pá...”⁴

A história do ser humano, da sua tomada de consciência como hominídeo, à criação de uma percepção de realidades coletivas, até mesmo suas expressões artísticas das pinturas rupestres até catedrais góticas e jogos massivos online são um espelho do estado inerente e constante de geração de realidades promovidos pelas bases do nosso sistema cognitivo. O ser humano seria assim, um animal criador de realidades.

⁴ In Mendes, Miguel Gonçalves, José e Pilar: conversas inéditas. São Paulo. Companhia das Letras, 2012, p. 21

Figura 6 - Anotações feitas durante a aula do professor Francisco Clascá em março de 2015.



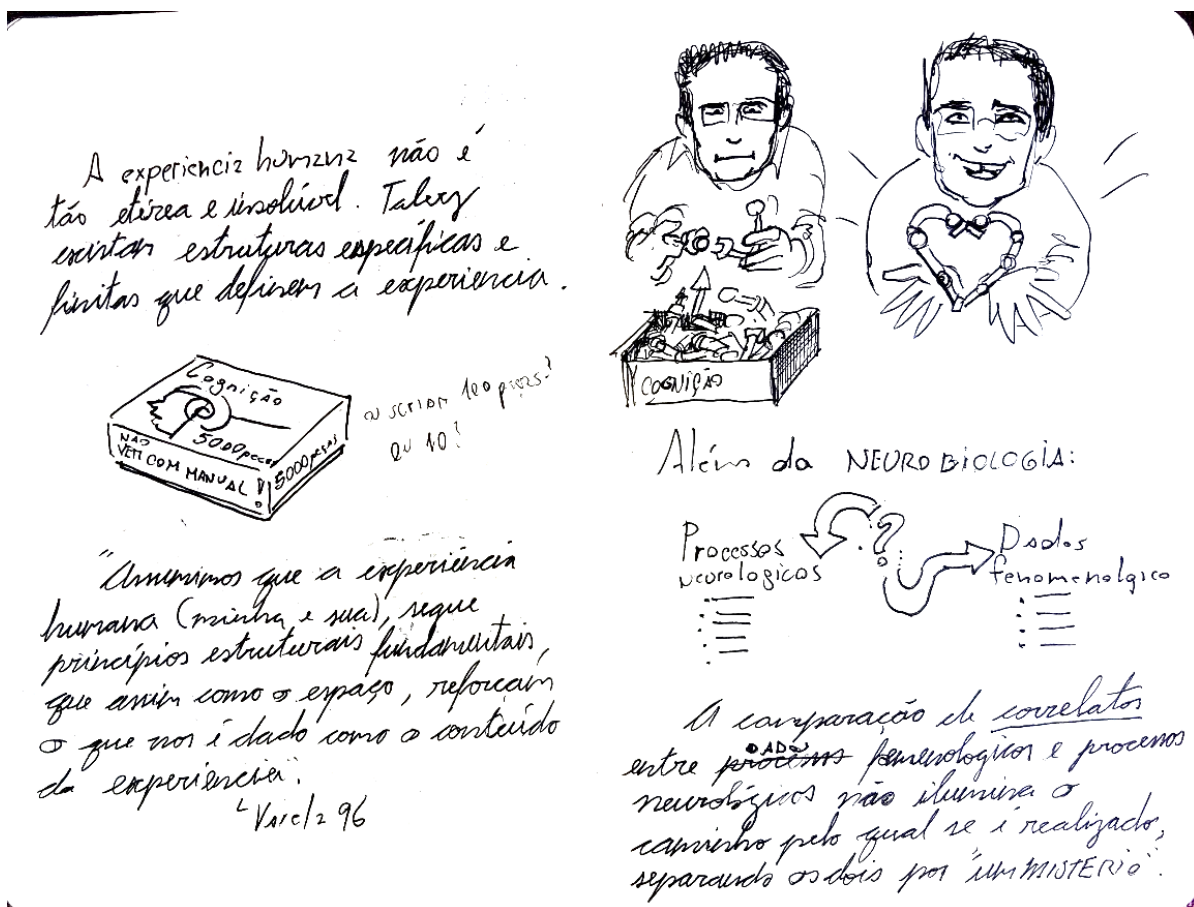
Fonte: Autor.

Nota: Texto diz: "O segredo da consciência humana está em suas conexões complexas." [...] "Um neurônio é um milagre que é capaz de estar em vários lugares ao mesmo tempo. Eles quebram as barreiras espaciais celulares (temporais)[...]. 8 de 10 células estão no cerebelo, mas (neste local) tem pouca substância branca; poucas conexões internas. [...] Como o Brasil colonial, onde as capitânicas eram isoladas entre si, impedindo o surgimento de uma consciência de país".

Durante o curso Anatomia Funcional de Redes Talâmico-Corticais, ministrado pelo professor Francisco Clascá na UFRJ em março de 2015, foi apresentado como o cérebro e o sistema nervoso funcionam e como estudiosos defendem a hipótese de que não é seu tamanho ou quantidade de neurônios que o torna avançado, mas sim sua capacidade de criar conexões complexas e abstratas entre informações. Essa complexa circuitaria neural é resultado de nossa evolução biológica e nos faz incapazes (quando saudáveis) de apreender uma informação de maneira isolada, sem associações emocionais e cognitivas. Nosso pensar é um processo de relações, e não

simples busca de dados. Nem mesmo um sinal tão claro e evolutivamente básico quanto a dor que sentimos ao queimar as pontas dos dedos é processado apenas como tal. Nossa sistema cognitivo funciona com conexões e associações paralelas de informação. "O cérebro é um dispositivo para criar realidades estáveis e não para buscar dados" (MATURANA; VARELA, 1994). A dor gerada pelo fogo, além de ativar um sinal de perigo e gerar uma reação prioritária de remover a mão do fogo, no ser humano poderá suscitar reações diferentes da preservação de sua integridade física. Todo o contexto em que esta situação de perigo se encontra é processada e avaliada por diversos setores do cérebro: de suas memórias distantes no cerebelo, da sensação de prazer que a dor pode causar (no sistema límbico), da decisão entre remover a mão do fogo ou mantê-la por uma decisão do indivíduo no córtex pré-motor, onde todos estão dialogando constantemente. A nossa capacidade de queimar a mão, mesmo se isso nos causa dano, é um exemplo de criação de realidade. A nossa consciência é capaz de gerar um contexto de realidade onde queimar sua mão pode ser aceitável, ou necessário. Podemos fazer isto para salvar um ente querido, por rituais culturais ou por mera curiosidade. Se encararmos a Realidade como uma construção de espaço-tempo onde compreendemos estarmos presentes, então cada ser humano (e agrupamentos de humanos) está constantemente criando, negociando e modulando realidades.

Figura 7 - Anotações sobre Varela e a neurobiologia da cognição.



Fonte: Autor.

Notas: Texto diz: "Assumimos que a experiência humana (minha e sua) segue princípios estruturais fundamentais, que assim como o espaço, reforçam o que nos é dado como conteúdo da experiência." (VARELA, 1996). A experiência humana não é tão etérea e insolúvel. Talvez existam estruturas específicas e finitas que definem a experiência. – A comparação de correlatos entre dados fenomenológicos e processos neurobiológicos não ilumina o caminho pelo qual se é realizado, separando os dois por um "mistério".

A modulação de realidades pode ser observada nas artes, onde as fronteiras associadas ao objetivo não são rígidas. O agir artístico é um reflexo de processos cognitivos complexos. Ao pintar as paredes das cavernas e construir catedrais existe a expressão no mundo externo de uma miríade de construções de realidades que não são possíveis de serem contidas na mente de um único indivíduo.

A imaginação, a memória, o conhecimento, a religião são valores de virtualização que nos fizeram abandonar a presença muito antes da informatização e das redes digitais (SERRES, 1997)

A cognição humana existe não apenas na mente e no corpo, mas nas ações e criações do ser humano de forma colaborativa. A consciência existe como mecanismo de apreender e agir no mundo ao mesmo tempo. Esse agir com a imaginação, essa criação de realidades, é um diálogo incessante entre o mundo externo, nosso corpo físico e nossa cognição (VARELA, 96). Nossos instrumentos intelectuais, técnicos e artísticos, nossas filosofias, ideais, computadores e linguagens são ferramentas que emergem do ser humano criador de realidades. Só interpretamos a realidade vivenciando-a e ao vivenciá-la a modificamos, em um processo constante de novas presenças.

Figura 8 – “Não existe fora”. Baseado em estudos da autopoiesis de Maturana.

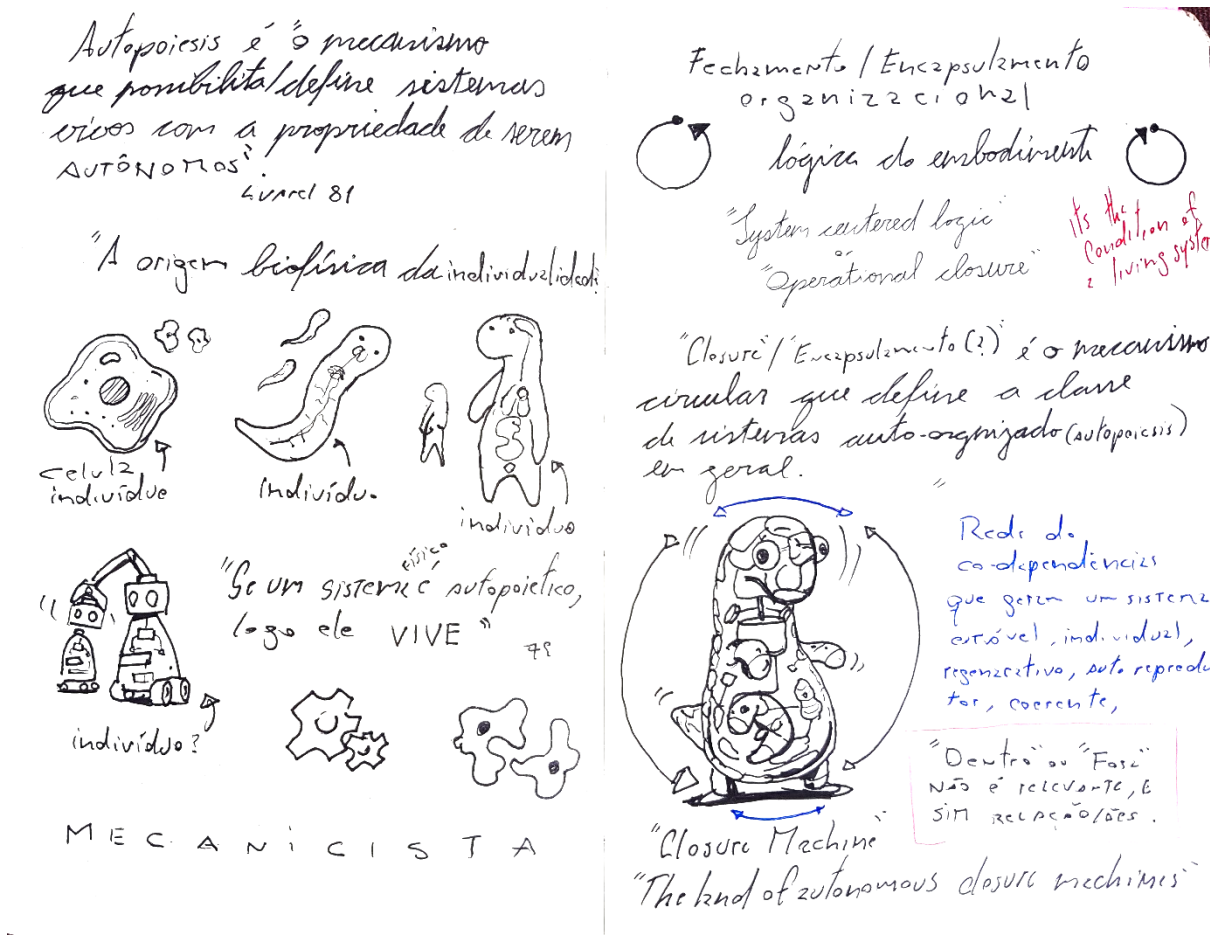


Fonte: Autor

Nossa presença no aqui e agora é usualmente mensurada utilizando métricas acordadas pela nossa sociedade. Sabemos que estamos “aqui”, pois verificamos em um mapa que este “aqui” é a cidade do Rio de Janeiro, que se situa no Brasil, América do Sul, Terra, Sistema Solar, Via Láctea, universo visível e invisível. O “agora”, também é resultado de um acordo, tanto que nosso calendário já sofreu diversas alterações nos últimos séculos, sendo que o dia de 24 horas e o ano de 365 dias são inovações com menos de 1000 anos de idade e constantes alterações. Porém essas coordenadas científicas, geográficas e temporais não são capazes de abraçar todos os possíveis estados de presença nos quais uma pessoa, ou mesmo uma sociedade, pode se encontrar. Quando fechamos os olhos e nos imaginamos em outro lugar, ao ler um livro ou quando imersos em um espaço de Realidade Virtual, será que podemos dizer que estamos apenas sentados em uma cadeira em um local da cidade do Rio de Janeiro? Será que um voluntário em uma experiência cognitiva, ao ser submetido à imagens de cunho emocional fortes, músicas ou simulações pode dizer que está apenas em um laboratório? Neste mesmo exemplo, será que o pesquisador pode supor que seu voluntário esteja “imerso em imagens” e ignorar que estão em um laboratório de neurociência, um local onde nunca estiveram antes, com cheiro de café ou água sanitária, na Universidade Federal do Rio de Janeiro?

2.1.1 REALIDADE VIRTUAL E AUTOPOIESIS

Figura 9 - Anotações sobre Autopoiesis.



Fonte: Autor

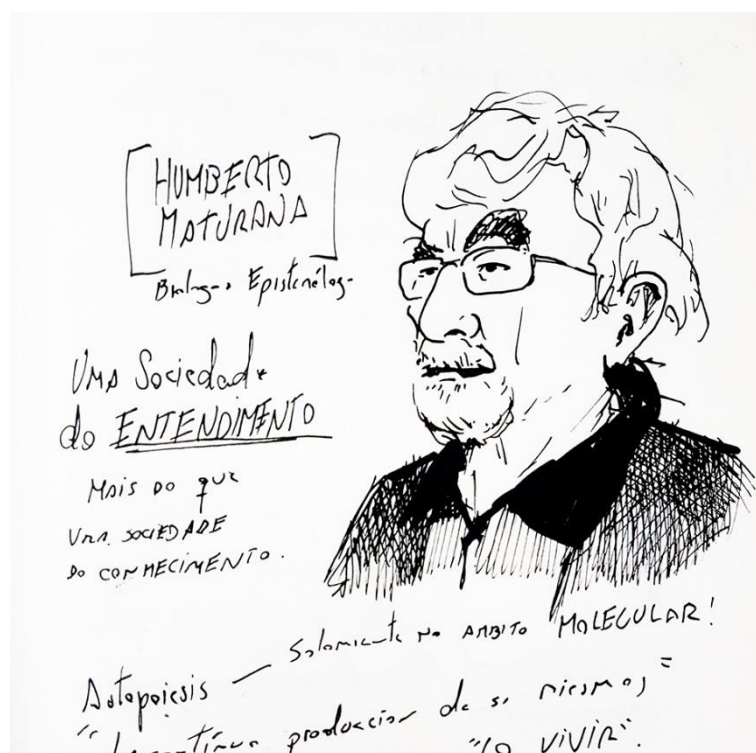
Nota: Texto diz: "Autopoiesis é o mecanismo que possibilita/define sistemas vivos com a propriedade de serem autônomos"(MATURANA; VARELA, 1980).

O fato de existam na ciência tantas maneiras de definir o que seria percepção já é em si um sinal de que a realidade como a compreendemos é um processo modulável, se não cognitivamente, provavelmente culturalmente. Esta discussão é relevante na visão crítica da Realidade Virtual eletrônica, pois, se a percepção humana é capaz de elaborar diferentes interpretações para si mesma, então equipamentos capazes de estimular esse processo podem apresentar inúmeras oportunidades ainda não exploradas da própria cognição. Uma abordagem da

percepção que a define como mais do que o processamento de dados capturados pelos sentidos pode ser útil para a elaboração de métodos de uso na criação de ambientes virtuais.

Tal abordagem pode ser encontrada no conceito de percepção como configuração do objeto pela conduta, proposto por Humberto Maturana em "A ontologia da realidade" e seu colega Francisco Varela em "*Autopoiesis and Cognition*". Para Maturana, a captação de uma realidade externa ao sujeito seria impossível. Sua concepção de ser vivo segue caminhos diferentes das tradicionais, e pode nos ajudar a entender o conceito na Realidade Virtual.

Figura 10 - Retrato de Humberto Maturana



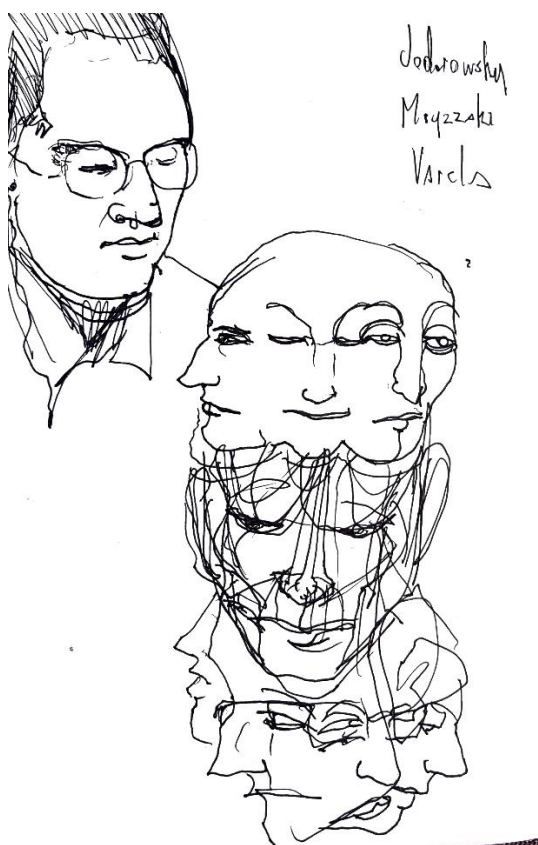
Fonte: Autor.

O ser vivo para Maturana não seria um ente necessariamente biológico capaz de se reproduzir. O que o define como vivo não é a sua fisiologia, evolução ou reprodução, mas sim sua estrutura auto-organizacional frente a um ambiente que se transforma – “mantem-se a circularidade, mas não a forma, que pode variar” (MATURANA, 1997). A vida é um sistema fechado que cria seu próprio significado e

não apenas colhe dados em um processo que Varela denomina Autonomia ou Autopoiesis.

Neste ser vivo a cognição ("*mind*") não é algo que acontece na cabeça, mas que emerge de um sistema entrelaçado de interações simultâneas de várias partes que exibem estabilidade como totalidade. Esses sistemas e entrelaçamentos são biofísicos e mecânicos em sua composição básica – Varela e Maturana são biofísicos e partiriam dos estudos da biofísica celular e da neurofisiologia da visão para teorizar a autopoiesis. "Nossa abordagem será mecanicista (...) não serão apresentadas forças ou princípios que não se encontrem no universo físico." (MATURANA; VARELA, 1994). A literatura que eles desenvolveram abraça toda a definição de vida, então buscarei me ater à questão da identidade e da percepção.

Figura 11 - Retrato de Francisco Varela e Fenomenologia



Fonte: Autor

Na autopoiesis a identidade é uma "relação precária e frágil entre sistemas". Varela não acredita que consciência seja um mecanismo abstrato, mas sim resultado de sistemas físicos concretos. Isso abre a oportunidade de se indagar se a identidade humana continua atrelada ao seu encapsulamento autopoietico quando nos sentimos corporificados em um ambiente virtual. Varela diz que o funcionamento de áreas específicas do cérebro não explica a mente ou que o funcionamento de sistemas críticos não são toda a consciência. Ou seja: nossa percepção de nós mesmo dependeria de todo conjunto que nos dá identidade, o que inclui nosso corpo, músculos e sistema nervoso. Então como explicar a imersão em um ambiente virtual e as reações fisiológicas que ela pode gerar no usuário – como flutuação no estômago ao "cair" de um edifício virtual sem que meu corpo físico tenha se movido? O que inicialmente parece uma limitação da percepção humana e sua identidade ao corpo biológico pode ser na verdade o oposto. O corpo tem um papel central na percepção, mesmo na imaginação e na presença virtual.

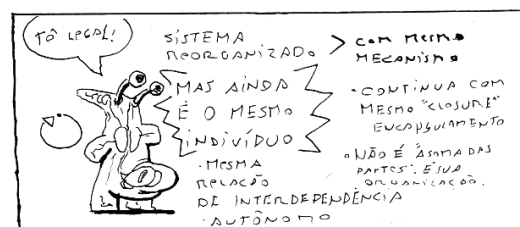
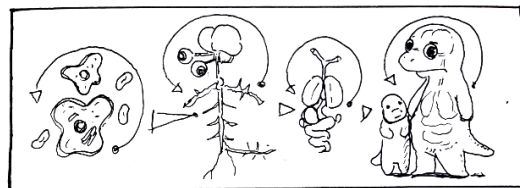
Figura 12 - Anotações ilustradas sobre o conceito de encapsulamento / "closure".

Closure / Encapsulamento é a resposta para a tentativa de formalizar e caracterizar o mecanismo da autonomia em geral como um comportamento auto organizado e especificar a organização circular ou mecanismo de um dado sistema autônomo enquanto ele dá origem a uma IDENTIDADE.

Closure ≠ Closed System

o SISTEMA Circular é adaptável.

Closure ≠ "soma das partes"
= É o fechamento organizacional de suas partes.



Fonte: Autor.

Nota: Texto na esquerda diz: "Closure / Encapsulamento é a resposta para a tentativa de formalizar e caracterizar o mecanismo de autonomia em geral como um comportamento auto organizado e especificar a organização circular ou mecanismo de um dado sistema autônomo enquanto ele dá origem a uma identidade. Closure é diferente de sistema fechado. Closure (é diferente de) soma das partes. (Closure) = é o fechamento organizacional de suas partes.

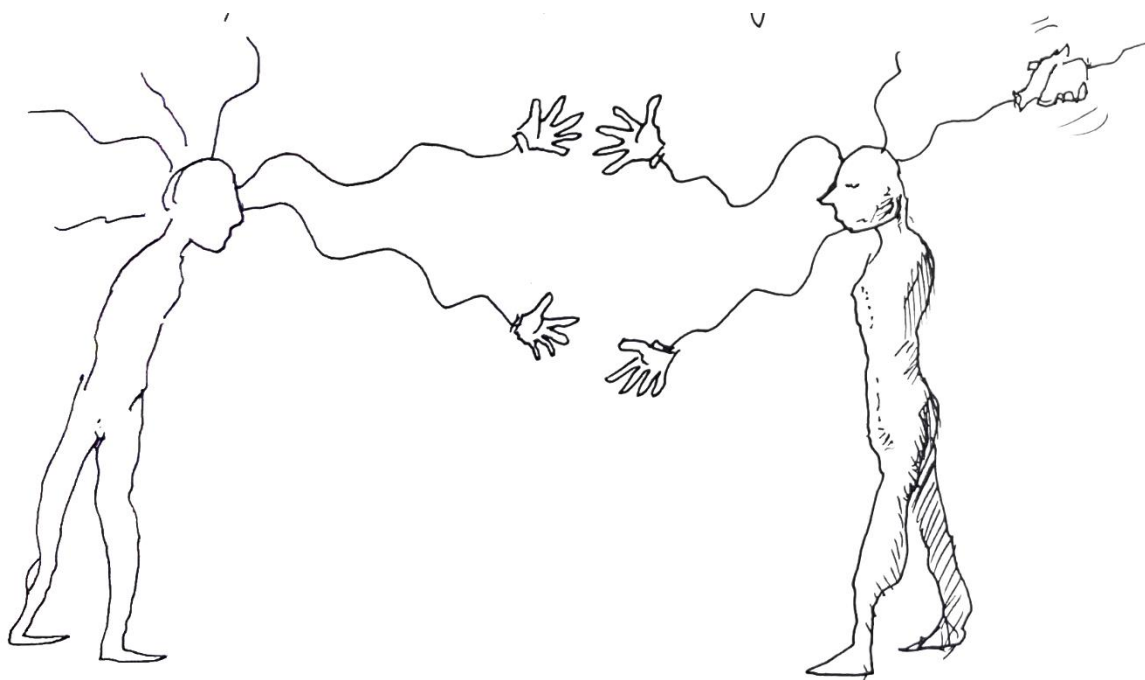
Varela diz que "a mente não é apenas o cérebro e não se encontra na cabeça" – mas completa: "mas sim em todo ambiente". Neste caso ele diz que a mente, e por consequência toda a nossa realidade possível, está espalhada também em nossos "músculos, ossos, hormônios, etc." – o que ele chama de "ambiente". O que ocorre então quando adicionamos componentes artificiais à esse sistema biológico? Será que geramos um "ambiente" novo para nossa consciência ou apenas a expandimos?

