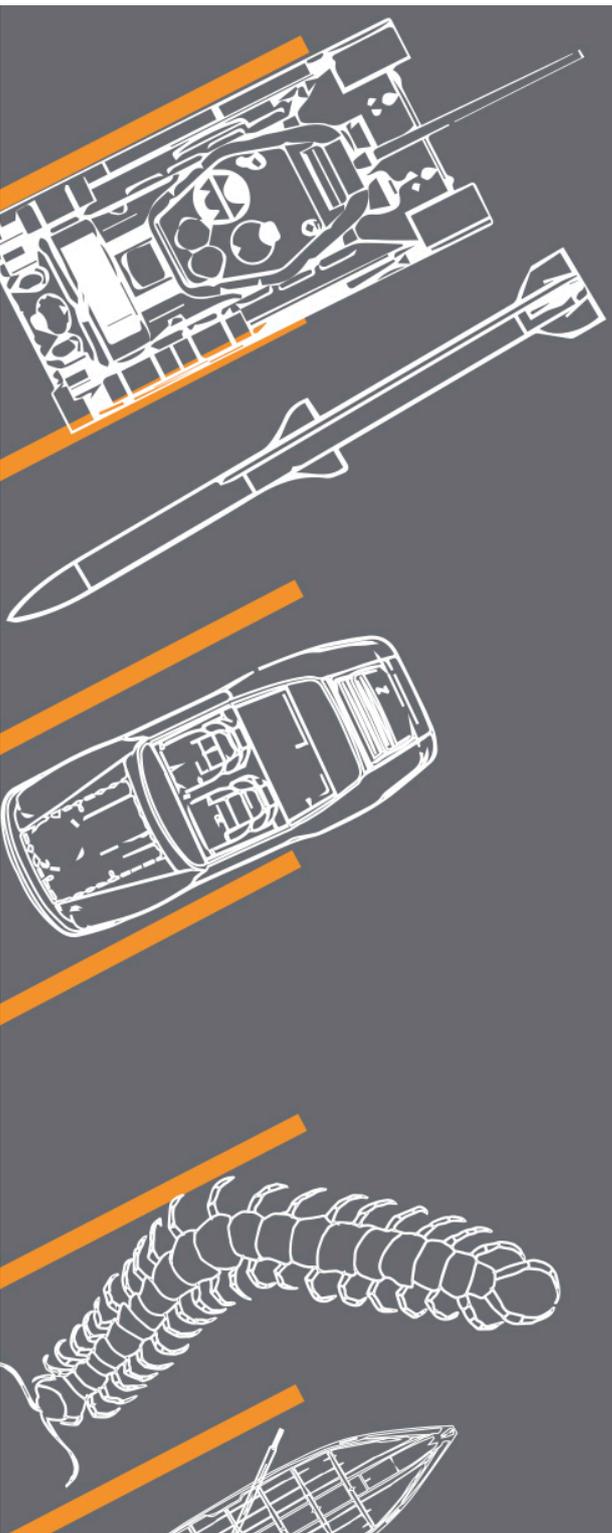


**DIÁLOGOSTRANSDISCIPLINARES:ARTEEPESQUISA**







Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-Compartilhável 4.0 Internacional/ This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License <<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>>.

Copyright © 2016 by Autores.

Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou transmitida por qualquer meio de comunicação para uso comercial sem a permissão escrita dos proprietários dos direitos autorais. A publicação ou partes dela podem ser reproduzidas para propósito não-comercial na medida em que a origem da publicação, assim como seus autores, seja reconhecida.

Os textos são de responsabilidade dos autores.

Catálogo na Publicação  
Serviço de Biblioteca e Documentação  
Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo

---

D536 Diálogos transdisciplinares: arte e pesquisa / Gilberto Prado, Monica Tavares, Priscila Arantes (organizadores) – São Paulo : ECA/USP, 2016. 500 p.

Textos apresentados no Seminário Internacional Diálogos Transdisciplinares: Arte e Pesquisa, realizado de 8 a 10 de junho de 2015, Paço das Artes, São Paulo, 2015.

ISBN 978-85-7205-155-2

1. Arte – Pesquisa 2. Criação artística I. Prado, Gilberto II. Tavares, Monica III. Arantes, Priscila IV. Seminário Internacional Diálogos Transdisciplinares: Arte e Pesquisa

CDD 21.ed. – 700.72

---

Gilberto Prado  
Monica Tavares  
Priscila Arantes  
[org.]

**DIÁLOGO TRANSDISCIPLINARES: ARTE E PESQUISA**

São Paulo

Programa de Pós-Graduação em Artes Visuais  
Escola de Comunicações e Artes - Universidade de São Paulo

2016

Rachel Zuanon

**A INTERFACE  
DESIGN-  
NEUROCIÊNCIA  
NO PROJETO  
DE  
INTERAÇÕES  
ORGÂNICAS  
PROPICIADAS  
POR  
BIO-COMPUTADORES  