Quando vestimos um visor de Realidade Virtual conectado à sensores eletrodérmicos é possível transformar nossos próprios dados fisiológicos em novos

sentidos – batimento cardíaco em som, movimento gastrointestinal em formas tridimensionais, etc, e assim manipular o próprio ambiente virtual em que nossa sensação de corpo se encontra. Imaginemos então que, como o "ciborgue" Neil Harbisson, recebêssemos sinais fisiológicos de outras pessoas, ou mesmo de máquinas através da internet. De que maneira isso influenciaria nossa interdependência entre identidade e "encapsulamento" (*closure*) biológico?

Pierre Lévy faz essa ponte entre a biologia e a virtualização do corpo, onde nossa percepção de ser – "Dasein", existir em "algum lugar", mas em nenhum lugar ou tempo específico e mesmo assim "nada disso impede a existência" (LÉVY, 1997). Essa existência como sistema e não como objeto parece ressoar e expandir a autopoiesis para planos além dos limites estruturais da biologia, como uma culminação do paradigma da expansão da corporificação do ser humano em um processo que pode ter se iniciado no momento em que inventamos a linguagem – a virtualização da percepção e, por consequência, de nossos corpos. Lévy afirma que nossa vida física "passa cada vez mais por uma "exterioridade complicada na qual se misturam circuitos econômicos, institucionais e tecnocientíficos". Podemos traçar um paralelo com o sistema auto regulatório descrito por Maturana, dizendo que essa crescente "virtualização do corpo que experimentamos hoje é uma nova etapa na aventura de autocriação" (LÉVY, 1997).

Figura 13 - Realidade como construção social



Fonte: Autor.

. A questão sobre o que seria a construção de realidade é um tema vasto que pode ser abraçado por várias áreas do conhecimento, podendo ser abordada pela sociologia – Realidade como construção Social (BERGER; LUCKMANN, 2011), da Fenomenologia, filosofia, cognitiva – Quais são as estruturas cognitivas que permitem apreender uma realidade coerente entre outros campos do conhecimento.

"Com os sistemas híbridos de Realidade Virtual, é como se o consciente tivesse deixado de ser apenas psicológico (Freud), econômico (Marx), corporal (Nietzsche), óptico, (Benjamim), cognitivos (Bergson) e tivesse se tornado também cibernético"(PARENTE, 1999)

Meu interesse neste trabalho é mais pontual. Como comentado livremente no início deste capítulo, dada a aparente complexidade e paralelismos de percepções inerentes ao funcionamento da cognição humana, venho propor um estudo e análise experimental do uso de plataformas digitais de Realidade Virtual com promissora capacidade de excitar nossos sentidos e sistemas cognitivos como óculos de Realidade Virtual e sensores eletrodérmicos para buscar meios de mensurar o quão presente um indivíduo está em uma dada realidade, seja ela geográfica, física, emocional ou virtual.

Este trabalho tem como pressupostos que:

- O ser humano não usa a tecnologia apenas para transformar a realidade, mas para vivenciar novas dimensões de realidade.
- O uso de sistemas de Realidade Virtual em conjunto com a captura de dados neurológicos com sensores eletrodérmicos abre novas oportunidades de estudo da cognição e do trabalho laboratorial.

E levanta as seguintes questões:

- Será possível mensurar e categorizar emoções a partir de dados computacionais?
- Emoções são mecanismos da cognição para a formação de uma percepção coerente da realidade?

2.1.2 CONCEITO DE REALIDADE VIRTUAL

Figura 14 - Visor de Realidade Virtual (*Head Mounted Display*), com sensor de captura de movimentos Leap Motion



Fonte: Autor

Será suficiente para nossos propósitos definir 'realidade' como uma qualidade pertencente ao fenômeno que reconhecemos como ser independente de nossa vontade (não podemos desejar que vá embora), e definir 'conhecimento' como a certeza de que o fenômeno é real e que possuem características específicas.(BERGER; LUCKMANN, 2011)

Para se traçar a história da Realidade Virtual é necessário antes definir o conceito de Realidade Virtual que será analisado, já que Realidade Virtual não se limita à uma tecnologia específica. Ela é um ecossistema de linguagens, sistemas e tecnologias, capazes de estimular nossos sentidos de tal maneira a sobrepor nossa

percepção de ser e estar de um plano físico – que nesta situação denominarei de "Real" – para outro criado digitalmente – que simplificarei para "Virtual".

No livro "the VR Book", Jason Jerald define sinteticamente o Virtual como "Ser em essência ou efeito, mas não em fato" (JERALD, 2015).

A definição de Realidade foi retirada do dicionário Webster e usado por Jerald como:

"Estado de qualidade de ser real. Algo que existe independente das ideias que o concerne. Algo que é constituído por algo real ou verdadeiro e diferente de algo que é apenas aparente " (apud - Websters New Universal Unabridged Dictionary in SHERMAN; CRAIG, 2003)

As definições acima partem do pressuposto que, como veremos, gera uma série de limitações para uma compreensão mais ampla de como a realidade é construída pela nossa percepção e faz algum tempo pesquisadores da área da Realidade Virtual já aceitaram a necessidade de se discutir a realidade como uma de suas obrigações, mesmo nas experiências mais concretas com aparatos de visualização de Realidade Virtual digital. Em que momento uma "essência" não é um fato? O que alguém vivencia através de um visor de Realidade Virtual não é um fato? Onde estaria esta "essência" da experiência homem-máquina? Existe alguma diferença para nosso sistema cognitivo entre algo que exista em essência ou outro que exista em fato?

Discutir em que plano a Realidade Virtual será conceituada dentro de uma pesquisa é fundamental para se defender a validade dos resultados gerados através de sistemas de Realidade Virtual. Se ela só existisse em essência, mas não em fato, então a experiência cognitiva do voluntário/usuário seria ainda válida? Isso pode gerar a impressão equivocada que visores de Realidade Virtual sejam máquinas de ilusão desprovidas de ligações fortes com uma realidade física primordial, essa única capaz de validar a experiência. A experiência de se usar um visor de Realidade Virtual não deve ser encarada como apenas uma máquina geradora de "aparências".

Essa transposição entre planos de percepção, do Real para o Virtual, não precisa ser de tal maneira absoluta. O uso de tecnologias do virtual não parte do

pressuposto que o sistema cognitivo do usuário não seja capaz de distinguir entre os dois planos. O Virtual neste trabalho não deve ser confundido com o "falso". Pierre Lévy alerta para essa interpretação dualista e vai além, defendendo o potencial criador inerente do virtual:

[...] o virtual, rigorosamente definido, tem somente uma pequena afinidade com o falso, o ilusório ou o imaginário. Trata-se, ao contrário, de um modo de ser fecundo e poderoso, que põem em jogo processos de criação, abre futuros, perfura poços de sentido sob a platitude da presença física imediata. (LÉVY, 1997)

Essa primeira interpretação do Virtual como "um processo de transformação de um modo de ser num outro" foi fundamental para a elaboração da experiência *Cognitive Explorers*, tanto em seu caráter científico quanto artístico. Lévy elabora o Virtual para além do âmbito técnico, ou mesmo perceptivo, sugerindo a virtualização como um fenômeno cultural mais amplo que não será abordado aqui, mas que norteia o fato fundamental de que a construção do nosso real é uma estrutura que inclui muito do que poderíamos considerar virtual, fugindo da "oposição enganosa entre real e virtual". Livre desta dicotomia, pode-se sugerir o uso das mídias e ferramentas geradoras do virtual como caminhos válidos para a estimulação da nossa percepção real, mesmo cognitivamente, em estudos científicos.

Mais estritamente do ponto de vista técnico, a Realidade Virtual pode ser descrita simplesmente como "um conjunto de tecnologias de visualização com ajuda de computador" (PARENTE, 1999). Porém essa descrição é propositalmente simplista, oriunda do início da computação gráfica nos anos 60, e que não inclui capacidades próprias da Realidade Virtual que faz dela mais do que apenas um visor. Ainda em sua interpretação ampla, Levy atribui à essa tecnologia a capacidade de "transmitir mais do que imagem: uma quase presença" (LÉVY, 1997).

A Realidade Virtual em *Cognitive Explorers* é um meio termo entre "estado de ser" ou apenas um "visor ligado a um computador", procurando uma maneira de complementar o aparato tecnológico com o sistema sensorial humano.

"Um ambiente artificial que é vivenciado através de estímulo sensorial (como visão e som) proporcionado por um computador e onde as ações do indivíduo determinam parcialmente o que ocorre neste ambiente"- Webster Dicionary 2015

Mesmo aqui não temos uma definição satisfatória para a Realidade Virtual no contexto do trabalho, pois não abarca a questão da imersão geradora de presença. O próprio dicionário Webster se encontra em um processo de atualização constante sobre as diferentes interpretações do termo e que hoje é definido como:

"Simulação gerada por computador de uma imagem tridimensional ou ambiente que pode ser interagido de uma maneira aparentemente real ou física por uma pessoas utilizando equipamento eletrônico especial, como um capacete com um visor interno ou luvas equipadas com sensores".- Webster Diccionary ,2017

Interessante ver a quantidade de ambiguidades e dificuldades que mesmo a descrição técnica de Realidade Virtual apresenta. A separação entre o "aparentemente real" (*seemingly real*) e o "físico" (*physical*), constatando já aqui a necessidade de sugerir em um verbete de dicionário a maleabilidade de nossa percepção de realidade que pode considerar sensações não físicas provocadas por um computador como "aparentemente real".

2.1.3 REALIDADE VIRTUAL É SINCRONIA

Levanto a hipótese que o que define Realidade Virtual de forma mais precisa e única será sua capacidade de sincronização e acoplamento. São essas características que fazem do sistema algo mais que um mero visor e estabelece a Realidade Virtual como uma nova mídia. A sincronização ou "acoplamento" possibilitados pelos sensores de rastreamento de movimentos da cabeça (*headtracking*) é onde aflora a particularidade da "presença" (BIOCCA, 1997). "A interatividade resultante da coordenação sensoriomotor do movimento da cabeça com o visor" criaram sensações não encontradas em mídias não sincronizadas (*non-headcoupled*). Esse acoplamento não se limita apenas à cabeça, mas pode ser estendido de tantas maneiras quanto sensores podem ser capazes de fazer a leitura do corpo do usuário, de seu ambiente e combinar esses dados com o espaço computacional, retornando dinamicamente para o usuário. Sincronia entre o movimento e a imagem digital é somente uma das possibilidades. Podemos falar da

sincronia do movimento dos olhos com os sons provenientes do ambiente virtual ou mesmo um infinito recombinar de projeções corporais com tais dados.

Ao ver que suas mãos estão sincronizadas com objetos virtuais, assim como todo seu corpo, cria-se uma relação mais ampla entre a mente e os dados exibidos. Nada parecido é possível nessa escala com telas de computador, por exemplo. Não importa o quanto eu me mova, bata a mão ou o que estou transmitindo pelo meu sistema autônomo simpático ⁵(emoções), nada disso irá fazer diferença alguma no que é exibido na melhor das telas digitais ou nas páginas de um livro.

Em minha própria experiência percebi em diversas ocasiões que a sincronia tem um papel muito mais importante na geração de uma presença do que fidelidade visual e realismo. Qualquer mínimo atraso entre o movimento de minha cabeça e a imagem exibida era capaz de causar um desconforto imediato, enquanto experiências visualmente simples, porém com alta sincronia, são mais imersivas e engajadoras. A nossa percepção do próprio corpo não gera atrasos - a informação é aparentemente instantânea - e assim usamos esse *feedback* para gerar uma realidade coerente.

Se por ventura quisermos nos ater à "realidade" como reino exclusivo do físico e do corpóreo, os sistemas de Realidade Virtual são acoplados e por isso podemos dizer validados pela sensação física corporal do usuário quando este se torna "consciente de seu corpo" (BIOCCA, 1997) dentro deste ambiente que antes era "apenas aparência". Novamente a "presença" se torna a âncora que irá estabilizar o conceito de Realidade Virtual em *Cognitive Explorers*. "Presença emerge não apenas como um produto da mídia de comunicação avançada, mas como sua meta final".

O ciborguismo de Neil Harbinson pode ser caracterizado pela sincronia entre as cores detectadas pelo sensor e os sons gerados pelo seu implante. A tradução da cor em som é arbitrária, seguindo parâmetros artificiais, então talvez possamos dizer que ela exista em uma realidade coberta por um véu de virtualidade e tem seu corpo

⁵ Parte do sistema neurológico responsável por regular as reações fisiológicas apropriadas para cada estado emocional, assim como manter o equilíbrio homeostático interno como suor, batimento cardíaco e temperatura. O sistema autônomo é automático, mas diretamente influenciável por ações voluntárias. Está diretamente ligado as reações de luta ou fuga, assim como mecanismos envolvidos na motivação. São as alterações neste sistema que os sensores EDA monitoram. (KANDEL, 2013)

em conjunto com a cognição, que seriam árbitros dessa exploração constante entre planos.

2.2 MECANISMOS PARA A MODULAÇÃO DE REALIDADES

Figura 15 - Coporificação e construção de realidade



Fonte: Autor.

Nota: Ilustração do mecanismo no qual apreendemos a realidade através de sua manipulação pelo sistema cognitivo.

"Ver é se ver vendo"- Jean Luis Weissberg (1999)

A função neste trabalho da pesquisa histórica e epistemológica da Realidade Virtual é compreender as qualidades que diferentes ferramentas artificiais de simulação e apreensão de realidade podem oferecer para uma melhor investigação

da cognição humana, mais especificamente, como explorar os mecanismos que fazem as emoções possíveis e seu papel em nossa percepção de realidade. Não é do escopo deste trabalho ser um compêndio completo das muitas histórias da Realidade Virtual, nem oferecer um guia detalhado de todas as técnicas e mecanismos necessários para a criação de ambientes virtuais gerados digitalmente.

O uso de referências históricas, das artes e das técnicas servem aqui como base de conhecimento e também como um panorama sobre as questões relativas à percepção humana, complementadas pela pesquisa experimental que neste trabalho busca contribuir com mais ferramentas na abordagem e pesquisa dessas mesmas questões.

A história e o desenvolvimento da realidade virtual podem nos ajudar a entender mais sobre o ser humano. Em seu artigo "*Cyborgs Dilemma*", Frank Biocca continua este raciocínio de que a Realidade Virtual não se desenvolve como um fim em si, mas como um caminho para o auto-conhecimento e expansão das inteligências humanas. O mesmo Biocca, em um livro anterior, *Communication in the Age of VR*, mostra uma outra visão para a Realidade Virtual e mesmo para a história das mídias em si – “Realidade Virtual não é uma tecnologia; ela é um destino” – em uma alusão de que a mídia teria uma meta que seria criar a "cópia perfeita" e até mesmo a “conquista de transcendência física”.⁶ Esta aferição de uma dessas metas para a arte e o desenvolvimento humano – entre a busca pela "cópia essencial" (BIOCCA, 1995) e o uso como ferramenta para "auto-conhecimento humano e expansão da inteligência"- é recorrente na história da arte (GOMBRICH, 1996).

Por razões de simplicidade e para o foco deste trabalho, dividirei os mecanismos concretos da Realidade Virtual em duas partes: O ambiente virtual (LOOMIS; BLASCOVICH; BEALL, 1999) e os veículos de imersão. O ambiente virtual é o espaço e tempo construído para receber o usuário, enquanto o veículo de imersão, como o próprio nome diz, é o veículo que torna a transição entre um ambiente com mediadores sensoriais mínimos – com poucos artifícios entre o que nossos sentidos percebem e a realidade gerada pela nossa cognição – para um ambiente com

⁶ "the achievement of physical transcendence".

mediação maior, a ponto de suplantar os sinais "*drivers*" do mundo físico. Loomis usa o exemplo do cinema, onde as luzes são apagadas e cobra-se silêncio para potencializar o veículo de imersão, (neste caso os projetores, tela e sistema de som, cadeiras confortáveis), diminuindo a preponderância dos sinais locais (a voz dos outros, a textura da cadeira, o espaço), e assim tornar o ambiente virtual do filme mais preponderante cognitivamente do que o estar no cinema.

O caráter gradual desta transição é, ao meu ver, importante para não nos atermos na dicotomia real/verdadeiro e virtual/falso. No contexto do uso de Realidade Virtual como ferramenta em pesquisas cognitivas laboratoriais, abordar as percepções de realidade como um processo gradual e dinâmico (BIOCCA, 1997) torna possível conceber experimentos e tirar deles conclusões válidas sem que para tal seja necessário construir uma simulação perfeita, o duplo ideal (BAILEY et al, 2016) (LOOMIS; BLASCOVICH; BEALL, 1999).

"A operação da simulação nunca cessou: "fazer parecer real o que não é" foi invocado para dar conta tanto da escultura grega quanto da perspectiva (...). Cada época teve seus simulacros." (WEISSBERG, 1999)

2.3 VEÍCULOS PARA REALIDADE VIRTUAL PRÉ-INDUSTRIAIS

Figura 16 - Quadro de John Constable: *The hay wain* (1821)



FONTE: National Gallery – creative commons

Encontramos indício de Realidade Virtual na história da arte e dos meios de comunicação, não sendo uma exclusividade dos avanços recentes em visores faciais – *head mounted displays* – que são a face contemporânea comumente associada à Realidade Virtual.

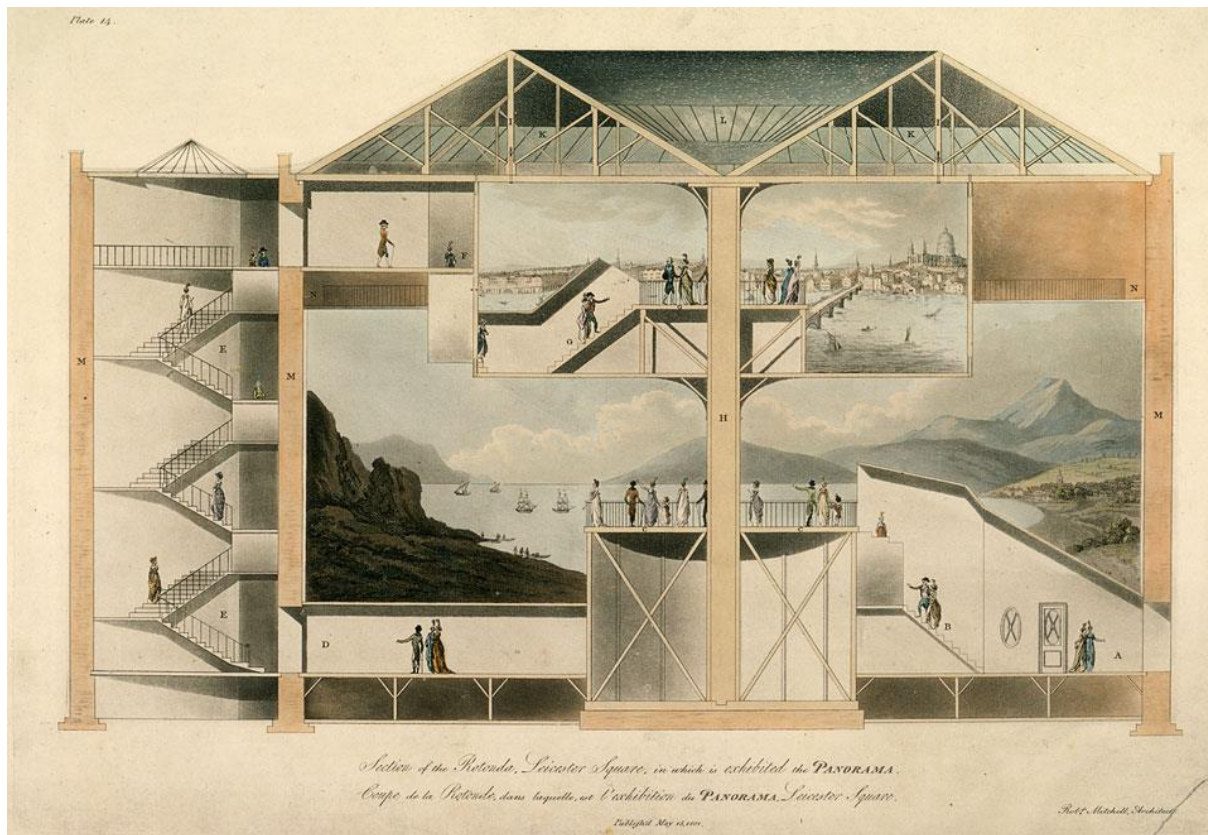
Podemos viajar para o início do século XIX, época em que o pintor inglês Constable era conhecido por suas paisagens detalhadas que pareciam ser janelas para a realidade retratada. Suas pesquisas sobre ótica, luz e cor eram baseadas em minuciosa observação e conhecimento científico, tanto que defendia que os artistas naturalistas deveriam se portar com o rigor dos "*natural physicists*", o que hoje chamamos "físicos", e serem aceitos como tais (GOMBRICH, 1996). Mesmo com toda acuidade técnica e conhecimento que Constable aplicava em suas telas, ele deixava

explícito em suas anotações de que em momento algum aquelas pinturas eram uma cópia da realidade e por isso mesmo elas tinham seu valor como ferramenta de observação científica. A paisagem pintada era o ambiente virtual, a pintura o veículo de imersão, mas nunca havia uma transição total entre a presença do observador no museu e sua presença entre os bosques e riachos de tinta na tela. A Realidade Virtual contava com a mediação da memória que o observador tem do cheiro da grama, da sensação do vento e da textura da madeira. Imerso no ambiente virtual do bosque pintado, transportado pelo veículo de imersão da pintura, o observador pode se sentir presente em um espaço e tempo paralelo.

Este trabalho busca compreender um outro elemento além da percepção visual e da memória na transição entre presenças: a emoção.

A emoção resultante desta transição entre realidades é que tornará a experiência coerente. A emoção será capaz de categorizar a transição entre estados de presença em uma narrativa estável e relevante. Como parte de uma estrutura de estabilização da realidade, a emoção tem o papel de qualificar esta experiência. "O que vemos é um mundo estável. É necessário um esforço de imaginação e um aparato complexo para perceber a tremenda lacuna que existe entre os dois" (GOMBRICH, 1996).

Figura 17 - Corte transversal da Rotunda em Laister Square, onde foi exibido o panorama de Londres (1801)



Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Panoramic_painting#/media/File:Cross-section-of-the-rotund_0.jpg

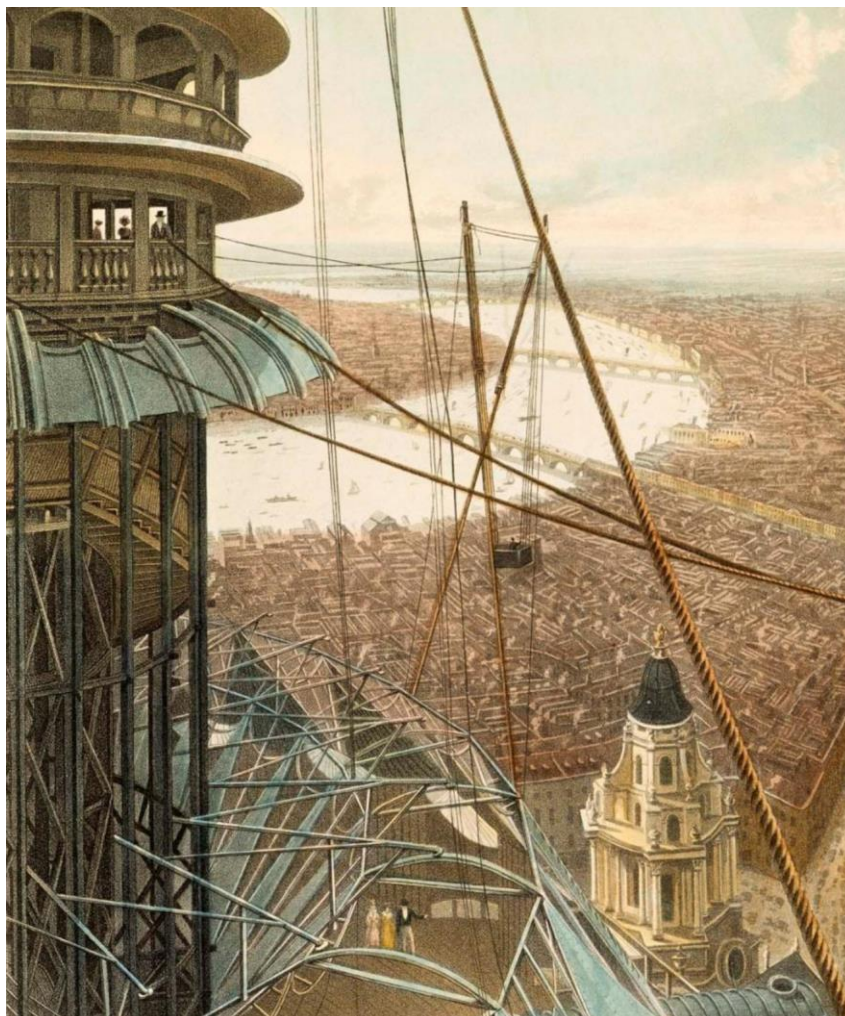
Em meado de 1820 o próprio Constable teve uma experiência com o que poderíamos considerar o aparato de Realidade Virtual de sua época: o Diorama. No livro "Arte Virtual" do autor Oliver Grau, o diorama e o panorama são descritos em detalhe como espaços imersivos, abóbodas, rotundas e planos elevados, onde são recriados com variados graus de acuidade, batalhas (30% batalhas), espaços fantásticos e vistas exóticas, sendo o Rio de Janeiro muito popular (MAR – Museu de Arte do Rio). Os panoramas mais básicos eram pinturas ou gravuras que cercavam os observadores em 360 graus. Os dioramas, mais complexos, podiam contar com centenas de bonecos em escala, efeitos visuais, fumaça e som em enormes e elaborados arranjos de luz e sombra, usando espelhos e demais artifícios para estimular os sentidos a ponto de transportar o espectador para outra instância de percepção do espaço tempo.

"Os dioramas do século XIX, pinturas ilusionista, forravam salinhas circulares. (...)Empoleirados numa plataforma, (os visitantes) descobriam um panorama circular de Paris. O céu pesava sobre suas cabeças e sob seus pés o diorama desaparecia, dissimulado pela plataforma. Nenhuma fronteira na qual sustentar uma distinção entre a realidade e o espetáculo."
(WEISSBERG, 1999)

Durante todo o século XIX os dioramas foram extremamente populares, arrastando multidões com sua promessa de outra realidade, mas esse foco em recriar a realidade por si só não é prova de uma suposta superioridade como experiência emocional. Constable descreve sua experiência com um diorama:

"É em parte a transparência; o espectador está em um quarto escuro, e é agradável e de grande ilusão. Está fora do âmbito da arte, pois seu objeto é a trapaça".
(GOMBRICH, 1996).

Figura 18 - Detalhe da aquarela de Rudolph Ackermann, Vista aérea da escadaria e parte superior do *Pavillion in the Colosseu*, Regent's Park (1829)



Fonte:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Panoramic_painting#/media/File:Detail from Rudolph Ackermann%27s painting of 1829 Colosseum.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Panoramic_painting#/media/File:Detail_from_Rudolph_Ackermann%27s_painting_of_1829_Colosseum.jpg)

Nota: A vista com a cidade de Londres é uma pintura fixada na parede curva do panorama.

Mesmo confirmando a acuidade sensorial e o prazer que o diorama proporciona ("é agradável e de grande ilusão"), Constable não considera que sua experiência emocional e cognitiva pode ser comparada com a de uma obra de arte como suas pinturas ("Está fora do âmbito da arte"). Tanto os dioramas populares quanto as pinturas de Constable recriavam locais reais e eram resultado de minuciosa pesquisa e grande capacidade técnica. Porém na obra de arte não há o intuito da ilusão e assim o observador pode se tornar mais livre para criar suas próprias associações de memórias e sensações, criando uma rede de relações que será

validada qualitativamente pela emoção. "A arte agrada por lembrar, não por enganar."(GOMBRICH, 1996)

Para Grau, quando a simulação e a ilusão perfeita se tornam a meta final de um meio, e não um caminho – como o diorama do século XIX, a tela perfeita de Sutherland em “*The perfect Display*” (SUTHERLAND, 1965) - ou a Realidade Virtual perfeita sugerida por Jaron Lanier e Biocca – a experiência sensorial pode ser forte, mas não irá necessariamente se tornar uma experiência emocionalmente relevante ou rica. Além disso, a busca pela simulação em detrimento de uma experiência emocional e cognitiva mais amplas deixa o meio suscetível a falhas totais (GRAU et al., 2007). Basta um elemento da simulação não alcançar as expectativas de realidade do usuário que toda a experiência deixa de fazer sentido (GRAU et al., 2007).

Em vista disso, por que usar ferramentas de imersão para validar emoções se essas emoções não são de uma qualidade comparável à totalidade da experiência artística?

2.4 OS LIMITES DA SIMULAÇÃO

Ela (a imersão) é sempre caracterizada pela diminuição da distância crítica do que é exibido e o crescente envolvimento emocional com aquilo que está acontecendo (GRAU et al., 2007)

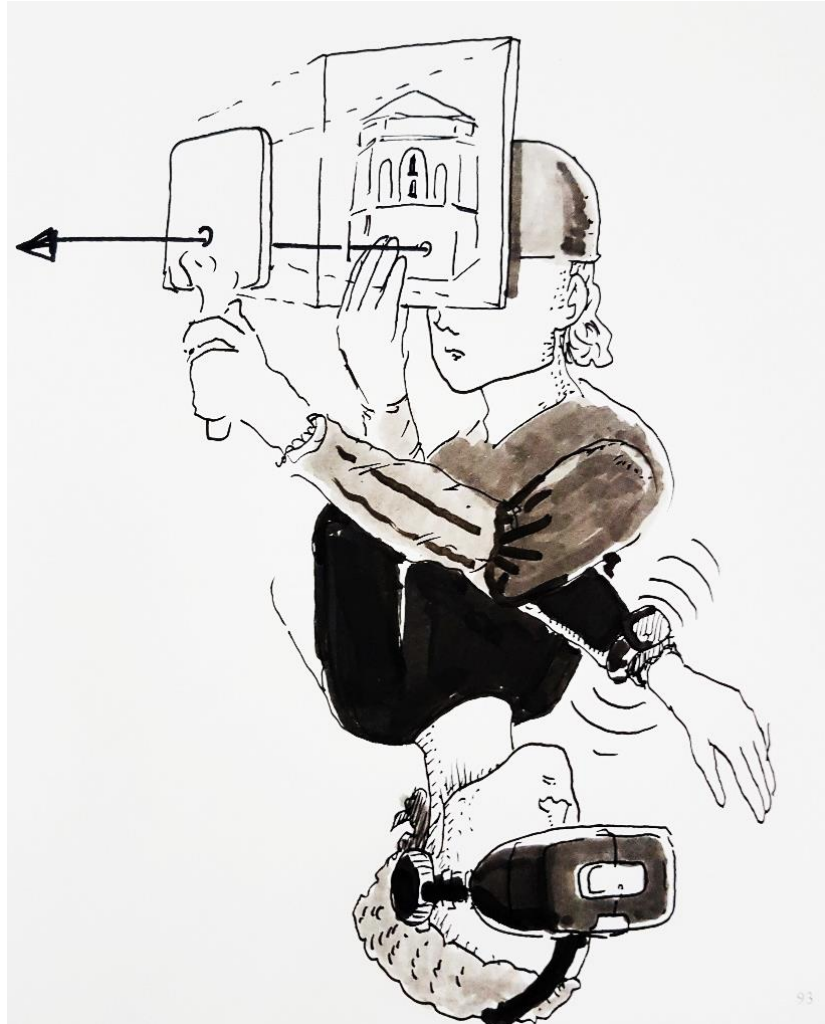
Ao popularizar o termo "Realidade Virtual", o cientista e filósofo Jaron Lanier declarou que ela seria “a primeira mídia que não restringe o espírito humano” (RHEINGOLD, 1992). Talvez fosse presunção inerente àqueles que fazem parte do nascimento de uma nova tecnologia – de acreditar que o espírito humano alcançará novos patamares a partir de um novo engenho. Acoplar imersão sensorial com o "espírito humano" é um caminho recorrente deste meio. Isso expõe a Realidade Virtual à críticas e expectativas não alcançadas desde Constable até os consumidores da primeira geração de visores nos anos 90 de Lanier. Frustrados com as limitações tecnológicas, o público concluiu que todo o ecossistema da Realidade Virtual era uma ilusão inalcançável e inútil (JERALD, 2015).

Porém mesmo se não for possível abordar todo o horizonte possível da percepção humana - sua fruição artística ou recriar ilusões perfeitas - as ferramentas de imersão, como a Realidade Virtual, oferecem a capacidade de criar ambientes isolados imersivos (com os ambientes virtuais) e criar estímulos sensoriais mais sutis e complexos do que antes era possível em laboratórios e mídias tradicionais.

As promessas de transcendência podem, no momento, parecerem distantes, mas as ferramentas de Realidade Virtual eletrônica proporcionam hoje oportunidades de se controlar o ambiente sensorial em que o usuário se encontra com uma instantaneidade e minúcia. O que antes necessitava de sistemas complexos e gigantescos como os dioramas, ou enorme esforço de abstração (e boa vontade) dos usuários, hoje encontra na Realidade Virtual um grande facilitador.

2.5 O ADVENTO DA REALIDADE VIRTUAL ELETRÔNICA.

Figura 19 - Tavoletta de Bruneschi e visor de Realidade Virtual.



Fonte: Autor

A literatura à respeito dos veículos de imersão da Realidade Virtual, seus mecanismo, artefatos e sistemas, costuma partir da emergência da perspectiva durante a Renascença como nascimento da Realidade Virtual – mais especificamente com a criação da Tavoletta de Bruneschi⁷. O papel da renascença para o

⁷ Dispositivo criado por Filippo Bruneschi que possibilitava com que o espectador visse uma imagem pintada sobreposta à realidade utilizando desenhos e espelho. “Ao ver a imagem, o espectador

desenvolvimento de tecnologias e métodos que mudaram a obra de arte de uma perspectiva simbólica para uma perspectiva humana é vastamente abordado pela literatura especializada.

Entretanto, neste capítulo procurarei abordar a história desses mecanismos de Realidade Virtual a partir do final do século XX, com foco em seus desdobramentos eletrônicos, culminando no desenvolvimento dos visores utilizados neste experimento.

2.5.1 O CINEMA: DA ILUSÃO PARA A REALIDADE EMOCIONAL.

Oliver Grau e André Parente, como visto anteriormente, consideram os panoramas e dioramas do século XVII, ou mesmo as pinturas com perspectiva da renascença, como os precursores da Realidade Virtual eletrônica do século XX. A capacidade destas instalações de diminuir o distanciamento objetivo do espectador (GRAU et al., 2007), fazendo com que ele sinta seu corpo dentro da obra, ganhou força no século XX, mesmo enquanto os dioramas foram perdendo espaço para o cinema e outras mídias.

Ao abordar o papel do cinema, Grau diz que: "O filme, ou o cinema, é um complexo midiático tão heterogêneo que resiste a ser classificado sob uma definição geral". Podemos dizer que o cinema e o filme já contam com uma riqueza de linguagens que os tornam uma arte em sua forma plena, capaz de se livrar dos rigores do naturalismo e de uma ilusão de realidade para ser apreciado. Quando vamos ao cinema não buscamos apenas ver uma simulação de realidade, porém ainda se aborda a Realidade Virtual como uma máquina de simulações e não como um meio com tanto potencial quanto qualquer outra arte. Esta visão é compreensível quando observamos que o próprio "complexo midiático" do filme e do cinema também teve suas primeiras apresentações voltadas para o espanto ilusionista da simulação de realidade. Relatos de espectadores assustados e deslumbrados com as primeiras

acredita ver a própria realidade"(PARENTE, 1999). A *Tavoletta* seria hoje considerada Realidade Aumentada uma vez que o mundo real é parte da experiência.

projeções de trens em movimentos no filme "*L'arrivée d'un train en gare de La Ciotat*" fazem parte das histórias do nascimento da sétima arte (JERALD, 2015).

Isso não significa que o público do início do século XX fosse total desconhecedor deste tipo de trucagem, como vimos com os panoramas, mas a facilidade com que esse espaço de ilusão podia ser montado e a sua fidelidade de recriação de realidade viriam a mudar como percebemos o mundo ao nosso redor. Lugares exóticos e distantes, que antes residiam em espaços metafóricos ou intelectuais na mente coletiva, acabaram por ganhar vida nas telas de cinema, nos "*newsreel*" – noticiários – avós dos canais de notícia 24 horas. Mesmo locais fictícios, como o espaço sideral de "*Viagem para a Lua*" dos irmãos Lumiere, até as cidades do amanhã de *Metrópolis* de Fritz Lang ganharam vida. A ilusão fantástica das imagens em movimentos geraram um fascínio irresistível, mas, assim como os dioramas - e a Realidade Virtual contemporânea - tinham seus limites.

Grau observou no cinema, assim como Constable havia observado nos Panoramas (GOMBRICH, 1996) que, à medida em que uma nova tecnologia se estabelece, ela passa a perder seu efeito ilusionista – capacidade de "transformar ilusão consciente em inconsciente e conferir a qualidade de real àquilo que é mera aparência" (GRAU et al., 2007). Apelar para a ilusão não era mais suficiente para uma sociedade que já enraizara as mecânicas que as tornam possíveis. Neste momento algo poderoso e interessante ocorre. O apelo aos sentidos de forma bruta dá lugar à manipulação da emoção.

A emoção, moduladora e geradora de uma "segunda realidade", torna possível ao artista de posse de suas ferramentas criar o que outro diretor russo, Andrey Tarkovski, chamava de "realidade emocional". O espaço virtual do cinema não é mais limitado ao espaço visual, vindo a ganhar sua plenitude como arte no momento em que diretores como Tarkovski, ou Sergei Eisenstein antes dele - diretor de *Encouraçado Potemkin*, Alexandre Nevsky -, catapultaram as capacidades do meio audiovisual para um arrebatamento sensorial de tal magnitude que os próprios mecanismos sutis e subjetivos das emoções dos espectadores eram tomados pelos diretores. Eles não fizeram isso apenas com o domínio da fotografia ou do uso do então moderno som estéreo, mas sim trazendo simbologias e metáforas complexas, utilizando a edição e o enquadramento com múltiplos pontos de vista para as telas. Desta maneira, esses artistas criaram um veículo que se assemelha com o sistema

de associações simultâneas e dinâmicas que forma nossas próprias emoções- e com isso nossa percepção de realidade. Ou melhor, a adição de uma "segunda realidade", como disse Tarkovski. A câmera não era mais uma mera simulação do olho, mas sim um veículo que dialoga com a memória e as emoções internas do espectador.

Essa mesma capacidade de dialogar com as emoções através das sobreposições de Realidades irá ditar o desenvolvimento do ambiente de Realidade Virtual criado para este trabalho a fim de observar as emoções dentro de um ambiente imersivo virtual. Para alcançar esse tipo de imersão, os equipamentos de Realidade Virtual atuais se utilizam de uma outra tecnologia já existentes na época de Eisenstein: os visores estereoscópicos.

2.5.2 ESTEREOSCOPIA E SIMULADORES

De acordo com Jason Jerald em "*The VR Book*" – no capítulo em que traça a história da Realidade Virtual eletrônica –, as primeiras telas estereoscópicas capazes de criarem a ilusão de profundidade e tridimensionalidade para imagens bidimensionais são mais antigas do que a própria fotografia (JERALD, 2015). Seu inventor foi Sir Charles Wheatstone, que em 1832 utilizou espelhos alinhados em 45° para "refletir imagens no olho do lado esquerdo e direito". Este mecanismo consiste em capturar uma imagem com uma pequena variação de posição da câmera para esquerda e outra para direita e então refleti-las simultaneamente nos olhos do espectador e irá se manter praticamente o mesmo até nos modernos visores de Realidade Virtual usados neste experimento.

Já no final do século XIX visores estereoscópicos portáteis capazes de exibir fotos com ilusão de profundidade eram muito populares, sendo que o modelo criado por David Brewster em 1851 chegaria a vender meio milhão de unidades. Interessante ressaltar que este número de venda é maior do que o visor eletrônico Oculus Rift em 2016 – responsável pela atual renascença e revolução da Realidade Virtual ("Virtual Reality Market and Consumers", 2017)

Mesmo já tendo se distanciado da ideia de ser um veículo para ilusões sensoriais, o cinema ganhou vertentes que continuaram a se especializar em técnicas de imersão durante todo o século XX. Em 1939, o americano Fred Waller criou o

Vitarama que depois se tornaria o Cinerama. Esta tela gigante de 180° capaz de reproduzir imagens estereoscópicas teve uma origem militar, semelhante a de muitos visores de Realidade Virtual que o sucederam. Desenvolvido inicialmente como um sistema de simulador de vôo para treinar pilotos de guerra, este sistema ganhou uma versão para o entretenimento que viria alcançar seu auge nos anos 60. De acordo com Oliver Grau "Os filmes eram feitos com três câmeras e apresentados com som estereofônico". Seus populares filmes "3D", com cenas de corredeiras, monstros gigantes e cenários exóticos, viriam a se tornar sinônimo de imersão por décadas, fazendo com que até hoje pessoas confundam sistemas atuais de Realidade Virtual com os velhos filmes estereoscópico e óculos coloridos de Waller.

Em um caminho inverso, mas com resultados semelhantes, Edwin Albert Link tentou em 1928 vender para as forças armadas americanas seu sistema de simulador de voo, um aparato semelhante a um pequeno avião, movido a tubos pneumáticos que geravam movimento em conjunto com as imagens projetadas. Os militares porém não mostraram interesse e Edwin acabou encontrando seu cliente final no entretenimento, assim como o Cinerama. Em 1935, alguns anos antes do Vitarama de Waller, Link recebeu um pedido de 6 sistemas para a força aérea, retornando assim ao seu foco inicial no treinamento de pilotos. De acordo com Jason Jerald, ao final da segunda guerra mundial ele tinha vendido dez mil sistemas. Popularizado em parques de diversões nos anos 30, sua criação deu origem a *Link Simulation & Training*, empresa que existe até hoje, provando que sistemas imersivos podem atrair o interesse tanto do público civil quanto militar e abriu as portas para um novo ecossistema de produção audiovisual além do cinema e da então nascente televisão.

2.5.3 HEAD MOUNTED DISPLAY E COMPUTAÇÃO – HEADTRACKING

"A expressão 'Realidade Virtual' surgiu no final dos anos 60 para designar um conjunto de tecnologias de visualização com ajuda do computador" (PARENTE, 1999).

Até aqui vimos que uma série de tecnologias analógicas, como o cinema, a estereoscopia e mecanismos como os simuladores de voo pneumáticos contribuíram para criar experiências cada vez mais imersivas. Mas, como mostra a citação acima de André Parente, a Realidade Virtual como entendemos hoje é um produto das tecnologias digitais, dos computadores e do sonho cibernético dos anos 60.

Com a evolução da televisão e a miniaturização, Morton L. Heilig partiu de conceitos dos cinemas imersivos dos anos 30 e buscou materializar seu sonho do cinema do futuro capaz de cobrir 100% do campo de visão criando um visor de televisão estereoscópico de uso individual. Este "consistia em lentes estéreas, com duas telas de TV em miniatura, que produziam imagens 3D e combinavam os princípios do estereoscópio com a tecnologia da visão" (GRAU et al., 2007). Esta espécie de TV portátil, que veio a ser o primeiro HMD – *Head Mounted Display* -, apesar de sua promessa de imersão e relativo sucesso em parques de diversão, não contava com o que me parece ser uma qualidade primordial para uma verdadeira imersão sensorial (e que até então não era possível): o rastreamento da posição da cabeça – ou *headtracking* - e sua sincronização com a experiência exibida no visor.

Nossa percepção de realidade tem que passar por um acordo entre nosso corpo, nossa visão e o tempo, sendo assim, o controle do nosso campo de visão a partir do movimento da cabeça é um dos mecanismos essenciais da imersão. Todos em perfeita sincronia. O *headtracking* é um conjunto de tecnologias que possibilita que a imagem projetada na retina seja exibida de acordo com a posição da cabeça. Por mais simples que pareça, até este momento da história dos meios de comunicação, se o observador virasse sua cabeça para além do objeto de arte – seja palco, página, mural ou tela – ele (obviamente) não mais o veria. Mesmo no maior dos Cineramas, bastaria olhar para o chão ou virar as costas para o telão que a ilusão deixaria de existir. E mesmo com a TV estereoscópica de Heilig não é possível controlar o que é visto – mover a cabeça não influenciava em nada a imagem exibida.

Isso viria a mudar em 1961, quando a Philco Corporation construiu o primeiro sistema de *headtracking* – *The Philco Headsight*, antes mesmo do advento das imagens digitais tridimensionais. De acordo com Jason Jerald, no sistema da Philco, quando o usuário movia sua cabeça, uma câmera se movia em outra sala. Uma tela em seu visor exibia a imagem desta câmera, gerando a impressão de se estar no local dela. Além de possibilitar o *headtracking* este também foi "o primeiro sistema funcional de telepresença do mundo" (JERALD, 2015).

Mesmo com o aparato da Philco, tanto André Parente quanto Jason Jerald e Oliver Grau – e demais estudiosos – consideram Ivan E. Sutherland como o autor da "contribuição mais decisiva para a interface homem-máquina" (GRAU et al., 2007) e uma das poucas figuras que podem ser vistas como um dos pais da Realidade Virtual. Em 1965 Sutherland publicou o artigo "*The Ultimate Display*", onde traça o futuro das interfaces de Realidade Virtual eletrônicas. Em uma época em que computadores ainda eram máquinas colossais controladas por códigos digitados em teclados (ou perfurados em cartões), Sutherland vislumbrou um ambiente em que o corpo humano e a informação digital interagiam naturalmente e com tal fidelidade que "Algemas exibidas neste quarto poderiam confinar e balas exibidas em tal quarto poderiam matar" (SUTHERLAND, 1965). A proposta de Sutherland "abriu um novo espaço para especulações futuristas sobre a nova mídia baseada no computador" (GRAU et al., 2007).

Mesmo antes da publicação de seu artigo, Sutherland já havia desenvolvido no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) o "*Sketchpad*" – a primeira interface gráfica para computadores. Ele permitia que o usuário escrevesse e manipulasse dados em uma tela utilizando uma caneta eletrônica. Porém seu momento mais marcante será em 1968, quando trabalhando para os fundos ARPA⁹, Sutherland criou a "Espada de Damocles" (*Sword of Damocles*) (JERALD, 2015), o primeiro visor de Realidade Virtual como hoje compreendemos. Diferente do sistema da Philco que exibia a imagem de uma câmera, a Espada de Damocles exibia imagens totalmente digitais, tridimensionais, que mudavam de perspectiva de acordo com o movimento do usuário. As imagens digitais eram sobrepostas ao mundo real, o que podemos

⁹ Atual DARPA: *Defense Advanced Research Projects Agency*

considerar como a primeira aplicação de realidade aumentada eletrônica, já que o usuário não estava totalmente imerso em outra realidade.

A partir deste momento a computação se torna parte inerente da discussão da Realidade Virtual, podendo ser dividida nas seguintes etapas sugeridas por André Parente.

A evolução das tecnologias de Realidade Virtual seguem mais ou menos a dos computadores. Num primeiro momento está relacionado a invenção de interfaces primitivas, pelos cientistas (Ivan Sutherland e Lan Kay). Num segundo, essas interfaces são desenvolvidas em função de utilizações militares e resultam em dispositivos muito complexos e caros (é o caso dos trabalhos desenvolvidos por Nicholas Negroponte e Scott Fisher da NASA). Num terceiro momento os *bricoleurs* de fundo de quintal encontram uma solução para renovar as interfaces a partir de componentes mais baratos – é o caso do trabalho de Jaron Lanier na VPL Research – tornando-as acessíveis ao grande público.- (PARENTE, 1999)

Se antes discutimos a Realidade Virtual como ferramenta de imersão, agora os dados digitais ganham papel primordial nessa relação de diálogo e interface com a percepção humana.

Pierre Lévy abre seu livro "A Ideografia Dinâmica" (LÉVY et al, 2004) indicando um corte claro deste papel preponderante do digital com a frase: "Uma Realidade Virtual é um mundo sensível ao qual não corresponde nenhuma entidade física, exceto a de arquivos informáticos". Com a crescente disponibilidade de computadores e eletrônicos, mesmo que limitados às universidades, foi possível incluir agentes de outras áreas do saber dentro da discussão e "exploração" da Realidade Virtual.

Se seguirmos as etapas de André Parente e sairmos da "fase primitiva" de Sutherland e irmos direto para o "terceiro momento" dos "*bricoleurs* de fundo de quintal", pode-se observar o primeiro esforço da Realidade Virtual para se libertar do seu caráter de mera ilusão sensorial, simulador militar e recriação da realidade mundana (PARENTE, 1999). Em meados dos anos 80 começa-se imaginar e experimentar como a Realidade Virtual se comporta como linguagem, assim como o cinema fizera ao se libertar dos espantos ilusionistas de sua infância.

Um dos primeiros a elaborar um corpo de obra baseado nas possibilidades e características da Realidade Virtual como linguagem, e apontado como responsável por cunhar o próprio termo "Realidade Virtual" foi o filósofo, engenheiro e músico experimental Jaron Lanier. Lévy o define como "um dos mais ardentes visionários das realidades virtuais" que junto com Thomas Zimmerman fundou a VPL Research. Em cooperação com a NASA, aperfeiçoaram a luva digital, possibilitando manipular os dados digitais utilizando as mãos. Ao descrever o futuro que construía, Lanier declara: "quando for possível compartilhar facilmente realidades virtuais, a linguagem perderá grande parte de suas funções e de sua importância cultural. (...) A linguagem foi adotada pela espécie humana como meio de comunicação privilegiado (...), mas certamente não é o modo de comunicação ideal" (KELLY; HEILBRUN, 1989). Com afirmações impactantes como esta, a "Realidade Virtual" de Lanier ganhou, segundo Grau, "um forte apelo à imaginação do público". Esse apelo foi acompanhado não só de grandes avanços no poder de processamento gráfico dos computadores nos anos 90, mas também em investimentos bilionários e criação de milhares de novas empresas voltadas para esta nova linguagem. Depositou-se uma esperança e expectativas enormes em um artefato que – mesmo com os avanços da época – ainda contava com muitas limitações. "Uma retórica desse tipo muitas vezes anuncia, através de um profeta eleito (a Realidade Virtual), imaginações utópicas, distantes no tempo e no espaço" (GRAU et al., 2007).

Em 1995 parecia que a Realidade Virtual de Lanier tomaria o mundo de assalto, porém os limites tecnológicos entraram em choque com o excesso de otimismo dos prognósticos financeiros, até que em 1998 a maioria das empresas de Realidade Virtual como a VPL fecharam. Jason Jerald chama este período que vai do início dos anos 2000 até 2014 como "*VR Winter*", quando a Realidade Virtual pareceu sumir do imaginário popular e da mídia (JERALD, 2015).

Isso não significou que a tecnologia havia sido esquecida. O uso da Realidade Virtual continuou crescendo dentro de centros de pesquisa, abrindo novos usos em diversas áreas, e com a evolução dos telefones celulares componentes como telas e sensores de movimento despencaram de preço. É deste momento de experimentação discreta, porém pujante, que surgiria o estado atual da Realidade Virtual: mais poderosa e acessível do que nunca.

2.5.4 ESTADO ATUAL DA REALIDADE VIRTUAL: REVOLUÇÃO RETOMADA

Figura 20 - Oculus Rift modelo DK 2 – Developers Kit 2



Fonte: www.oculus.com

Nota: Segundo protótipo comercializado para um número limitado de desenvolvedores. O experimento deste trabalho foi desenvolvido e apresentado com um modelo como este.

O desenvolvimento de equipamentos de realidade virtual continuou, desta vez com o apoio de uma nova geração de entusiastas independentes que, assim como eu, cresceram com a vontade de concretizar as promessas dos anos 90 de um dia ser possível estar totalmente imerso nos videogames de nossa infância. Diversas multinacionais continuaram com modestos projetos para criar visores melhores, com maior definição e velocidade de resposta, mais leves e baratos. Porém esses não passavam de curiosidades em feiras tecnológicas ou ferramentas caras para especialistas que necessitavam de visualização de dados complexos, como prospecção geológica, medicina ou engenharia. A retomada da Realidade Virtual acabou vindo de um jovem de 20 e poucos anos que em 2014 criou uma campanha online para financiar seu sonho de um visor de Realidade Virtual melhor do que qualquer outro até aquele momento e por uma fração do preço. O visor foi chamado

de *Oculus Rift* e seu criador, Palmer Luckey, acabou gerando a campanha de financiamento coletivo de maior sucesso até aquele momento. Além de dinheiro ele conseguiu atrair a atenção de vários desenvolvedores que conseguiram transformar seu protótipo feito de peças eletrônicas avulsas em um produto final.

A *Oculus* mostrou que com a tecnologia atual é possível obter bons resultados, mesmo que ainda com vários desafios técnicos à serem resolvidos. Foi o suficiente para que investimentos de bilhões de dólares fossem feitos e diversos novos visores fossem postos no mercado como uma grande aposta no nascimento de algo muito maior do que um novo acessório: o surgimento de todo um novo ecossistema tecnológico como não se via desde a invenção da internet móvel ou mesmo do cinema.

Essa nova corrida do ouro já foi responsável nos últimos anos pelo nascimento - e fechamento - de muitas empresas. Alguns analistas esperam que o mercado de Realidade Virtual cresça de 1.8 bilhões de dólares para quase 30 bilhões de dólares já em 2020 (“Virtual Reality Market and Consumers”, 2017). Ainda existe dúvida se estamos assim tão próximos do dia em que trocaremos as telas de nossos celulares, televisores, livros e escolas por ambientes imersivos de realidade virtual, mas a verdade é que ela já ganhou uma acessibilidade que torna possível com que jogadores de videogames, entusiastas e pesquisadores como eu já possam não só vivenciar ambientes virtuais, como também criar os seus próprios ambientes virtuais.

3 EXPERIMENTO

3.1 USO DE REALIDADE VIRTUAL PARA PESQUISAS EM NEUROCIÊNCIA

O uso de ambientes virtuais como ferramentas na psicologia e neurociência já contam com uma história de mais de 40 anos que pode ser remontada aos primórdios da computação gráfica desenvolvidos por Ivan Sutherland em 1965. Mas foi em meados dos anos 80 e nos anos 90 que o seu uso se difundiu dentro do meio acadêmico, os pesquisadores Jack M. Loomis, da Universidade da Califórnia, e Frank Biocca - hoje na Universidade de Syracuse e diretor do M.I.N.D LAB - foram alguns

dos principais divulgadores dos benefícios e desafios da Realidade Virtual. A partir da pesquisa de suas obras pode traçar um panorama do uso de Realidade Virtual, descobrir importantes pesquisadores notáveis e encontrar melhores práticas.

Existem diversos sistemas de Realidade Virtual, como telões com imagens projetadas em telas semi esféricas de até 5 metros de altura ou sistemas CAVE, onde o usuário é envolto pelas paredes, teto e chão com telas. Projeções muitas vezes estereoscópicas são exibidas de maneira com que ele se sinta imerso neste ambiente e capaz de se mover ao redor de objetos tridimensionais virtuais. Ambos estes sistemas se encontram presentes no LAMCE UFRJ para uso de pesquisadores das mais diversas áreas, entretanto estes sistemas são complexos e dispendiosos.

O sistema mais popular, e utilizado neste experimento, é o visor de Realidade Virtual "head mounted display" HMD. O HMD é basicamente um suporte de tela(s), lentes e sistemas giroscópicos capazes de estabelecer a sua posição no espaço, embutidos em um visor que o usuário veste em sua cabeça. O HMD faz a intermediação sincronizada entre os movimentos da cabeça com o processador gráfico gerando uma forte sensação de imersão, pois o usuário fica completamente isolado do ambiente exterior.

Loomis (1999) acredita que ambientes virtuais são capazes de lidar com um dos maiores paradigmas do espaço do laboratório que é a perda de validade ecológica, que é a criação de "condições que são razoavelmente similares àquelas do mundo real" (BOHIL; ALICEA; BIOCCA, 2011). Um exemplo seria a exibição de imagens bidimensionais para o sujeito do experimento; grande capacidade de controle, mas pouco semelhante às condições reais. No outro extremo estaria dirigir um automóvel pelas ruas. A validade ecológica é alta, mas a capacidade de se controlar todas as variáveis é limitada. A Realidade Virtual estaria entre um meio termo ideal, capaz de criar cenários ricos e naturalistas, mantendo alto poder de controle e validade ecológica (BOHIL; ALICEA; BIOCCA, 2011).

Em contrapartida, uma implementação correta de Realidade Virtual demanda investimentos em tecnologia e capacidade de desenvolvimento de ambientes virtuais adequados. Erros e geração de "artefatos" - objetos visuais não planejados - podem interferir na validade ecológica, comprometendo uma experiência que não fora formatado para, em certo grau, comportar tais desvios. Além disso, sua má

implementação pode acarretar em efeitos adversos, como enjoo, perda de equilíbrio e até mesmo a ocorrência de "*flashbacks*" (LOOMIS; BLASCOVICH; BEALL, 1999).

Nos últimos 15 anos essa tecnologia se tornou drasticamente mais acessível, já sendo considerada uma ferramenta básica para pesquisas em psicologia em alguns países (DIEMER et al., 2015). Com sua difusão, além de possibilitar maior capacitação na criação de ambientes virtuais, mais pesquisadores se tornam capazes de recriar experiências geradas em laboratórios ao redor do mundo. A possibilidade de transmitir perfeitamente todo um ambiente experimental para outros centros de pesquisa significa um novo paradigma na validação científica.

3.2 COMPUTAÇÃO AFETIVA E O DESENVOLVIMENTO DO AMBIENTE VIRTUAL

Affective computing, ou computação afetiva, nasceu com o objetivo de proporcionar aos computadores a habilidade "de ter emoções [...] para não só proporcionar uma melhor performance ao ajudar os humanos, como também melhorar a capacidade dos computadores de tomar decisões" (PICARD, 1995). O que inicialmente tinha a máquina como seu foco, logo a própria Rosalind Picard, autora do termo e fundadora do laboratório de computação afetiva do MIT, veio demonstrar que os próprios humanos teriam muito a aprender sobre si mesmos ao verem suas emoções espelhadas nos dados e aplicativos computadorizados que ela criara. Para criar tais sistemas eletrônicos era necessário porém decodificar os sinais fisiológicos das emoções em uma linguagem que os desenvolvedores de software e seus computadores pudessem compreender. Para isso Rosalind e sua equipe desenvolveram uma nova geração de ferramentas que detectassem esses sinais de forma prática, portátil e confiável.

Mas por que se dar ao trabalho de criar máquinas emocionais? Ainda no artigo de 1995, *Affective Computing*, Rosalind parte da pesquisa de autores do campo da cognição (SCHERER, 2009) (EKMAN; DAVIDSON, 1994) que descrevem emoções não como um fenômeno inverso ao da razão, mas sim parte essencial do processo cognitivo. As emoções balizam as tomadas de decisão (DAMASIO, 2005), sem a necessidade de se racionalizar no córtex superior todas as variáveis envolvidas neste processo, economizando tempo e energia. "Emoções nos são vitais para funcionarmos como humanos capazes de tomadas de decisões racionais" (PICARD, 1995). Afirmar que "a crença em um razão pura é uma falácia lógica" pode parecer nos dias de hoje até banal para alguém que, como eu, tenha vindo de uma carreira nas artes e design de interfaces, mas para uma engenheira eletrônica renomada isso foi um convite para que a emoção e seu estudo fizessem parte integrante das ciências da computação e mesmo das ciências exatas como um todo. Se tantos cientistas buscam a criação de uma máquina "pensante", "então ela não deveria ser capaz de pensar E sentir?" (PICARD, 1995). E se os próprios cientistas – e seus voluntários – sentem, não deveriam os computadores compreenderem "como" e "porque"?

A compreensão dos vários componentes da emoção e suas visões nas ciências cognitivas serviram como guia para a elaboração dos sistemas eletrônicos propostos por Picard. Entretanto, durante a fase de conceitualização e prototipagem do ambiente virtual que desenvolvia para a fase experimental deste trabalho, passei pelas mesmas dúvidas apresentadas pela pesquisadora: "Tentativas de se compreender os componentes das emoções e sua formação são complicadas por muitos fatores, um deles referente ao problema de se descrever as emoções" (PICARD, 1995)¹⁰. Quais decisões mecânicas e estéticas deveria tomar para gerar situações onde emoções complexas poderiam emergir? E quais tipos de emoção seriam essas?

As pesquisas de Paul Ekman no estudo das emoções são outra importante referência para entender este campo de estudo e foram utilizadas como ponto de partida para a categorização dos diferentes estados emocionais e seus mecanismos, como será apresentado nos capítulos seguintes.

¹⁰ "Attempts to understand the components of emotion and its generation are complicated by many factors, one of which concerns the problem of describing emotions." (PICARD, 1995)

3.3 FUNDAMENTOS DE SENSORES ELETRODÉRMICOS

Figura 21 - Sensores fisiológicos de condutância eletrodérmica



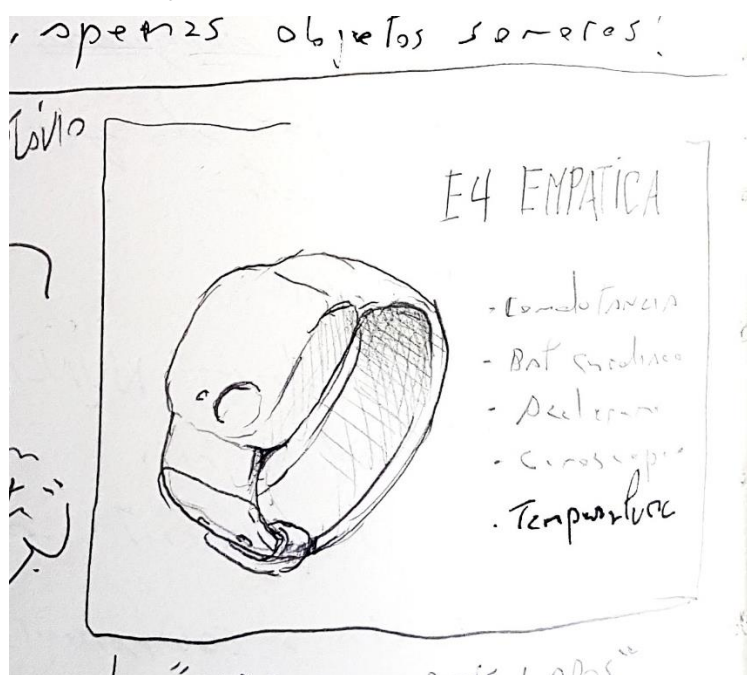
Fonte: Autor

Nota: Sensores como o Empática E4, localizados nos pulsos, capturam sinais do sistema autônomo simpático, que se originam no sistema límbico cerebral, e os retransmite para um computador, onde então são exibidos como gráficos.

As pesquisas de Rosalind Picard em computação afetiva levaram ao desenvolvimento de uma série de dispositivos portáteis semelhantes a um relógio de pulso digital, porém sem visor algum, adaptados com diversos sensores capazes de medir movimentos cardiovasculares, temperatura, movimento e atividade eletrodérmica, (*electrodermal activity*, EDA). É fascinante pensar que um aparelho tão pequeno em nosso pulso seja capaz de detectar estados emocionais e mentais complexos. Como é que isso ocorre?

No artigo de 2002 "Respostas Eletrodérmicas - o que ocorre no cérebro", Hugo D. Critchley faz um panorama completo e direto dos principais mecanismos que tornam ferramentas como o E4 possíveis. Buscarei fazer um breve resumo pois seus fundamentos foram essenciais para a análise dos dados gerados na experiência.

Figura 22 - Ilustração de um sensor Empática E4 utilizado no experimento.



Fonte: Autor.

Muitas vezes compreendemos a nossa pele como uma mera capa protetora de nossos órgãos internos; porém o nosso maior órgão é mais do que uma simples barreira para o ambiente externo. Ela é também um grande sensor que não só envia como recebe sinais constantes de todos os nossos sistemas fisiológicos, incluindo os cognitivos. Esses incluem os processos mais conscientes e avançados do nosso

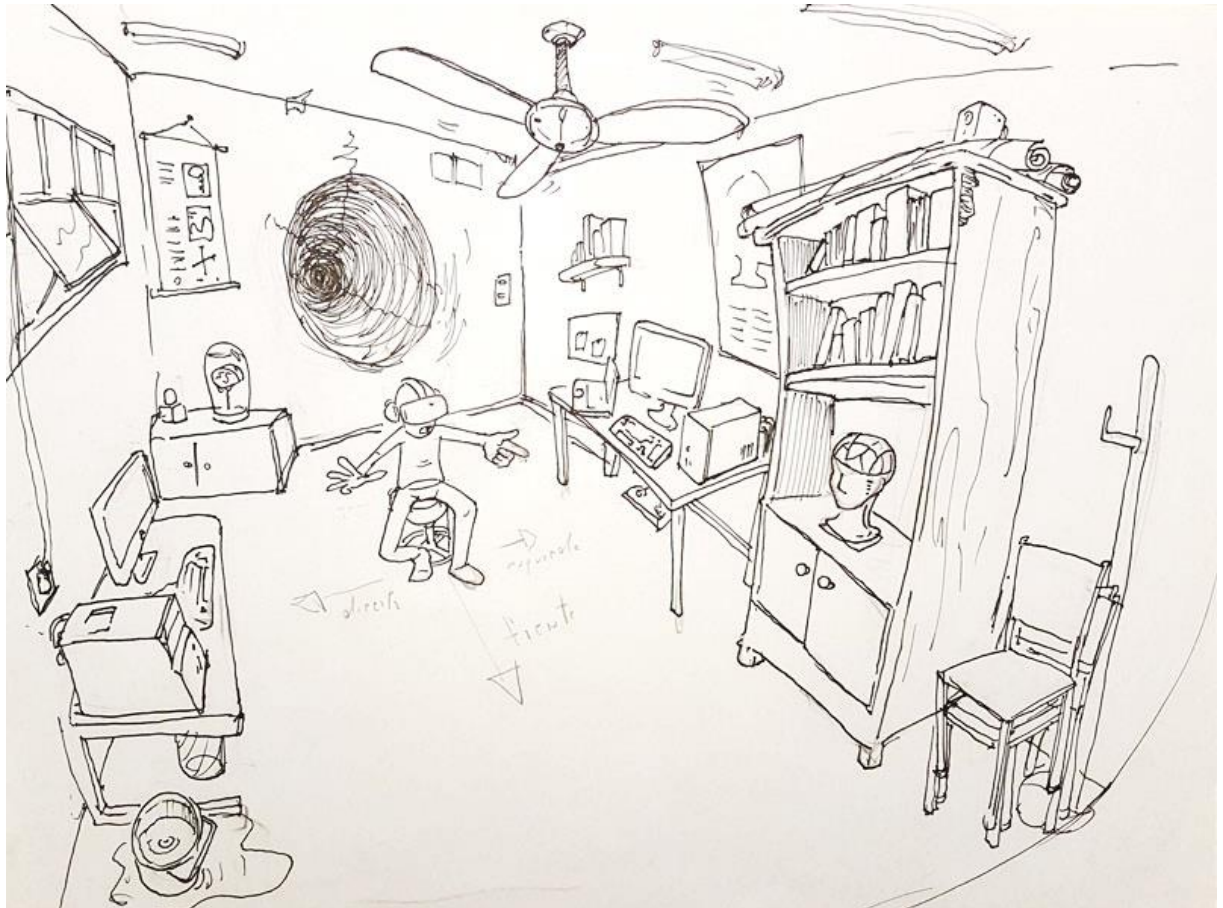
córtex, até os sistemas automáticos mais internos que nos acompanham desde nossos primeiros dias de existências como seres vivos, regulando funções como temperatura, respiração, e batimento cardíaco, também conhecido como sistema nervoso autônomo (CRITCHLEY, 2002).

A pele é responsável por uma série de tarefas complexas e para isso ela é densamente enervada. Em um processo intrinsecamente conectado, nosso sistema autônomo faz com que glândulas écrinas de suor se ativem quando recebem os menores dos sinais nervosos. Isso faz com que pequenas alterações em estados emocionais e cognitivos no cérebro aumentem ou diminuam a sudorese na pele, causando micro variações na condutância elétrica da pele (EDA). Eletrônicos são capazes de detectar essa variação EDA, traduzindo assim sinais nervosos em sinais eletrônicos que podem ser armazenados ou transmitidos por dispositivos eletrônicos computacionais como o que usamos em nossas pesquisas.

O Empática E4 é a última versão de uma geração de sensores eletrodérmicos portáteis que nasceram das pesquisas de Rosalind Picard em computação afetiva. Seu formato e funcionamento se assemelham a um relógio de pulso onde sensores em sua pulseira e corpo capturam dados que são então processados internamente e enviados via transmissão sem fio para um computador, celular ou tablet, onde os dados pode ser visualizados em tempo real ou então baixados de sua memória interna que é capaz de armazenar até 60 horas de dados (“Empatica.com”, 2017).

3.3 PROCESSO CRIATIVO NA ELABORAÇÃO DO AMBIENTE VIRTUAL

Figura 23 - Ilustração conceitual (Concept Art) do ambiente virtual.



Fonte: Autor

Nota: Antes da criação no computador, os ambientes virtuais foram elaborados em desenhos. Desta maneira é possível prever dificuldades e oportunidades para o experimento.

Neste capítulo será abordado o desenvolvimento do ambiente virtual.

No meio laboratorial é preferível usar o termo "Ambiente Virtual" no lugar de Realidade Virtual, com o intuito de se restringir seu campo semântico para algo menor do que "toda a realidade".

Para a criação do ambiente virtual tinha como objetivo inicial proporcionar uma experiência que gerasse emoções que me pareciam mais complexas e mais sutis do

que as tradicionais "raiva, medo, nojo, alegria", propostos por Ekman e que se encontravam regularmente na história do uso deste tipo de tecnologia em laboratórios. Como descrito anteriormente, o uso da Realidade Virtual em laboratório e pesquisas de cognição segue em paralelo com o advento da tecnologia em si e conta com algumas décadas de experimentação. No entanto, acredito que a tecnologia se encontre em um novo estágio de fidelidade visual e, no caso atual, acessível a um maior e mais diversificado perfil de artistas e designers, assim como cientistas, possibilitando a criação de experimentos com camadas de interpretação mais complexas e engajadoras. Na busca da computação afetiva propus ser possível criar oportunidades para suscitar e observar emoções mais ricas do que anteriormente possível mesmo com as primeiras gerações de Realidade Virtual. Por outro lado, manipular objetos abstratos em ambientes tridimensionais sem significado, ser exposto à situações de emoções muito básicas dentro de contextos limitados serviam ao propósito científico de tentar diminuir as interferências na emergência de emoções dentro dos limites do laboratório.

"Na psicologia, pesquisadores experimentais tradicionalmente confrontaram-se com a escolha entre controle experimental e validade ecológica, com controle experimental sendo considerado a base sine qua non do campo" (LOOMIS et al, 1999).

Mesmo ciente das dinâmicas e metodologias do trabalho laboratorial e do método científico, minha intuição inicial como artista parecia resistir à aplicar um sistema que partisse do pressuposto de que a compartimentalização das emoções em contextos tão limitados fosse possível. Temia pela validação dos dados obtidos nessas circunstâncias. O artista e o cientista em mim pareciam discordar, mas deste debate interno obtive algumas descobertas pessoais relevantes:

A primeira foi a observação de que é possível sim, dentro de uma experiência construída no sistema das emoções básicas de Ekman, gerar reações emocionais secundárias complexas.

A segunda foi observar não ser necessário gerar situações específicas de grande stress para induzir o usuário à um estado emocional detectável em laboratório. A experiência no espaço virtual é capaz de suscitar emoções básicas, que o usuário não tenha que realizar ação alguma ou sem que nenhum evento de stress como em um susto seja vivenciado. Mesmo Ekman não considera susto uma emoção: "O susto

não pode ser uma emoção pois a cognição não tem papel de causa em proporcioná-lo” (AVERILL, 1980; LAZARUS 1982, apud EKMAN, 1984, tradução nossa). Para Ekman, o "susto" é muito fácil de se gerar e quase impossível de se suprimir, enquanto emoções podem ser suprimidas e até mesmo dissimuladas (EKMAN, 1992). Enquanto sustos duram uma fração de segundos, as emoções perduram por mais tempo e geram dinâmicas complexas com a memória. Foi com estas informações que guiei, em conjunto com o professor José Otávio, o desenvolvimento do ambiente virtual.

3.3.1 ETAPAS DO PROCESSO DE CRIAÇÃO

Figura 24 - Rascunhos e ilustrações conceituais de Cognitive Explorers



Fonte: Autor

Nota: Desenhos feitos rapidamente em papel agilizam o processo de criação.

Dentro do objetivo maior do experimento de detectar emoções com uso de sensores eletrodérmicos, tinha em mente os seguintes objetivos para o ambiente virtual em si:

- Não proporcionar sustos e sim a emergência de estados emocionais.
- Criar um processo gradual de transição entre o ambiente do laboratório onde a experiência seria efetuada para uma outra progressivamente mais surreal, porém sem ir até uma abstração completa. A materialidade do ambiente virtual (texturas, escala, objetos) deveria ser reconhecida inconscientemente para facilitar a corporalidade/*embodiment*.
- Gerar um estado de expectativa aberta, sem ordenar que o usuário faça qualquer ação específica ou tenha que realizar qualquer tarefa.

- Ser deliberadamente ambíguo. O usuário não deve tentar supor função ou qualquer narrativa na experiência.
- Ser linear (como um trem fantasma). Como o objetivo era fazer uma análise comparada entre os dados fisiológicos dos voluntários e o exato momento da experiência, não haveria nenhuma interatividade por parte do usuário. Sua única ação seria observar o ambiente livremente e ter o movimento de suas mãos detectados por sensores de movimento.
- Ter a duração entre 3 e 6 minutos. Menos do que isso haveria o risco de não capturarmos dados o suficiente nem suscitar estados emocionais básicos. O limite máximo foi um número arbitrário escolhido por questões logísticas da experiência.

Loomis salienta que uma das grandes qualidades dos ambientes virtuais em pesquisas psicológicas é sua capacidade de "aumentar a validação ecológica" dentro do laboratório, o que no caso do experimento em questão significa gerar um ambiente mais apropriado e com menos interferência dentro do estado mental que se busca gerar nos voluntários. Entretanto, no mesmo artigo, se alerta para os riscos ao usar tecnologias complexas como essa. No desenvolvimento de softwares, principalmente naqueles que demandam interações complexas e gráficos mais avançados, é comum que "artefatos" possam surgir. Esses erros, incongruências visuais ou limitações técnicas podem "contaminar os achados da pesquisa" (LOOMIS; BLASCOVICH; BEALL, 1999), principalmente onde precisão é essencial. Uma luz que pisca inadvertidamente, ou uma textura que desaparece intermitentemente pode atrapalhar a congruência entre experiências.

Sabendo que alguns desses "artefatos" são inevitáveis, buscou-se priorizar a implementação de métodos e dinâmicas deliberadamente simples e previamente discutidas na forma de ilustrações ou testes, de maneira que mesmo com o surgimento de pequenos erros, eles não seriam capazes de mudar a dinâmica buscada. Os computadores utilizados são modelos básicos usados para desenvolvimento de software, com placas gráficas medianas e relativamente acessíveis. O uso do Oculus Rift e sistemas como Unity - antes inexistentes nos anos 90 quando o artigo de Loomis foi publicado - tornaram a criação de ambiente virtuais

muito mais práticas, o que não substitui uma cuidadosa pré-produção e uso deliberado de boas práticas de design e desenvolvimento.

3.3.2 DESENVOLVIMENTO PRELIMINAR E CONCEITUAL DO AMBIENTE VIRTUAL

Para fins deste trabalho irei definir "experiência" como toda a dinâmica científica com os voluntários, a captura de dados com sensores eletrodérmicos, sua análise e conclusão. Fica delimitado à "experiência virtual" e "ambiente virtual" o software gerado para o uso em um visor de Realidade Virtual modelo Oculus Rift.

O desenvolvimento do ambiente virtual foi inicialmente norteado pela busca em construir uma transição gradual partindo do ambiente físico (real) onde o experimento seria realizado, até um ambiente cada vez mais fantástico. Com isso busco gerar a transição para uma "segunda realidade" idealizada pelo diretor de cinema Andrei Tarkovski, que não negasse o espaço presente, ao mesmo tempo o complementando e distorcendo. O "ciborgue" Neil Harbinsson afirmava que sua capacidade de escutar cores através do acoplamento entre um sensor e sua cognição não negava a sua realidade com o daltonismo, mas abria uma nova camada agora acessível somente para ele. A experiência proposta não busca criar um novo sentido, mas sim detectar e visualizar os estados mentais que surgem quando o sujeito é transferido para uma dessas "novas camadas". Busquei evitar a "quebra" gratuita da realidade, ao mesmo tempo em que limitar a experiência ao ilusionismo da simulação. Para esse propósito busquei criar uma jornada de transições.

Figura 25 - Concept Art de evento em Cognitive Explorers



Fonte: Autor

Nota: Durante a pré-produção foi testado o uso de figuras humanas no ambiente virtual. Ao final decidi que seria trabalhoso e poderia atrair demasiada atenção dos voluntários, impedindo a detecção de eventos mais sutis.

Esta transição entre ambientes partiu de uma aceitação do contexto onde a experiência seria realizada – o espaço real, físico, do voluntário durante a experiência. Foi decidido então que a experiência virtual seria uma transição que partiria de uma recriação baseada no próprio laboratório onde os voluntários estariam presentes – a simulação – até um ambiente mais ambíguo e metafórico que suscitasse livres associações de emoções – "transformar ilusão consciente em inconsciente" (GRAU et al., 2007). Ao evitar me ater ao ilusionismo da simulação de realidade, busquei usar os preceitos da experiência artística para que o voluntário crie suas próprias associações emocionais complexas e assim diminuir o ruído das reações emocionais básicas – como por exemplo um susto. Pode-se dizer que tentei uma primeira experiência que contornasse, durante sua exibição, as limitações conceituais dos dioramas, cineramas e simuladores de voo – algo que não levasse à uma frustração como ocorrido ao pintor o pintor Constable e que ressoasse com a visão de Tarkovski

e Eisenstein de uma mídia sensorial poderosa capaz de levar o espectador por uma jornada por suas próprias emoções, com o cuidado de não cegá-los dessas emoções com uma avalanche sensorial ofuscante de som surround, imagens estereoscópicas e visão 360 graus digital.

A primeira etapa do desenvolvimento do ambiente virtual foi criar um roteiro e imagens conceituais (*concept arts*) que englobassem esta proposta de transição ao mesmo tempo acomodando-a aos limites técnicos e necessidades básicas para a mensuração dos dados biofísicos capturados pelos sensores eletrodérmicos.

Figura 26 - Ilustração conceitual do ambiente “Laboratório”.



Fonte: Autor.

Nota: Além de ilustrações, foram utilizados fotografias da sala onde *Cognitive Explorers* seria realizado, a fim de criar uma associação direta entre o espaço físico e o virtual do experimento.

O roteiro da experiência inclui os momentos antes e depois do uso do visor de Realidade Virtual Oculus Rift – da entrada do voluntário no laboratório; a instalação

de um sensor em cada pulso – início da medição –, vestir o visor, a experiência no ambiente virtual, remoção do visor; entrevista qualitativa, remoção dos sensores – fim da medição- e, por final, a retirada do voluntário do laboratório. Entretanto, neste capítulo irei me concentrar em descrever a experiência virtual.

A experiência virtual é constante e linear. Não há corte para outras cenas ou a possibilidade do usuário definir o ritmo e a ordem dos acontecimentos. Excetuando olhar ao redor, ele é passivo no ambiente. Essa linearidade é proposital com o intuito de manter uma experiência uniforme entre os voluntários para fins de comparação dos dados obtidos. Mas exatamente por não ser uma experiência VR baseada em simulações ou emoções básicas (sustos), busquei criar espaço suficiente de ambiguidade para gradualmente buscar gerar emoções mais complexas e emergentes.

3.3.3 Leap Motion – rastreamento e recriação das mãos dos voluntários.

Figura 27 - Voluntário de Cognitive Explorers controla suas mãos virtuais através do *Leap Motion*



Fonte: Autor.

Nota: O visor de Realidade Virtual foi acoplado a um sensor de movimentos que possibilitou com que os voluntários controlassem mãos no ambiente virtual como se fossem suas.

Para que o voluntário não se acomodasse na sua passividade e mantivesse um estado de atenção ativa durante a experiência virtual, acoplei ao visor Oculus Rift um sensor *Leap Motion* capaz de capturar os movimentos das mãos, recriando-as dentro do ambiente virtual. Mesmo uma recriação não realista de suas mãos é capaz de gerar em um usuário uma forte sensação de estar presente fisicamente no ambiente virtual. Os voluntários não sabiam que o movimentos de seus braços não eram capazes de influenciar de forma alguma a ordem dos eventos. Este sistema buscava apenas reforçar o estado de corporificação dentro do ambiente virtual, não com intuito de ser uma interface para interagir com o ambiente, mas sim como uma interface geradora de sincronia com as memórias corporificadas do voluntário – seu corpo em relação aos seus pensamentos – suscitando assim o surgimento de emoções emergentes.

3.3.4 DESAFIOS E O PAPEL CRUCIAL DA PRÉ-PRODUÇÃO:

Para a criação do ambiente virtual foram feitas fotografias dos espaços laboratoriais onde seriam realizadas as experiências com os voluntários. A meta não era recriar fielmente o espaço, e sim gerar pontos de referência que trabalhassem a transição entre o espaço real e o ambiente virtual propriamente dito. Alguns objetos da sala, como o aparelho de ar-condicionado, a fôrmica do chão e a estrutura de tomadas e fios foram pesquisados com atenção e recriados em objetos modelados tridimensionalmente utilizando softwares como MAYA e UNITY.

Os elementos mais fantásticos e a própria estrutura arquitetônica espacial do ambiente virtual foram detalhadas através de uma série de ilustrações técnicas, rascunhos e testes analógicos, que foram então também modelados e inseridos no ambiente virtual com o UNITY¹¹.

¹¹ UNITY é uma plataforma popular, utilizada na criação de jogos eletrônicos tanto por profissionais quanto amadores. Sua função não é a criação dos objetos, mas sim organizá-los espacialmente e atribuir interações para eles por meio de comandos pré-estabelecidos ou programados do zero. No caso do *Cognitive Explorer* utilizei uma combinação de comandos pré-estabelecidos,

Ainda na fase inicial das ilustrações e do roteiro foi possível tomar decisões sobre o formato final que o ambiente virtual tomaria, sem a necessidade de programá-los de forma definitiva. Rascunhos, desenhos e um cronômetro foram as ferramentas utilizadas para construir um proto-ambiente virtual antes mesmo de se utilizar o computador.

Um das decisões mais relevantes neste momento foi o de não utilizar personagens humanos dentro da experiência. Além de serem de difícil implementação (LOOMIS, 1999), personagens com figura humana tendem a monopolizar a percepção do espectador que prontamente transferem a concepção de narrativa latente da experiência para esse "outro".

Essa decisão foi tomada após ter participado de uma série de workshops na UFRJ ministrados pelo professor Marcus Maia sobre o uso de rastreamento ocular (*eyetracking*) nos estudos de percepção na leitura de imagens e de textos. Utilizando um equipamento capaz de acompanhar os micro movimentos sacádicos da pupila, era possível visualizar na forma de "mapas de calor" (*heatmaps*) os pontos em que os olhos do espectador mais focavam e como sua visão rastreavam uma nova imagem em frações de segundos. Na experiência demonstrada em sala de aula, provou-se que um título, quando apresentado antes da exibição de uma imagem, pode influenciar o foco da visão. Um título como "O Rio" fez com que a visão focasse prontamente na recriação de um rio na imagem mostrada em seguida – no caso uma montagem de um quadro com diversos elementos além do rio. Mas se no quadro houver uma figura humana, por mais discreta e abstrata que seja, nenhuma influência posterior do título mostrou-se capaz de se sobrepor à priorização automática da visão humana para figuras humanas. A figura humana poderia se tornar um "artefato" indesejado na experiência, atraindo para si todo o foco do espectador e concentrando a experiência narrativa.

Como a meta da experiência *Cognitive Explorer* é deixar o voluntário livre para gerar suas próprias associações pessoais e sensoriais, optei por retirar os personagens humanos que já estavam em desenvolvimento. Essa mudança foi

importante para reiterar a necessidade de se fazer um cuidadoso trabalho de pré-produção e tomada de decisão antes de se iniciar a implementação do ambiente virtual em si. A criação para novas mídias como a Realidade Virtual não precedem do trabalho artístico e metodológico de pré-produção. Dada a força imersiva que ela tem acredito ser ainda mais importante saber priorizar a influência de cada elemento que será inserido dentro do ambiente virtual, sob o risco de se gerar uma experiência agradável ou interessante que, no entanto, não se mostrarão capazes de atender aos objetivos iniciais para os quais foi inicialmente elaborada. As conclusões sobre as dificuldades em se controlar a experiência como um todo teve um papel crucial neste trabalho e indicou uma série de desafios à serem abordados em oportunidades futuras

3.4 DESCRIÇÃO DA EXPERIÊNCIA E DO AMBIENTE VIRTUAL

Figura 28 - Voluntário com visor, sensor de movimento e dois sensores fisiológicos nos pulsos.



Fonte: Autor

Nota: Voluntários se engajaram de maneiras diferentes ao ambiente virtual, mas foi possível ver forte relação entre eventos chave e suas reações fisiológicas.

3.4.1 COMPONENTES DA EXPERIÊNCIA

Participaram como voluntários deste experimento: 21 alunos entre 18 e 30 anos de idade, 11 do sexo feminino e 10 do masculino. Todos são provindos de cursos de graduação da UFRJ, de áreas de ciências exatas, dos quais 90% provenientes do curso e Bacharelado em Ciências Matemáticas e da Terra (BCMT).

Toda a experiência foi realizada dentro do Limbiseen Lab, laboratório de estudos das emoções e desenvolvimento de dispositivos neurocientíficos coordenado pelo professor José Otavio Pompeu e Silva e idealizado pela pesquisadora Dorys Calvert. O laboratório se encontra no Núcleo de Computação Eletrônica, NCE UFRJ.

O experimento foi dividido em 4 sessões nos dias dias 11, 12 e 25 de novembro e no dia 2 de agosto de 2016.

Os instrumento utilizados foram:

- 2 E4 Wristband: um para captar os dados referentes ao lado direito e o outro para o lado esquerdo. O E4 é um sensor de pulso capaz de captar a atividade eletrodérmica, temperatura, batimento cardíaco e possui um acelerômetro integrado;
- 1 Oculus Rift, óculos de Realidade Virtual modelo DK2;
- 1 Leap Motion, dispositivo que possui um sensor capaz de captar o movimento das mãos. O Leap Motion foi acoplado à parte frontal dos óculos de Realidade Virtual;
- 1 headphone;
- 1 computador;
- 1 celular com câmera.

Ao entrar no laboratório, a equipe veste os dois sensores E4 nos pulsos do voluntário. Quando o sensor sinaliza estar capturando dados o voluntário passa por um período de aproximadamente 1 minuto de respiração silenciosa com os olhos fechados a fim de normalizar suas funções fisiológicas.

Terminada a respiração ele é levado para a cadeira giratória próxima do computador e do visor de Realidade Virtual Oculus Rift.

Ajustados os sensores Empática E4 em cada um dos pulsos e vestido o visor modelo Oculus Rift DK2, o voluntário é solicitado a testar o funcionamento do equipamento em um ambiente padrão sem estímulos visuais complexos, apenas com um indicador de linha do horizonte e textos de avisos explicativos. Por mais trivial que pareça, este teste é essencial para demonstrar a capacidade de visualizar o ambiente virtual de qualquer ângulo. Esta característica primordial do visor pode passar despercebida, afinal nenhum outro monitor ou tela é capaz disso. Não é incomum

novos usuários ficarem com a cabeça estática durante toda uma experiência virtual, como se estivessem vendo televisão.

A experiência no ambiente virtual foi nomeada “*Cognitive Explorers*” e é dividida em eventos, organizados por tempo na Tabela 1, que ocorrem ao longo de seus 3 minutos e meio (aproximados) de duração. Esses eventos foram escolhidos para servirem como referência na fase de análise dos dados obtidos pelos sensores.

Tabela 1 - Decupação de eventos *Cognitive Explorers* - ver. 01 – aplicado no dia 11 de agosto nos voluntários 1 a 6 (Em minuto e segundos).

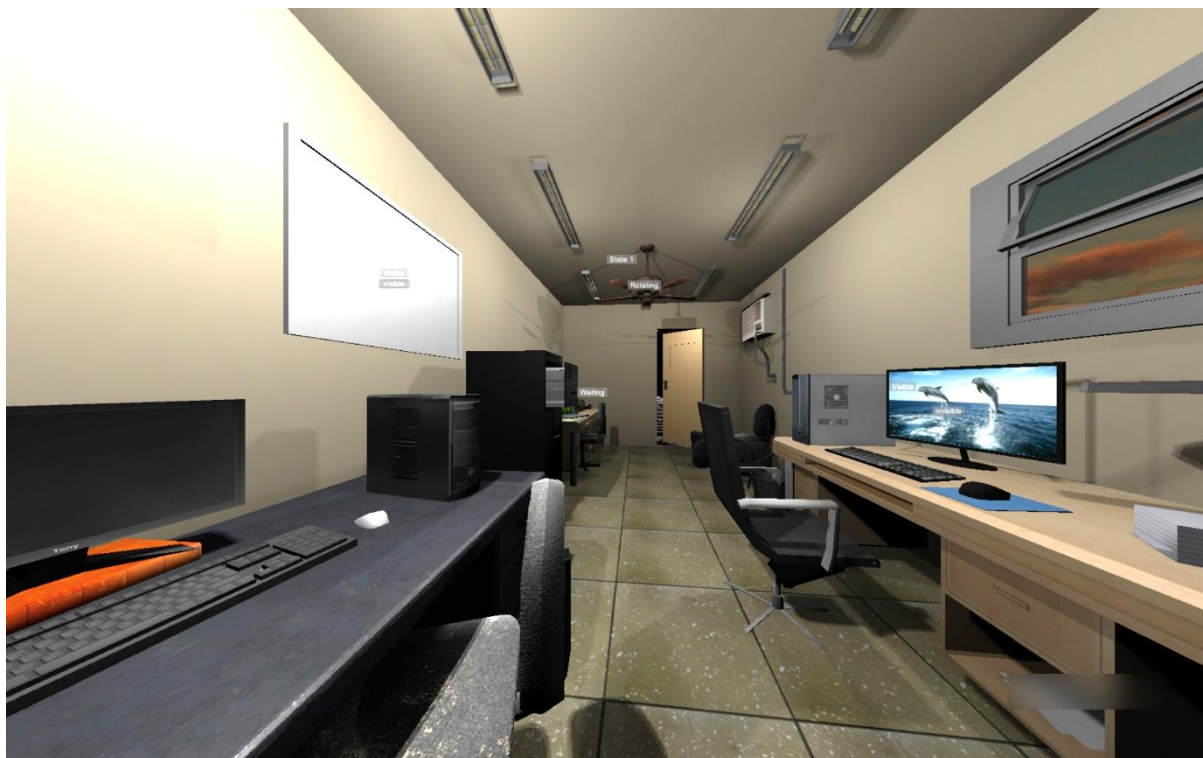
0:00	Início do Ambiente Virtual - Laboratório
0:35	Escuro - Apagam as luzes
1:12	Início do movimento
1:23	Parede
2:00	Fim do movimento - Monolito
2:15	Movimento para o abismo
2:25	Fim do movimento para o abismo. Parado na plataforma
2:42	Queda
2:58	Piano
Em diante	Final (Tempo final indeterminado. Por volta de 1 minuto.) _

Fonte: Autor

Iniciado o software de ambiente virtual *Cognitive Explorers*, o voluntário se vê no primeiro momento, que chamarei de "Laboratório". Neste ambiente virtual o voluntário encontra dentro de uma recriação de uma sala de laboratório não específica, mas que remete levemente à sala real em que se encontra. Ao seu redor ele vê monitores, mesas e demais móveis parecidos com a sala real, com texturas

semelhantes e uma disposição parecida. Um ventilador no teto gira lentamente para demonstrar que o espaço é animado; fora isso tudo é estático e silencioso.

Figura 29 - Captura de tela do primeiro ambiente virtual de *Cognitive Explorers*



Fonte: Autor

Nota: O primeiro ambiente é uma adaptação livre do espaço onde a experiência é realizada e cumpre a função de adaptação ao ambiente virtual.

Durante este primeiro minuto o voluntário pode se aclimatar com o espaço virtual e, como quase todos eram usuários sem experiência prévia de Realidade Virtual, este tempo tem a função na experiência de gerar logo as emoções de espanto com a nova tecnologia. A função deste momento é fazer com que o voluntário fique em um estado de usufruição passiva e tranquila dos artifícios da simulação em si até que haja uma transição para outro estado. Esta transição entre estados é o verdadeiro alvo das medições biofísicas e para isso busquei criar um ambiente virtual em que fosse possível separar o estado emocional de surpresa com a novidade tecnológica – a "magia" ilusionista da simulação – para os momento seguintes que buscam gerar e detectar as emoções emergentes.

Figura 30 - Captura de tela do evento “Escuro”



Fonte: Autor

Nota: Após o período de adaptação as luzes do ambiente “laboratório” são apagadas e o ponto de vista do voluntário começa a se mover em direção da parede.

A transição para o segundo momento – "laboratório estranho"- se dá de forma gradual. Dentro do ambiente virtual as luzes se apagam e uma música tensa começa a tocar. As imagens nos monitores mudam para imagens estranhas. Estranhamento é a sensação buscada neste momento. Os voluntários geram expectativas de que algo estranho e assustador possa acontecer. Esta expectativa com espanto e medo é muito recorrente em outros programas de Realidade Virtual e neste caso foi usada deliberadamente para aumentar a atenção do voluntário, mesmo que nada de fato venha a acontecer. O medo aqui tem um papel importante.

Das emoções o medo pode ser considerado das mais criativas. pois se trata de uma expectativa de algo ainda não consumado, geralmente desagradável. O escuro, o estranho, ou mesmo o inescapável são folhas em branco – ou pretas- para que a imaginação crie uma infinidade de situações. O laboratório escuro não faz nada de ruim por si só, mas a escuridão é o espaço da ambiguidade e, dentro do processo constante de geração de realidades narrativas da consciência humana, este espaço será preenchido com algo, de preferência algo que deixe a pessoa alerta para

quaisquer riscos à sua integridade física e/ou psicológica. É como se, na dúvida, o instinto de sobrevivência criasse uma situação de fuga ou luta.

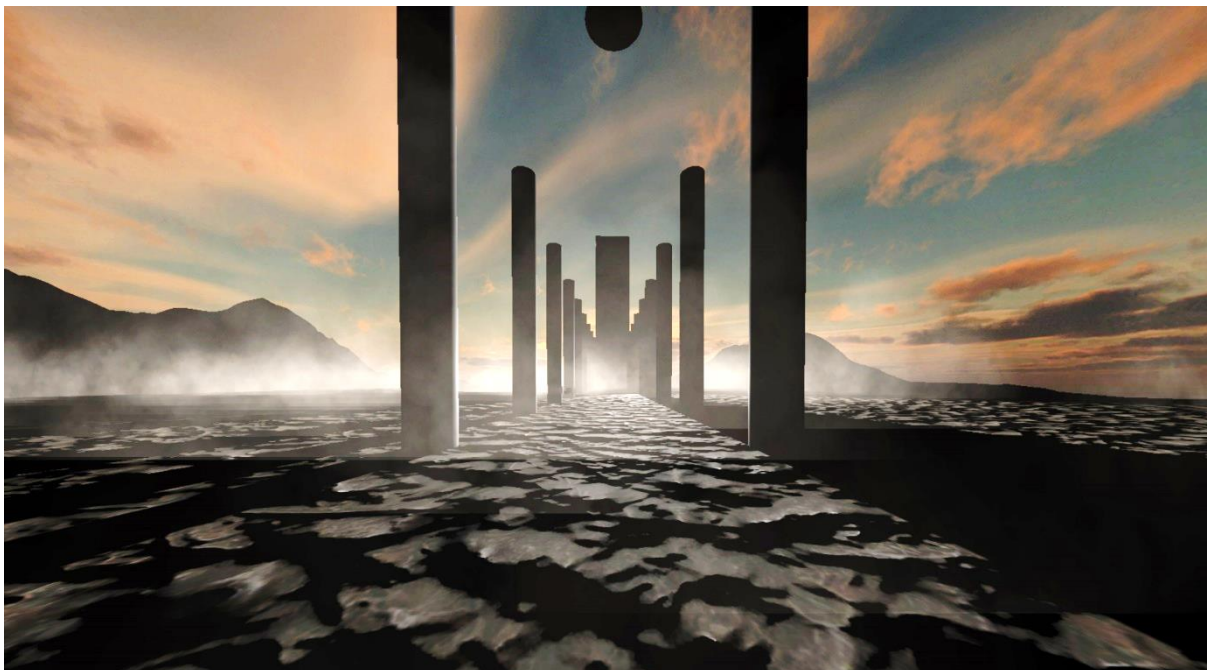
Além do estímulo visual, a trilha sonora é mais um alerta associativo para que a memória e a consciência do voluntário o coloque em alerta.

Interessante já adiantar que na entrevista após a experiência praticamente todos os voluntários disseram não se lembrar do momento em que o laboratório estava com a luz acesa e sem música, apesar de sua duração ser muito maior do que o momento "estranho e escuro". Talvez o sinal de alerta e a tensão gerada tenham sido de tal magnitude superior, suplantando totalmente o momento anterior na memória dos voluntários.

O terceiro momento é marcado pelo movimento do ponto de vista do voluntário que passa a se sentir como que empurrado em direção à parede do outro lado do laboratório recriado.

Nesta parede se encontra uma porta entreaberta. Sua posição foi propositalmente escolhida de maneira a fortalecer o processo de expectativas não realizadas. Apesar do tom sinistro e de estar entreaberta nada surge através dela. No momento em que o avatar do voluntário se dirige à parede ele não passa pela porta como era de se esperar, mas através da parede. Nas entrevistas posteriores essa passagem através da parede foi descrita como um dos momentos mais desconfortáveis e foi observado que alguns participantes chegaram a levantar as mãos em frente ao rosto como se para protegerem-se do impacto. Este instante foi utilizado como um marcador de tensão na análise dos dados e indica um possível alto grau de corporificação da presença do usuário de Realidade Virtual.

Figura 31 - Captura de tela do “pilotis” e do “monolito” em *Cognitive Explorers*



Fonte: Autor

Nota: Ao atravessar a parede do “laboratório”, o voluntário se vê em um espaço surreal, transportando-o para uma realidade ainda mais distante de onde seu corpo físico se encontra.

Atravessada a parede o voluntário se vê em um cenário completamente diferente do laboratório, formado por uma longa alameda de colunas negras que termina em um enorme monolito. No céu alaranjado com um pôr do sol desponta um objeto arredondado que alguns descreveram como disco voador, mas era nada mais que uma esfera negra. O voluntário continua a ser conduzido até o monolito, como se estivesse quase se arrastando por um chão que remete à lama. Este movimento dura pouco mais de um minuto e busca gerar o mesmo estado de observação do primeiro momento no laboratório, mas sem qualquer referência situacional. Cabe ao voluntário criar sua própria narrativa para descrever este lugar sem pontos de referência claros.

Figura 32 - "Plataforma", momento antes de "queda"

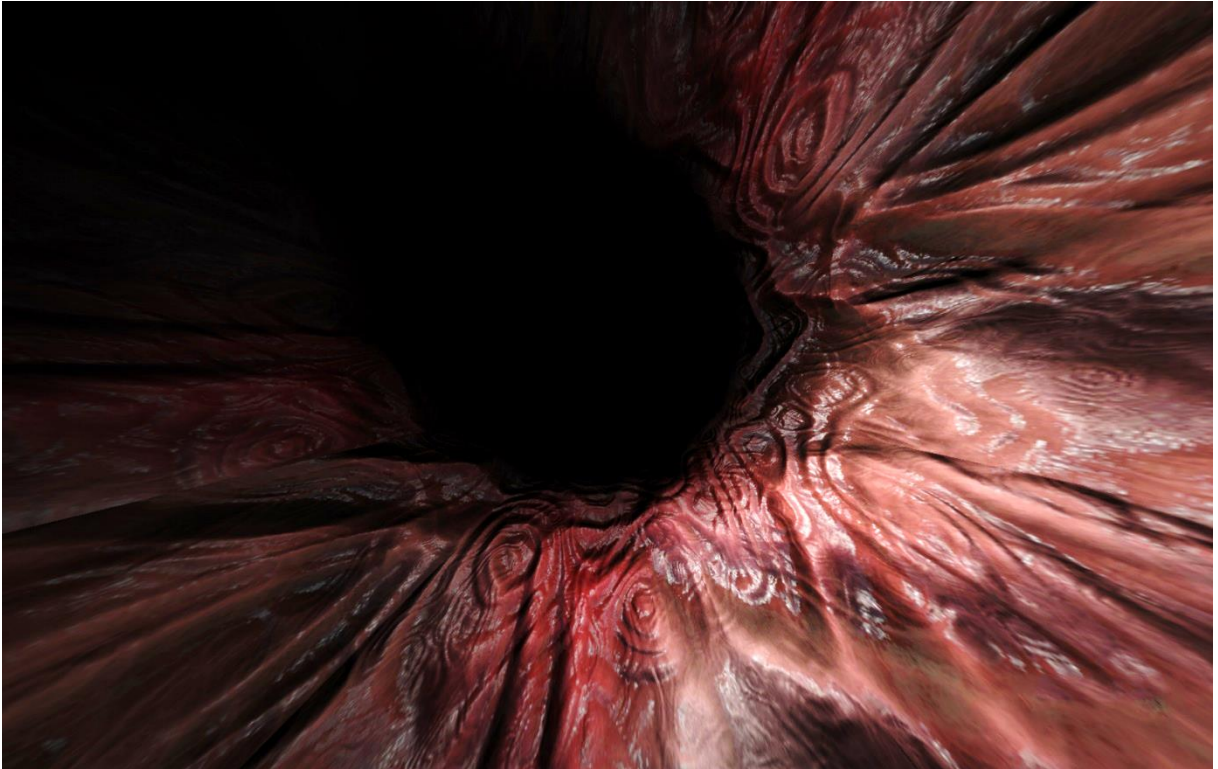


Fonte: Autor

Nota: O voluntário se vê em uma plataforma à beira de um abismo. O céu com pôr do sol contrasta com a escuridão do abismo.

Chegando ao “monolito” inicia-se o quarto momento: poço/túnel. O ponto de vista do voluntário é rotacionado para a esquerda onde ele se vê na beira do que parece ser um grande precipício. No horizonte é possível ver um sol fraco e montanhas distantes. Ele fica imóvel nesta posição por alguns instantes para gerar a expectativa de cair no poço. Neste caso esta expectativa é realizada e o avatar é "empurrado para o poço". A música é deixada para trás usando som posicional tridimensional e as texturas das paredes passam do preto para tons orgânicos de carne. Como o voluntário não consegue sentir se está caindo ou sendo empurrado – sem feedback sensorial nos seus corpos físicos –, alguns descreveram a queda no poço como uma viagem por um túnel. A "queda" é longa e dura quase uns 20 segundos e marca o momento mais abstrato de toda experiência virtual. A ambiguidade do que está ocorrendo, o desconforto e o descompasso físico entre o que está sendo exibido e o que realmente está acontecendo tem o intuito de exacerbar ainda mais um esforço cognitivo de criar uma narrativa coerente onde não há nenhuma.

Figura 33 - Captura de tela de *Cognitive Explorers*; A “queda”



Fonte: Autor

Nota: Mesmo nos voluntários que não externaram reações físicas visíveis foram detectadas fortes reações fisiológicas no momento “queda”.

Ao final do túnel/poço o voluntário se vê em uma grande sala escura com uma enorme parede metálica que se estende por muitos metros na escuridão. Ao olhar para trás apenas escuridão. A iluminação revela um piano de cauda ao lado do voluntário e uma mesa de escritório como a do laboratório do outro. Uma música começa à ser tocada ao piano. O piano no ambiente não é interativo, apesar disso alguns voluntários tentaram tocar as teclas utilizando o sensor de movimento.

O último momento da experiência foi concebida como um amálgama entre o espaço simulado do laboratório e o estranhamento incompleto do resto da experiência.

Busquei gerar uma conclusão ambígua da experiência que deixasse a narrativa aberta para interpretação ainda por um tempo após remover o visor de Realidade Virtual. A medição via sensores eletrodérmicos Empática E4 continuaram

mesmo após a experiência e este tempo estendido foi deixado deliberadamente pois o processo de geração emergente de emoções continua fora do ambiente virtual.

Ao final do ambiente virtual - que dura aproximadamente 4 minutos - o visor e o fone são retirados e é realizada uma entrevista onde um formulário básico é preenchido e as opiniões e observações dos voluntários são escutadas.

O tempo total do voluntário no laboratório é de aproximadamente 10 minutos.

3.4.2 OBSERVAÇÕES SOBRE O MOVIMENTO EM REALIDADE VIRTUAL

O uso de movimento em Realidade Virtual deve ser implementado com cautela, caso o contrário é possível que o usuário sinta "*Motion Sickness*": sintomas adversos causados pela exposição a um movimento real ou – como no caso da Realidade Virtual – a um movimento aparente. (JERALD, 2015; LAWSON. 2014). Esses sintomas podem causar enjoo, náusea e dores de cabeça, o que poderia interferir na captura de dados pelos sensores. Movimentos não voluntários, como o utilizado nesta etapa da experiência, não são recomendados por esta razão, mas o "*motion sickness*" em movimento linear pode ser reduzido mantendo a velocidade lenta e constante. A desconexão entre o que o voluntário está vendo (a recriação de movimento) e o estado real de seu corpo (parado), é considerado uma de suas causas. Para amenizar os sintomas - e de acordo com boas práticas de Realidade Virtual - decidi por manter o movimento linear e sem aceleração aparente. Ao final, nenhum voluntário relatou enjoo de qualquer espécie, o que demonstra que a metodologia funcionou.

3.5 REAÇÃO DOS VOLUNTÁRIOS

Figura 34 - Voluntário com sensores fisiológicos nos pulsos reage ao momento “parede”



Fonte: Autor

Nota: Alguns voluntários levantaram as mãos quando o ambiente virtual parecia os empurrar contra uma parede. Junto com “queda”, este foi o evento com reações mais significativas detectadas pelos sensores fisiológicos Empática E4.

A qualidade de poder gerar experiência imersivas complexas dentro de um laboratório básico de neurociência é uma das características que, ao meu ver, mostram o grande potencial da Realidade Virtual para a criação de estudos da cognição.

Ainda com os sensores ligados e presos aos seus pulsos, os 21 voluntários passaram por uma entrevista onde responderam um questionário padronizado sobre o que sentiram, fisicamente e emocionalmente, nos diversos momentos da experiência. Além do questionário, tivemos uma conversa sobre a experiência a fim

de encontrar as particularidades individuais vividas por cada um dos voluntários, assim como possíveis padrões comportamentais recorrentes. Ao comparar as respostas do questionário com a entrevista, procuramos traçar um perfil mais amplo das características psicológicas de cada um e assim tentar encontrar as origens das reações detectadas pelos sensores durante a experiência no ambiente virtual.

3.6 OBSERVAÇÕES SOBRE A FORMAÇÃO E EMERGÊNCIA DE MEMÓRIAS DURANTE A EXPERIÊNCIA

"A experiência momentânea da emoção informa ao indivíduo da natureza e importância de eventos, e a urgência dos sentimentos o motiva à priorizar o processamento cognitivo para considerações emocionalmente relevantes" - (EKMAN; DAVIDSON, 1994)

Neste capítulo discuto algumas observações feitas e procuro contextualizá-las a partir das pesquisas sobre emoção e design de ambiente virtuais.

Em um dos capítulos do livro "*The Nature of Emotions*" (EKMAN; DAVIDSON, 1994), Gerald L. Clore narra a história de uma professora que está no meio de um processo de ser selecionada para ser efetivada; um momento importante em sua carreira. Ela dizia não estar com medo e não demonstrava qualquer reação negativa. Entretanto ela acordava de madrugada em pânico e com sensação de que teria uma ataque cardíaco. Ela negava veementemente que tivesse qualquer relação com a seleção. Mesmo assim, os pânicos noturnos cessaram no momento em que ela foi aceita.

Clore discorda que existisse algum tipo de "emoção inconsciente". O medo que ela sentia ao acordar de noite era real e consciente. Ela vivenciou este medo, porém não conseguia apontar sua origem.

Durante a experiência percebi algumas situações semelhantes. Alguns voluntários disseram sentir angústia e apreensão durante a experiência no ambiente virtual, mas não sabiam dizer porquê. Por ser propositalmente ambíguo, nenhum de seus momentos foi claramente identificado como assustador. Entretanto, na entrevista posterior, um dos voluntários lembrou de uma experiência desconfortável de sua infância. Nesta época ele era empurrado frequentemente contra a parede pelo irmão

mais velho e em um dado momento da experiência virtual o usuário atravessa uma parede. Antes ele tinha dito não ter sentido desconforto com a experiência em si, mas algo o incomodou e ele não teve o ferramental cognitivo associativo necessário dentro daquele contexto para traçar o ponto de origem daquela emoção, tornando uma antiga angústia em uma ansiedade desconfortável.

A professora com os pânicos noturnos também não tinha como encontrar essa fonte de medo e por isso não foi capaz de ativar os mecanismos emocionais capazes de amenizá-los e processar essa informação eficientemente. Isso fez com que sua ansiedade em ser aprovada se tornasse um pânico noturno. (CLORE, 1994)

Outro voluntário declarou durante a entrevista não ter sentido medo ou desconforto físico de qualquer espécie, o que gerou ansiedade foi a natureza passiva do ambiente virtual e sua falsa expectativa de interatividade. Perguntei porque a passividade o incomodava tanto e, após alguns instantes deliberando, ele discorreu sobre sua incapacidade de compreender situações sociais que não tenham um fim prático aparente. Ele disse não saber identificar os sinais e ações necessárias para uma conversa casual ou observação livre. Não me pareceu que ele tinha orgulho disso e essa dificuldade parecia ser algo que o preocupava realmente. Considero relevante como questões pessoais complexas poderiam surgir a partir de uma sessão de apenas 4 minutos em um ambiente virtual.

Casos como estes me parecem apresentar as oportunidades em que experiências com a tecnologia da Realidade Virtual geram situações imersivas onde emoções de origem desconhecida emergem por conta das lacunas de significado do próprio ambiente virtual. A forte sensação de presença em um espaço não narrativo parecem criar contextos onde emoções profundas passam a se tornar mais evidentes. O usuário se sente apenas "lá" em um lugar, mas nenhuma história ou estímulo específico parece ser dado, mas a disposição do ambiente virtual gera o espaço corporificado necessário para que ele mesmo gere as associações necessárias para fazendo com que seus estados emocionais sejam melhor compreendidos. A fonte da emoção pode estar escondida no inconsciente "virtual", mas a sua formação e externalização é fruto do consciente "real".

Ekman aponta os processos neurológicos da emoção como conscientes, mas diretamente ligados à amígdala no sistema límbico: parte integrante do processo em

cascata que irá gerar as resposta eletrodérmicas detectadas pelo Empática E4, consequentemente tornando possível a mensuração das emoções.

O efeito buscado na geração e modulação do cenário do ambiente virtual estaria mais para uma decoração ou paisagismo - onde objetos decorativos e a estética geram sensações íntimas - do que um cenário do trem fantasma - onde se geram sustos e sensação de luta ou fuga básicos. Outra maneira de ver o ambiente virtual seria entende-lo como um enorme teste de Rorschach, onde manchas de tinta são apresentadas a um paciente deixando que ele o interprete livremente. As respostas são então comparadas com uma média global e anomalias podem ser detectadas.

Robert B Zajonk cita Beck "O fenômeno mais comum que presume componentes inconscientes das emoções é a ansiedade indefinida" (1976). - Neste caso a monitoração dos estados neurofisiológicos pode ajudar a elucidar o paradoxo sobre emoções não conscientes e descobrir padrões fisiológicos subjacentes que possam desvendar que emoção está presente nas situações em que a ansiedade aparece.

Se o contexto for inconsciente, a emoção será difusa, porém ainda referente à algo específico. Sempre haverá uma referência, porém por ser inconsciente acabará por "vazar" de um estímulo para outro (EKMAN; SCHERER, 1984)

O uso de Realidade Virtual e sensores de atividade eletrodérmica (EDA - *electro dermal activity*) pode tornar consciente emoções que, para pessoas com transtorno do espectro autista, são como se estivessem perdidas. Assim como o voluntário que relacionou sua ansiedade com lembranças da infância após o experimento em Realidade Virtual, talvez seja possível gerar experimentos que capacitem autistas para detectarem origens emocionais de suas ansiedades ou mesmo como decodificar os sinais emocionais de outras pessoas.

Detectar com o EDA uma resposta fora da média em uma mesma experiência dentro de um ambiente virtual controlado talvez seja sinal de que uma origem inconsciente esteja influenciando o estado emocional do usuário. Ekman mostra que algumas pessoas podem até mesmo estar cientes das respostas de seus sistemas autônomos - responsáveis pela sudorese detectada pelo EDA - e concomitantemente não estarem conscientes das alterações de postura que este estado provocou. Estas reações foram vistas em usuários que, mesmo ao afirmarem não terem sentido medo,

mostraram sinais de alta ansiedade e postura corporal indicativa como, por exemplo, apertar fortemente a cadeira ou apresentar rigidez corporal. Estas primeiras impressões nos dão uma pista para seguirmos investigando e buscar um elo entre a experiência em ambientes virtuais, dados fisiológicos periféricos, emoções e estados mentais.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 METODOLOGIA DE ABDUÇÃO

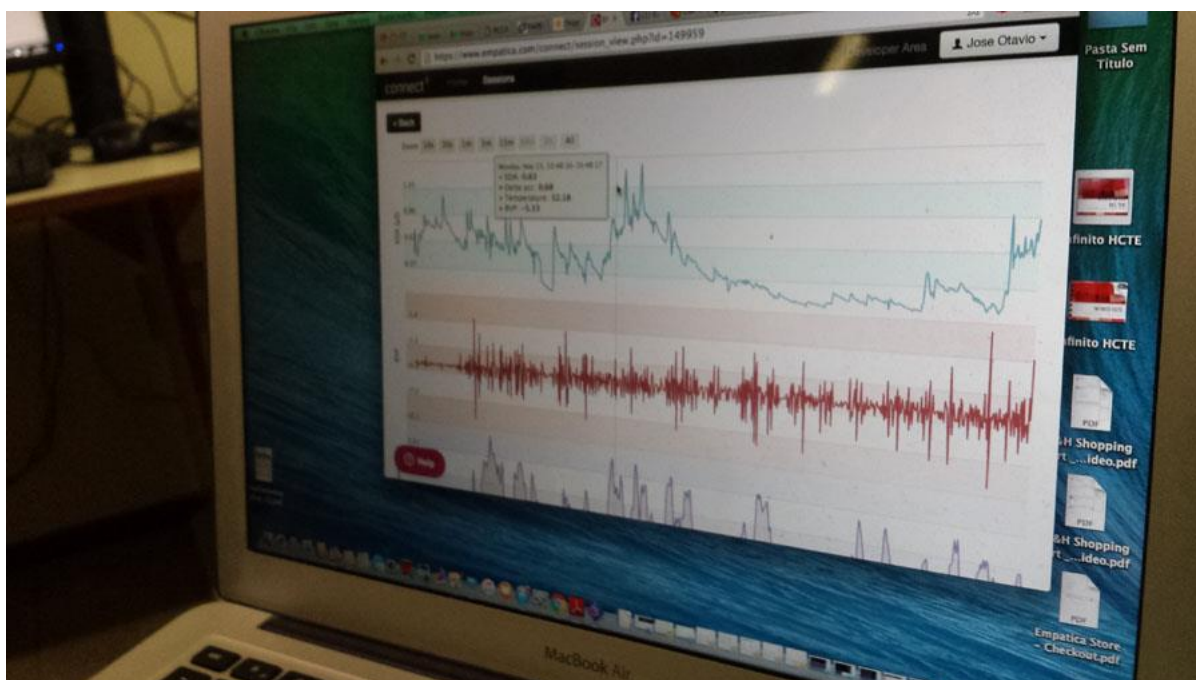
“Toda a forma lógica do pensamento é dada na percepção”. (Peirce 1974)

Os dados e observações apresentados foram analisados através da metodologia da abdução como proposta por Charles Peirce. Neste paradigma existem três tipos de raciocínio: dedução, indução e abdução, sendo a abdução “o processo para formar hipóteses explicativas [...] faz uma mera sugestão do que algo pode ser” (PEIRCE, 1974).

Mantendo o caráter exploratório de um trabalho multidisciplinar, encontrei no processo de Peirce, assim como na fenomenologia de Maturana - onde a subjetividade do cientista deve ser considerada no processo científico - um caminho para oferecer sugestões livres que possam ser de valia para outros “exploradores”. Sendo assim os dados comparativos apresentados neste capítulo são *insights*, porém com objetivo de possibilitarem melhores práticas para futuras quantificações de seus resultados.

4.2 MÉTODO DE MEDIÇÃO BILATERAL COM DOIS SENSORES FISIOLÓGICOS

Figura 35 - Dados dos sensores fisiológicos sendo capturados em tempo real.



Fonte: Autor

Nota: Uma grande qualidade de sensores eletrodérmicos como o Empática em comparação com outros sensores é sua capacidade de gerar dados precisos em tempo real. Além disso são portáteis e pouco intrusivos.

Os sensores fisiológicos Empática E4 capturaram dados de temperatura, condutância eletrodérmica (EDA) e excitação cardíaca (BVP ou pressão de volume sanguíneo em inglês) tanto à partir do pulso esquerdo quanto do direito. Estes procedimentos são sugeridos por Rosalind Picard (PICARD; FEDOR; AYZENBERG, 2016), onde o uso de dois sensores é descrito por ela como capaz de gerar leituras mais precisas assim como uma visão global das reações fisiológicas e emocionais. O artigo evidencia que estados emocionais distintos originados no cérebro causam reações diversas em lados diferentes do corpo. Isso põe em cheque os modelos tradicionais que medem a intensidade de excitação (“*arousal*”) como um valor unitário e propõe que estados emocionais sejam avaliados pela correlação entre valências de dados fisiológicos distintos entre os lados do corpo: uma valência multidimensional para estados emocionais também multidimensionais.

Os dados obtidos com os 2 sensores fisiológicos Empática E4 foram adaptados para a forma de gráficos de linha e normalizados utilizando o programa Tableau.

De posse dos gráficos foi possível comparar os dados fisiológicos com as gravações em vídeo realizadas durante a experiência em ambiente virtual e a entrevista.

4.3 CORRELAÇÃO DOS DADOS FISIOLÓGICOS COM EVENTOS DO AMBIENTE VIRTUAL

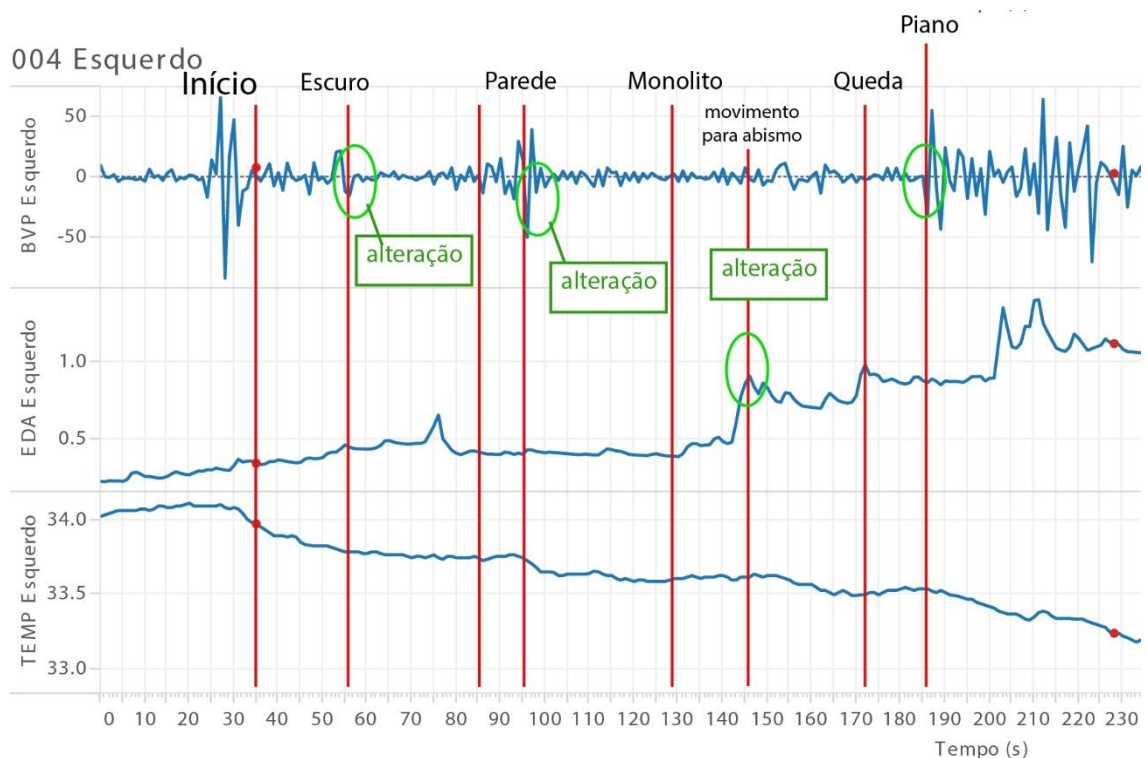
As observações aqui apresentadas são o resultado das análises de correlatos entre os dados obtidos pelos sensores e os eventos específicos dentro do ambiente virtual e suas respectivas entrevistas. Procurou-se instigar novas pesquisas utilizando as metodologias aqui apresentadas e contribuir para o uso de ambientes virtuais em conjunto com sensores fisiológicos.

A primeira conclusão é que parece existir sim uma correlação entre os momentos-chave da vivência no ambiente virtual, as emoções descritas pelos voluntários e as reações do sistema simpático detectado pelo E4. No ambiente virtual utilizado dois momentos em particular geraram reações detectáveis nos gráficos. Esses eventos foram denominados "parede" e "queda".

4.3.1 "PAREDE"

Em "parede", o ponto de vista do voluntário indica estar em movimento simulado (como se empurrado) enquanto se aproxima cada vez mais de uma parede. A expectativa é que ele mude de direção para passar pela porta entreaberta ao lado, mas o movimento continua até que ele atravessa a parede. Inicialmente a parede "falsa" se assemelha a um dos "artefatos" ou erros de desenvolvimento, entretanto ela foi proposital e criada com o intuito de gerar um momento chave de maior stress que servisse como ponto de referência nos gráficos. Aparentemente o uso do stress como ponto de referência funcionou neste caso.

Figura 36 - Registro dos dados capturados pelo sensor no pulso esquerdo; voluntário 4



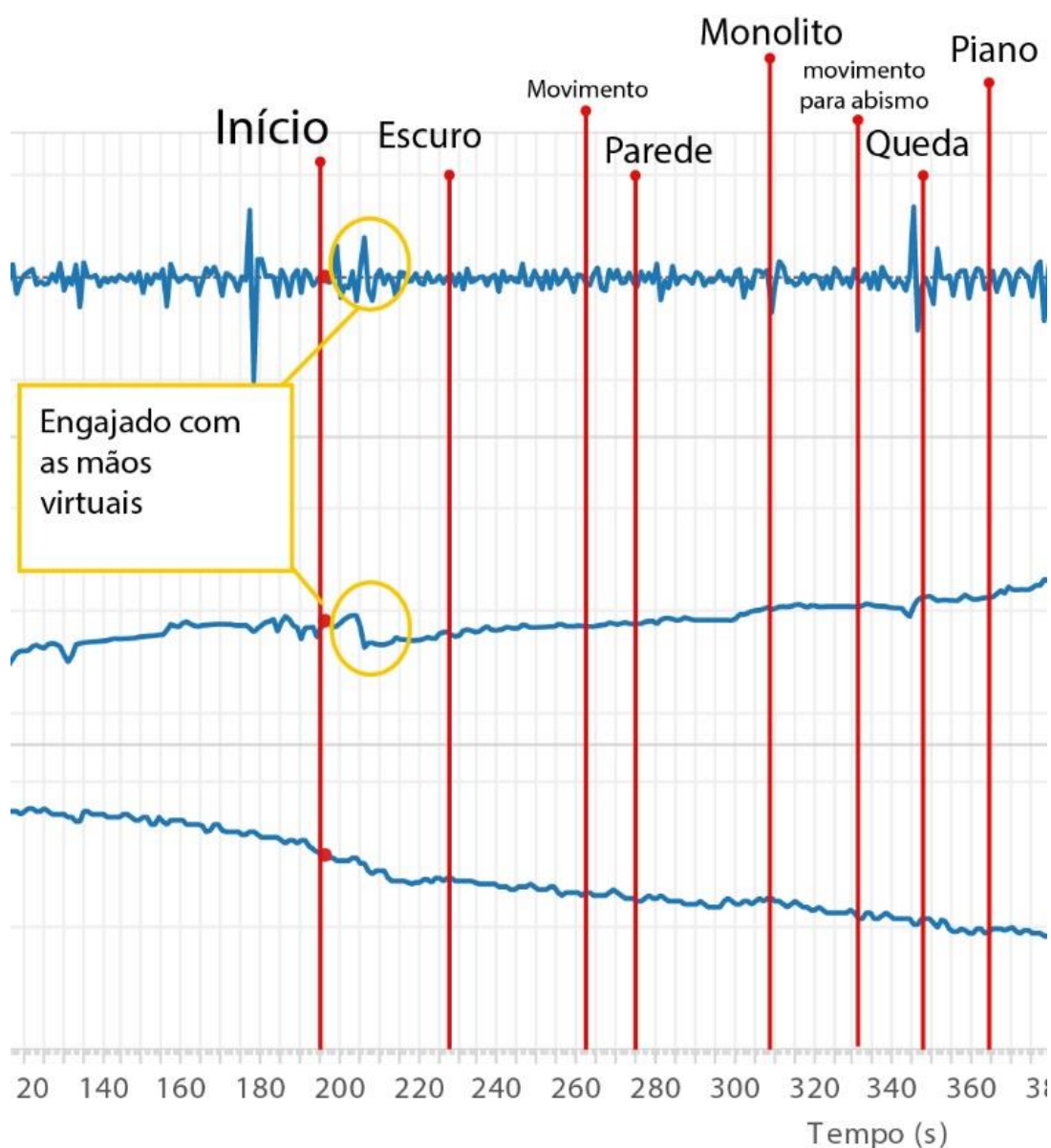
Fonte: Autor

Nota: Círculos verdes indicam correlação entre excitação BVP, EDA e eventos do ambiente virtual.

Na Figura 36 é possível ver um crescimento do batimento cardíaco (BVP) do voluntário 04, medido em ambos os pulsos, com uma esperada intensidade maior no

lado esquerdo. Alterações cardiovasculares foram detectadas em praticamente todos os voluntários. As leituras de EDA em “parede” variam mais entre os voluntários, sendo geralmente detectadas nos momentos em que eles movimentavam as mãos ou observavam algo atentamente. Nestes momentos não há necessariamente excitação cardiovascular, o que parece mostrar que mecanismos distintos estão sendo ativados em experiências emocionais diferentes.

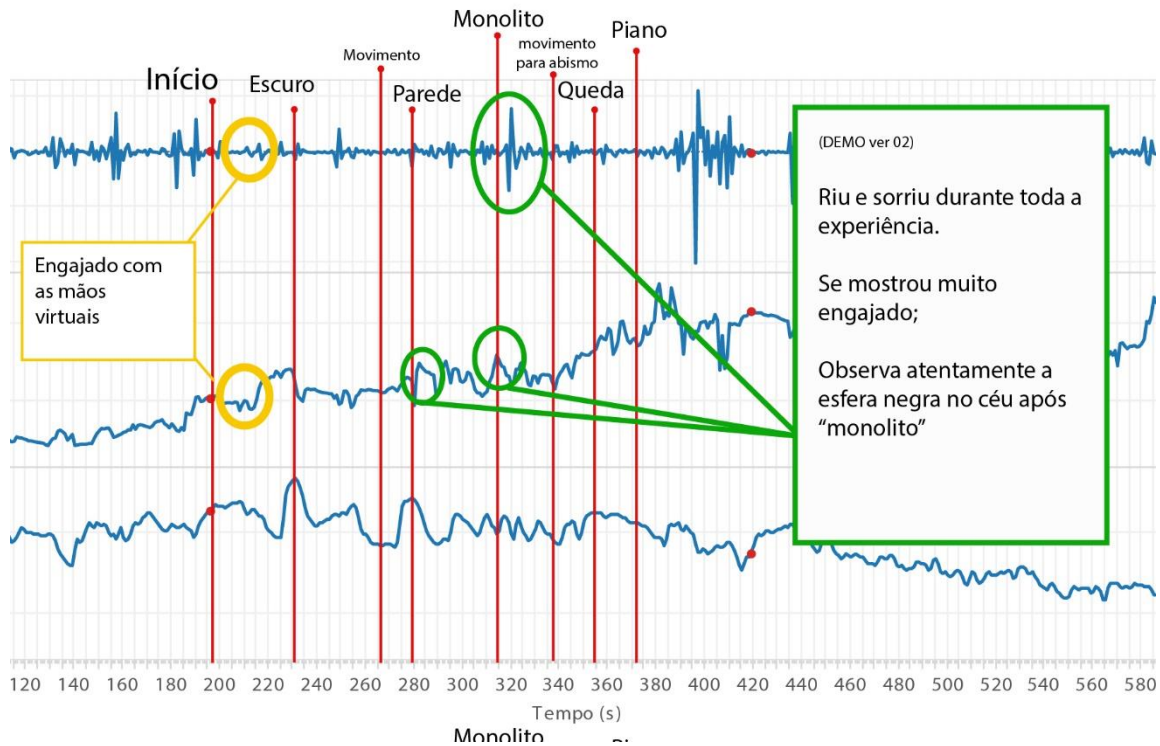
Figura 37 - Detalhe do pulso direito do voluntário 15



Fonte: Autor

Nota: Neste caso o voluntário disse ter sentido apreensão com o evento “parede”, mas não há grande engajamento ou excitações destacáveis tanto de EDA quanto cardiovascular. Em compensação nos momentos em que brincava com as mão o EDA reagiu.

Figura 38 - Gráfico do pulso direito do voluntário 16

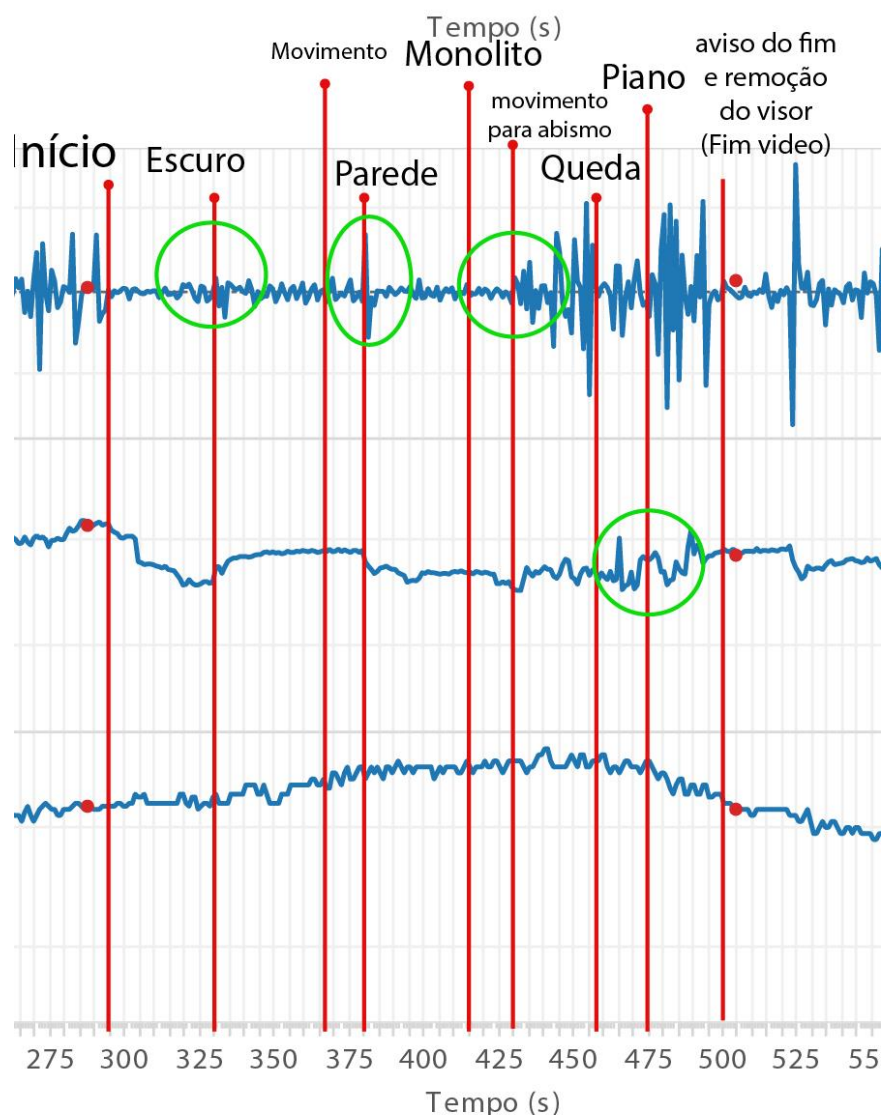


Fonte: Autor

Nota: Mais um exemplo onde se observa excitação do EDA em momentos de engajamento e interação, enquanto a excitação cardiológica não mostra picos tão proeminentes quanto em momentos considerados mais “assustadores” pelos voluntários.

Nss registros do voluntário 15 (FIGURA 37) e 16 (FIGURA 38) é possível ver indicado em amarelo, entre “início” e “parede” reações de EDA coincidindo com engajamento registrado em vídeo. Nestes casos existe uma sincronia entre EDA e BVP, porém ela não é constante.

Figura 39 - Detalhe do pulso esquerdo do voluntário 8



Fonte: Autor

Nota: Circulado em verde estão sinais de excitação de BPV, entretanto não parecem acompanhados de alterações de EDA na mesma magnitude.

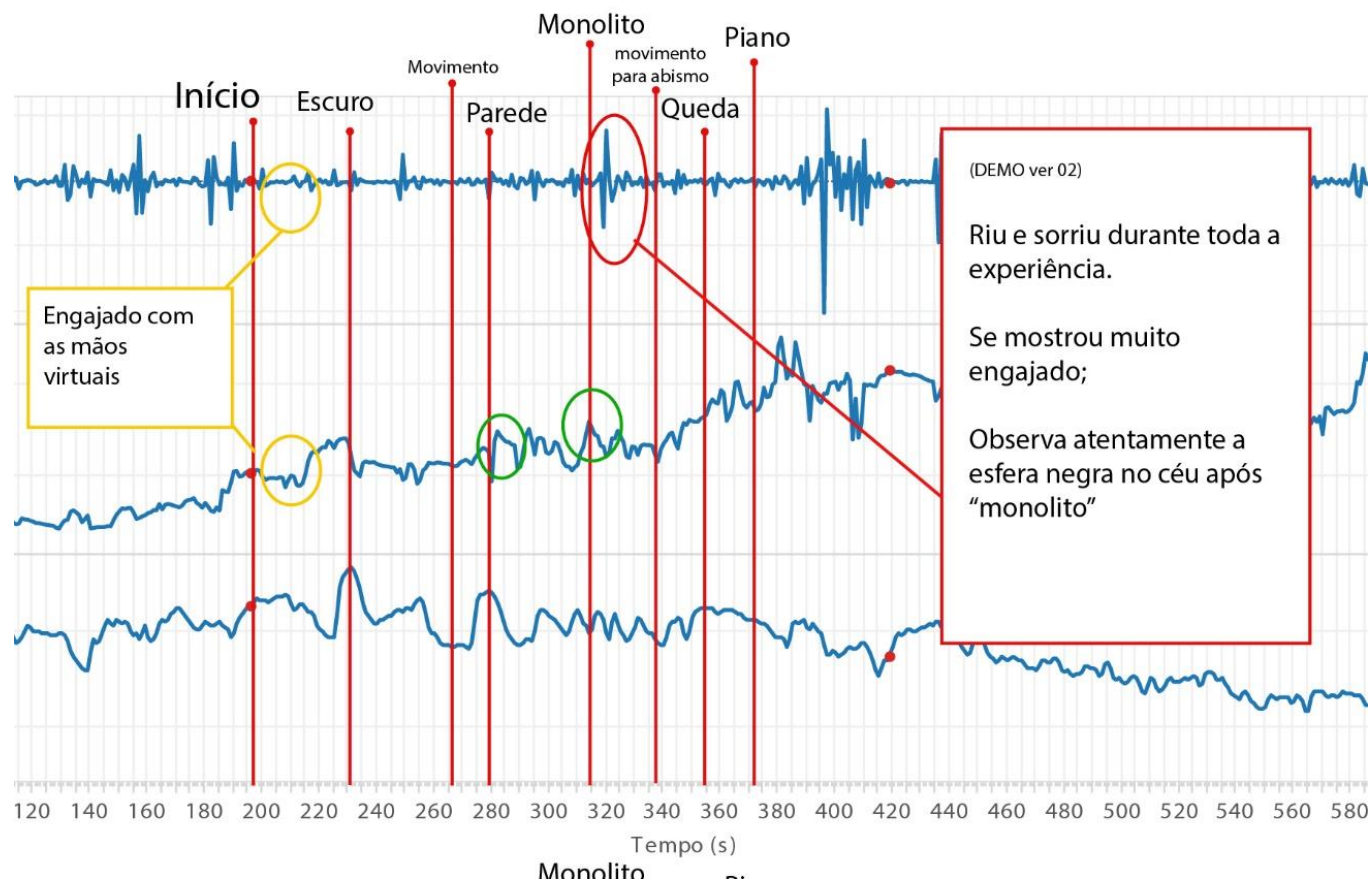
De acordo com Hugo D. Critchley, este comportamento parece ser sinal de excitação ("*arousal*") (CRITCHLEY, 2002). Quando o corpo humano se encontra em uma situação de luta ou fuga, o sistema motor é preparado para o movimento e isso é acompanhado de um aumento de EDA e excitação cardiovascular semelhante ao que está aqui demonstrado. Entretanto na figura (FIGURA 39), apesar de um pico BPV em "parede", não há grandes alterações de EDA.

4.3.2 PILOTIS, MONOLITO E A ESFERA NEGRA

É importante notar que após "atravessar a parede do laboratório", evento posteriormente descrito como "desconcertante" pelos voluntários, o ambiente virtual muda por completo. Do espaço escuro e confinado do laboratório passa-se à uma alameda de colunas (pilotis) sob um céu misterioso que leva a um grande objeto escuro (monolito) sobre o qual paira uma esfera escura. Esta transição abrupta de ambientes parece estar evidenciada nos gráficos. Após o instante de excitação, com pico seguido de vale no EDA, é possível observar em vários voluntários um período de estabilidade que foi descrito por eles como uma instigante e prazerosa exploração deste novo lugar fantástico. Os gráficos neste período mostram estado cardiovascular estável (BVP) e de baixa intensidade e EDA com algumas sucessões de picos e vales de baixa intensidade dentro de um movimento constante de aumento em alguns casos – talvez um estado de atenção com expectativa de clímax. Comparando os gráficos de todo o período, que vai desde o momento anterior ao uso do visor de realidade virtual até o fim da entrevista, o período do "vales das colunas" mostra o mais baixo índice de excitação cardiovascular.

Entretanto, ainda durante os eventos "pilotis" e "monolito", alguns voluntários ficaram engajados ao observar com atenção a esfera negra no céu. Nos gráficos foi possível observar que os voluntários que mantiveram a cabeça para o alto (conforme registrado em vídeo) a excitação cardiovascular continuava baixa, mas o EDA mostrava excitação.

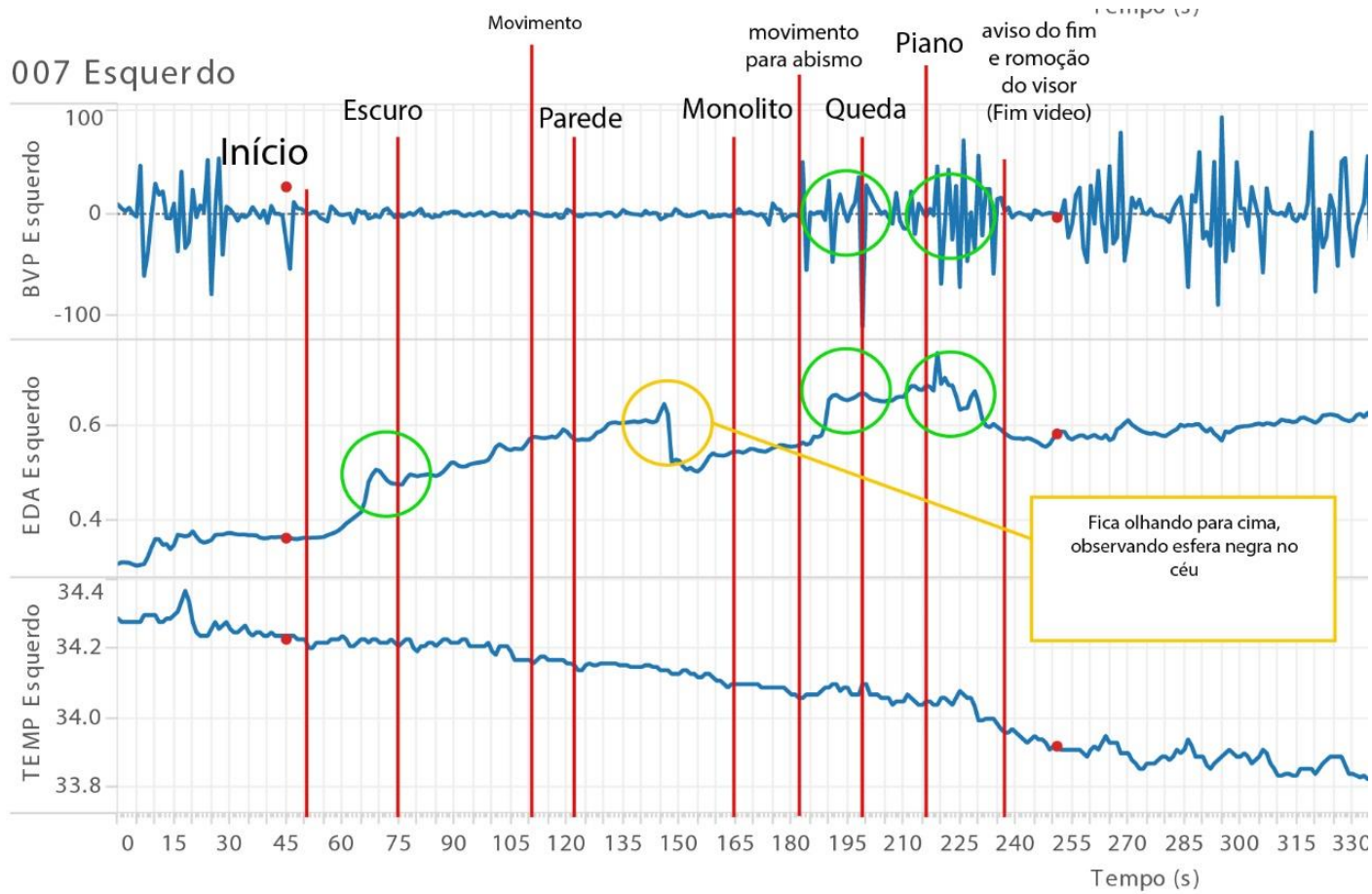
Figura 40 - Detalhe do pulso direito do voluntário 06



Fonte: Autor

Nota: O voluntário se mostrou muito engajado em observar um objeto durante a fase dos pilotis, esta marcada por menor intensidade cardiovascular (registro superior). Neste caso é possível ver excitação de EDA (registro do meio), coincidindo com o momento "monolito" – Indicado pelo segundo círculo verde (coincidente com o momento "monolito").

Figura 41 - Detalhe do pulso esquerdo do voluntário 07



Fonte: Autor

Nota: Entre os eventos “parede” e “monolito” é possível ver excitação do EDA, apesar de pouca excitação cardiovascular (BVP). Neste momento este voluntário em particular observava a esfera no céu.

Figura 42 - Voluntário 007 observando a esfera negra



Fonte: Autor

Nota: Na análise do vídeo é possível ver que o voluntário observou a esfera com atenção acima da média, assim como o voluntário 06. Ambos os sensores detectaram excitação do EDA semelhantes.

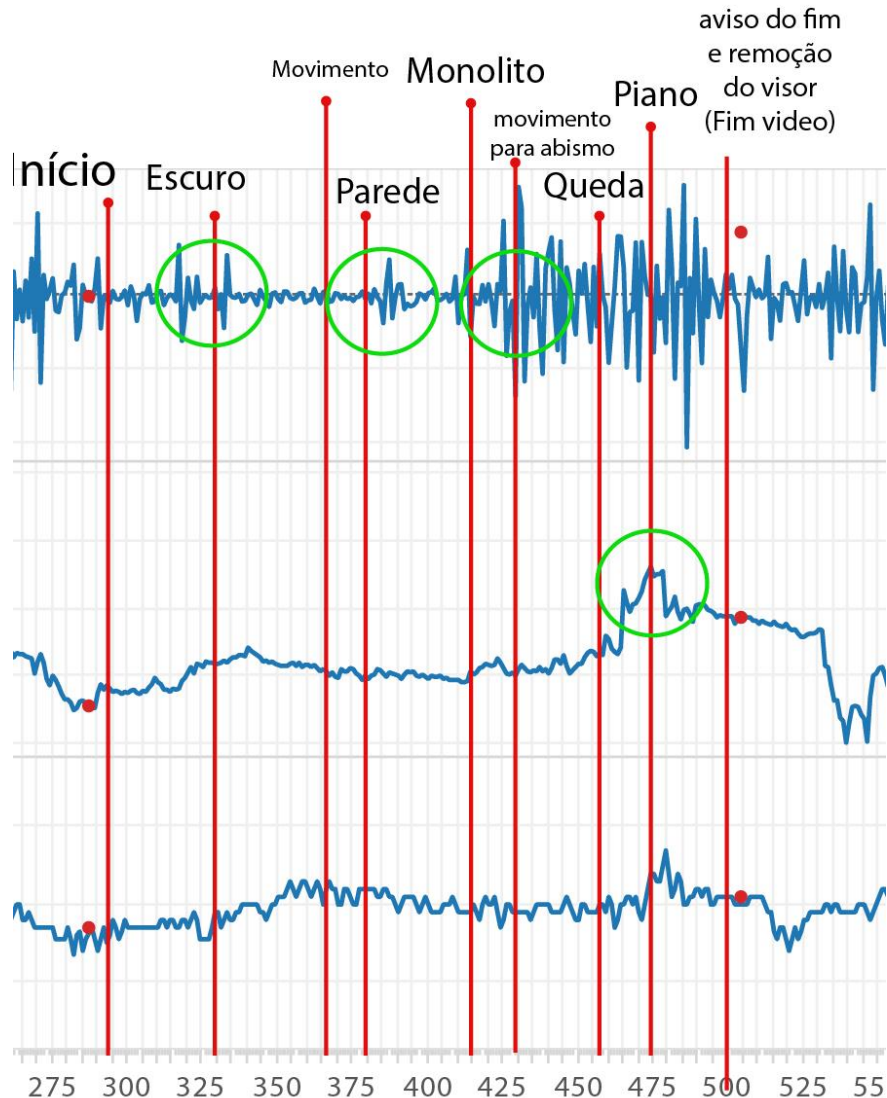
- . No vídeo foi possível observar engajamento acima da média neste momento da experiência.

4.3.3 QUEDA

O segundo momento chave ocorre após o voluntário atravessar os "pilotis" e ser empurrado para dentro de um abismo. Este momento denominado "queda" também coincide com aumento dos batimentos cardíacos e EDA com picos seguidos, às vezes diversos juntos em um pequeno espaço de tempo. Mais uma vez durante as entrevistas os voluntários ressaltaram mais o desconforto no momento "parede" do

que no momento "queda". Entretanto os gráficos em "queda" indicam sinais mais agudos de EDA e de batimento cardíaco. Parece que existe um aumento gradual dos EDAs (tanto do pulso direito quanto esquerdo) do início da experiência até o término do ambiente virtual. O que difere os dois eventos ("parede" e "queda") é o crescimento gradual do EDA ao longo da experiência (mais baixo em "parede" e mais alto em "queda"), assim como a duração de cada evento. A "queda" dura aproximadamente 10 segundos, enquanto a "parede" é um único instante. Este período mais longo é acompanhado por maiores variações dos batimentos cardíacos e uma frequência curta e amplitude maior. Ao contrário do que ocorre com o momento da "parede", após a "queda" o batimento cardíaco continua relativamente mais alto e o EDA, mesmo que mais baixo do que no momento da queda, mantém uma oscilação ativa mais alta do que a média para o resto do experimento.

Figura 43 - Detalhe do pulso direito do voluntário 08



Fonte: Autor

Nota: O evento “queda” é o que acarreta maior reação BVP e continua reverberando pelo evento seguinte (“piano”).

Em seu estado atual a experiência não gerou volume de dados suficientes para verificar a transição de estados emocionais de forma definitiva, mas o potencial para o uso destes dados em experiências futuras me parece significativo. A reprodutibilidade da experiência com ambiente virtual para experimentos neuro-cognitivos não só é possível como acessível para laboratórios de diversos tamanhos.

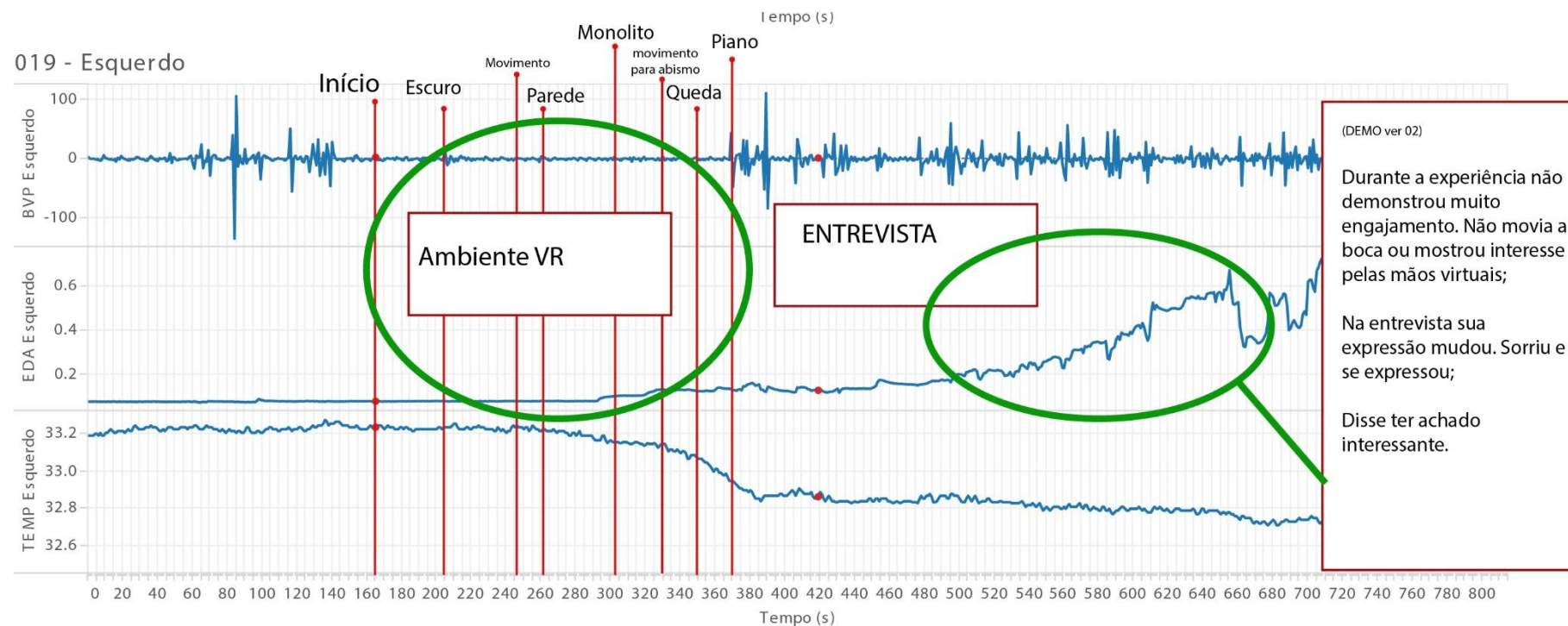
4.3.4 EDA FORA DO AMBIENTE VIRTUAL

Todos os voluntários vestiram os sensores fisiológicos minutos antes de serem inseridos no ambiente virtual e permaneceram com eles durante a entrevista posterior. Apesar de não ter sido o foco da análise foi possível observar alguns resultados interessante sobre a natureza do EDA.

Nos dados obtidos com o voluntário 19 (Figura 44) foi possível notar que durante o período no ambiente virtual há pouquíssima excitação tanto cardíaca quanto EDA. Esse fato fica ainda mais evidente quando comparado com os momentos antes e depois da experiência imersiva. Durante a entrevista existe um salto de atividade dos dois gráficos. Ao analisar o vídeo é possível observar pouco engajamento do voluntário; sem movimentos bruscos, pouca exploração visual, sem experimentação com as mãos e sem movimentos de expressão no rosto. Quando comparado com o voluntário 16 na figura (FIGURA 38) as diferenças ficam ainda mais evidentes. O voluntário anterior, 06, reagiu com engajamento durante todo o ambiente virtual e seu EDA mostrava saltos e altos índices de variação. Há de se considerar que os gráficos do voluntários 16 também mostraram excitação no momento da entrevista, sem porém se distanciar tanto do que foi registrado durante o ambiente virtual.

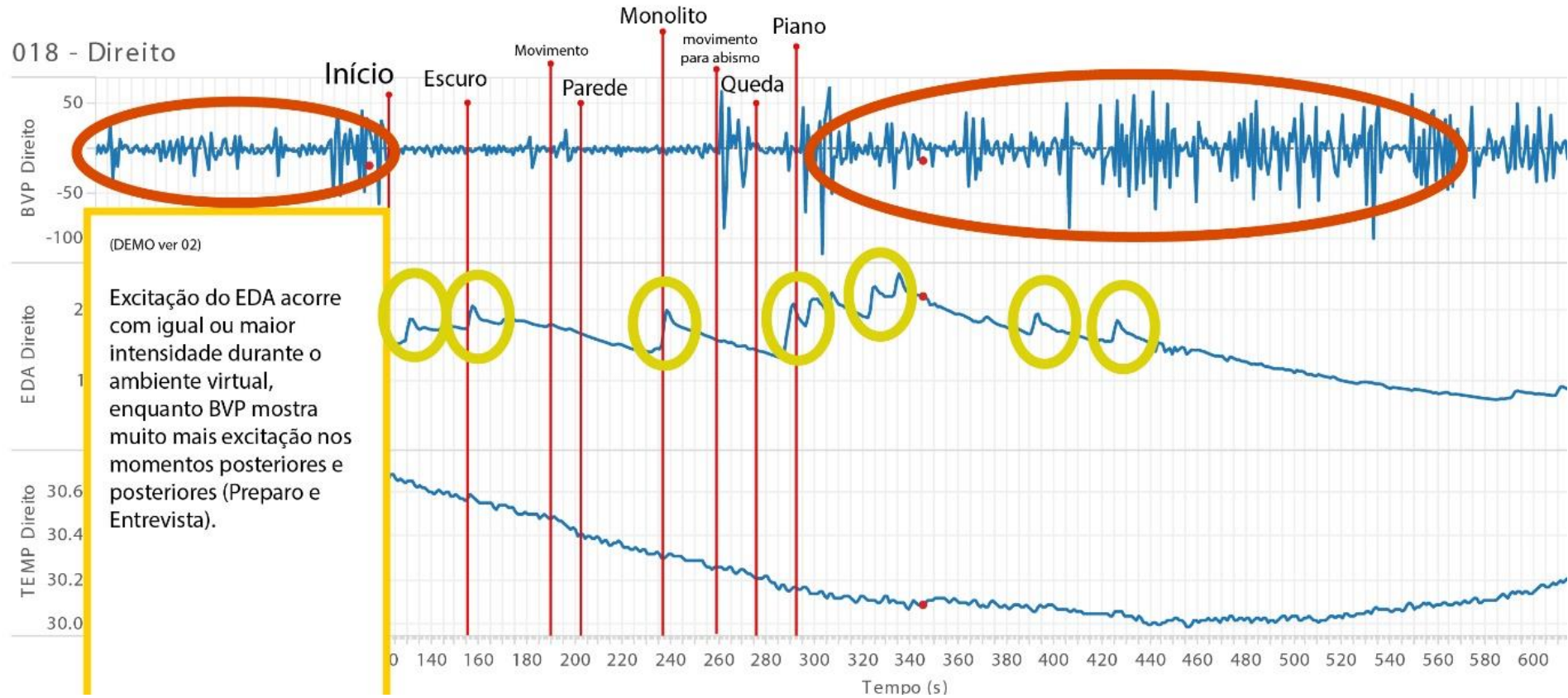
Seguindo um padrão semelhante, o voluntário 18 (FIGURA 45) mostrou baixa excitação de BVP quando comparado com os momentos fora da realidade virtual, com exceção do momento da queda onde temos picos de igual intensidade. O baixo BVP não parece indicar pouco engajamento. Ao contrário do voluntário 19, os registros em vídeo corroboram que o voluntário 18 estava engajado com a experiência, porém sem se movimentar muito. Em vários momentos ele se engajou com as suas mãos virtuais, ao contrário do voluntário 19, e esses momentos coincidem com os picos de EDA.

Figura 44 - Comparação entre reações fisiológicas durante e após Ambiente Virtual no voluntário 19



Fonte: Autor

Figura 45 - Detalhe do lado direito do voluntário 18



Fonte: Autor

Nota: Observa-se menor excitação BVP durante o ambiente virtual quando comparado com os momentos fora da realidade virtual. Entretanto o EDA se mostrou bastante ativo.

4.4 NECESSIDADE DE REGISTOS ALÉM DOS SENSORES

O uso da câmera de vídeo e as entrevistas diretas evidenciam a necessidade de se comparar dados resultantes de diferentes métodos de registro. Os resultados obtidos com os sensores fisiológicos Empática E4 mostram grande variação entre voluntários, com diversos cenários observados. Para ser possível gerar suposições de correlatos entre os gráficos foi necessária uma observação cuidadosa dos registros em vídeo e de anotações feitas em conversas livres durante as entrevistas.

As filmagens e as entrevistas não eram parte das metas iniciais da pesquisa, assim como sua comparação e sincronia com os dados fisiológicos registrados durante a experiência virtual. Foi possível detectar ricos cenários de engajamento dos voluntários imersos em realidade virtual, no entanto as análises dos vídeos em conjunto com os relatos em primeira pessoa dos voluntários foram essenciais para mapear com maior exatidão o que era apresentado nos gráficos.

Além de acompanhar o desdobramento do ambiente virtual, com o auxílio dos registros em vídeo foi possível observar as reações corporais dos voluntários: quando moviam a cabeça, se engajavam com as mãos, sorriam, ficavam parados ou inquietos na cadeira.

Nas entrevistas, além de traçar um perfil básico de idade, histórico de uso de videogames, familiaridade com a tecnologia e departamento de origem, também foi possível obter impressões de cada um sobre o próprio estado emocional, expectativas e ansiedades. Outros detalhes que poderiam influenciar os dados dos sensores foram relatados, como receio de acabarem puxando um dos cabos do visor de realidade virtual ou mesmo pré-condições médicas, como estar com uma perna quebrada ou sofrer de fibromialgia.

O uso de sensores fisiológicos em conjunto com ambientes virtuais apresenta grande potencial no âmbito da pesquisa, mas se quisermos buscar as origens de estados emocionais mais complexos do que os observados em *Cognitive Explorers*, o uso combinado de vários registros com as entrevistas pode oferecer pistas para que, no futuro, seja possível mapear as emoções apenas pelos dados obtidos com os sensores.

5 CONCLUSÃO

O resultado da análise comparativa dos dados gerados no *Cognitive Explorers* conclui neste primeiro momento que existe um forte indício de causalidade entre as experiências vividas em um ambiente virtual e as reações de EDA, cardiovascular e temperatura obtidos pelos sensores E4 em ambos os pulsos dos voluntários. Em quase todos os voluntários foi possível observar alterações semelhantes nos mesmo momentos virtuais da experiência, com saltos de maior atividade seguidos de momentos de estabilidade semelhantes entre eles. De posse desses dados e com a capacidade da Realidade Virtual de replicar experimentos em diversos laboratórios e com pouca perda de validade ecológica, *Cognitive Explorers* tem o potencial de evoluir para se tornar um componente valioso na criação de sistemas de *machine learning* voltados para a computação afetiva. É possível vislumbrar diversos desdobramentos, inclusive partir de um número muito maior de pessoas com sensores fisiológicos em um mesmo ambiente virtual fazendo com que esses dados alimentem uma rede neural capaz de encontrar correlações precisas entre a fisiologia e infinitas variações do mesmo ambiente virtual, transformando em realidade o objetivo da computação cognitiva de gerar máquinas que percebam diferentes estados emocionais e, talvez ainda mais crucial, aumentando nosso próprio conhecimento sobre o papel de nossas emoções para nossa cognição e percepção de realidade.

Durante a execução do experimento com os 20 voluntários, a equipe do Limbissen Lab teve um importante processo de aprendizagem ao contornar uma série de dificuldades e limitações, provenientes do mesmo caráter inovador das ferramentas de Realidade Virtual e os sensores Empática E4. A criação de ambientes virtuais ainda necessita da participação ativa e permanente de uma pessoa capacitada a criar e manipular objetos tridimensionais interativos. Minha carreira como designer e desenvolvedor de games sem dúvida contribuiu na materialização do trabalho de maneira satisfatória e em tempo hábil. Além de idealizar, pude fazer ajustes finos e observações sobre a usabilidade do software enquanto a equipe montava o roteiro da participação dos voluntários e fazia análises dos gráficos. Acredito que, com a difusão do uso de Realidade Virtual em um número cada vez maior de pesquisas científicas, será essencial a criação de programas que possibilitem o trabalho em equipe entre

cientistas e profissionais das artes e do design. Artistas e designers são treinados para unir técnica com realidades subjetivas que geram impacto na experiência do observador. Ferramentas como as da Realidade Virtual e dos sensores fisiológicos podem ser usados pelo meio científico para analisar os dados quantitativos dentro dos ambientes subjetivos gerados pelo trabalho dos artistas, enriquecendo assim o ambiente laboratorial.

Em futuras experiências gostaria de padronizar o registro em vídeo e fotográfico, assim como buscar soluções para registrar as reações faciais dos voluntários. Por mais promissor que sejam os sensores fisiológicos EDA, a análise visual das reações corporais humanas são necessárias para a própria comparação e validação dos dados fisiológicos.

Entrevistas também continuam a ter um papel importante para a compreensão da real contextualização de estados emocionais complexos. Talvez seja possível que, em um futuro, com uma enorme quantidade de dados, seja possível detectar estados emocionais automaticamente através de inteligência artificial. Acredito porém que esbarraremos em uma dificuldade pré-existente de categorizar estes estados emocionais. A emoção “medo” que podemos detectar com sensores e ambientes virtuais pode ser um tipo de medo entre muitos outros, cada um com estruturas e origens cognitivas completamente diferentes. No experimento todos disseram sentir “apreensão”, o que já indica a possibilidade de se detectar padrões nos dados. Contudo, para se ter uma visão das estruturas cognitivas únicas de cada voluntário, a intuição humana continuará a ter um papel essencial.

O horizonte para o qual *Cognitive Explorers* navega é um futuro onde a riqueza caótica da intuição humana se dá a partir de uma cooperação do cognitivo suportado pelas tecnologias de imersão virtual e sensores fisiológicos. O ciborgue Neil Harbisson, com sua capacidade tecnológica de escutar cores é uma celebração de nossa capacidade inata de corporificar e absorver o mundo exterior e nossas tecnologias. “Eu não tenho partes do corpo artificiais, eu tenho partes do corpo artísticas” (HARBISSON, 2015). O ciborguismo artístico de Harbisson e a experiência de *Cognitive Explorers* são exercícios para a liberdade que nossa cognição e tecnologias nos dão para moldar a realidade em que vivemos. Imersos nesta profusão de virtualidades, caberá à ciência e a nossa sensibilidade artística e humanista criar os métodos e filosofias que irão nos guiar por esta liberdade com a responsabilidade que ela demanda.

REFERÊNCIAS

- AN INTERVIEW WITH JARON LANIER. 1989. Disponível em: <<http://www.jaronlanier.com/jaron%20whole%20earth%20review.pdf>>. Acesso em: 20mar. 2017.
- BAILEY, J. O.; BAILENSON, J. N.; CASASANTO, D. When Does Virtual Embodiment Change Our Minds? **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, v. 25, n. 3, p. 222–233, 2016.
- BERGER, P. L.; LUCKMANN, T. **The social construction of reality**. New York: Open Road Media, 2011.
- BIOCCA, F. A. **Communication in the Age of Virtual Reality**. 1. ed. [s.l.] Routledge, 1995.
- BIOCCA, F. A. The cyborg's dilemma: embodiment in virtual environments. **Proceedings Second International Conference on Cognitive Technology Humanizing the Information Age**, p. 12–26, 1997.
- BOHIL, C. J.; ALICEA, B.; BIOCCA, F. A. Virtual reality in neuroscience research and therapy. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 12, n. December, 2011.
- CRITCHLEY, H. D. Review: Electrodermal Responses: What Happens in the Brain. **The Neuroscientist**, v. 8, n. 2, p. 132–142, 2002.
- DAMASIO, A. R. **Descartes' error**. New York: Penguin, 2005.
- DENTIN, S. O Virtual nas Ciências. In: PARENTE, A. (Ed.). **Imagem-Máquina**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora 34, 1999. p. 133–143.
- DIEMER, J. et al. The impact of perception and presence on emotional reactions: a review of research in virtual reality. **Frontiers in Psychology**, v. 6, 2015.
- EKMAN, P. An Argument for Basic Emotions. **Cognition and Emotion**, 1992.
- EKMAN, P.; DAVIDSON, R. J. **The nature of emotion**. New York: Oxford University Press, 1994.
- EKMAN, P.; SCHERER, K. Expression and the nature of emotion. **Approaches to Emotion**, 1984.
- Empatica**. Disponível em: <<https://www.empatica.com/e4-wristband>>. Acesso em: 2 fev. 2017.
- GOMBRICH, E. H. **Art and illusion**. 1. ed. [s.l.] Phaidon Press, 1996.
- GRAU, O. et al. **Arte virtual**. São Paulo: Ed. UNESP; Ed. Senac Sao Paulo, 2007.
- HARBISSON, N. **I Don't Have Artificial Body Parts, I Have Artistic Body Parts |**

HuffPost. Disponível em: <http://www.huffingtonpost.com/neil-harbisson/i-dont-have-artificial-bo_b_6804306.html>. Acesso em: 8 maio. 2017.

JEFFRIES, S. **Neil Harbisson: the world's first cyborg artist | Culture | The Guardian**. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/artanddesign/2014/may/06/neil-harbisson-worlds-first-cyborg-artist>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

JERALD, J. **The VR book**. 1. ed. San Rafael: Morgan & Claypool, 2015.

KANDEL, E. R. **Principles of neural science**. [s.l.] McGraw-Hill, 2013.

KELLY, K.; HEILBRUN, A. An Interview with Jaron Lanier. **Whole Earth Review**, p. 108–119, 1989.

LÉVY, P. **O que é o virtual?** [s.l.] Editora 34, 1997.

LÉVY, P.; MARCIONILO, M.; KRIEGER, S. **A ideografia dinâmica**. 2. ed. São Paulo: Loyola, 2004.

LOOMIS, J. M.; BLASCOVICH, J. J.; BEALL, A. C. Immersive virtual environment technology as a basic research tool in psychology. **Behavior Research Methods, Instruments, & Computers**, v. 31, n. 4, p. 557–564, 1999.

MATURANA, H. **A ontologia da realidade**. 1. ed. Belo Horizonte: UFMG, 1997.

MATURANA, H. R.; VARELA, F. G. **Autopoiesis and Cognition. The Realization of the Living**, 1980.

MATURANA, H.; VARELA, F. J. **De maquinas y seres vivos**. 1. ed. Buenos Aires: Lumen, 1994.

PARENTE, A. **O virtual e, o hipertextual**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Pazulin, 1999.

PEIRCE, C. Conferências sobre pragmatismo. In: **Os Pensadores**. São Paulo: Abril Cultural, 1974. p. 11–66.

PICARD, R. W. Affective Computing. **M.I.T Media Laboratory Perceptual Computing Section Technical Report No. 321**, n. 321, 1995.

PICARD, R. W.; FEDOR, S.; AYZENBERG, Y. Multiple Arousal Theory and Daily-Life Electrodermal Activity Asymmetry. **Emotion Review**, v. 8, n. 1, p. 62–75, jan. 2016.

RHEINGOLD, H. **Virtual Reality**. [s.l.] Simon & Schuster, 1992.

RUDRAUF, D. et al. From autopoiesis to neurophenomenology: Francisco Varela's exploration of the biophysics of being. **Biological Research**, v. 36, n. 1, p. 27–65, 2003.

SCHERER, K. Emotions are emergent processes: they require a dynamic computational architecture. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1535, p. 3459–3474, 12 dez. 2009.

SERRES, M. **Atlas**. 1ª ed. [s.l.] Instituto Piaget, 1997.

SHERMAN, W. R.; CRAIG, A. B. **Understanding virtual reality**. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2003.

SOUSANIS, N. **Unflattening**. 1. ed. [s.l.] Harvard Press, 2015.

SUTHERLAND, I. E. **The Ultimate Display**. 1965. Disponível em:
<<http://worrydream.com/refs/Sutherland%20-%20The%20Ultimate%20Display.pdf>>.
Acesso em: 13 mar. 2017.

VARELA, F. J. NEUROPHENOMENOLOGY A Methodological Remedy for the Hard Problem I: A Cartography of Approaches. **Journal of Consciousness Studies**, v. 3, n. 4, p. 330–49, 1996.

VARELA, F. J. **The View from Within: First-Person Methodologies in the Study of Consciousness**. [s.l.] Imprint Academic, 1999.

Virtual Reality Market and Consumers. Disponível em:
<<https://www.superdataresearch.com/market-data/virtual-reality-industry-report/>>.
Acesso em: 15 fev. 2017.

WEISSBERG, J.-L. Real e Virtual. In: PARENTE, A. (Ed.). . **Imagem-Máquina**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1999.

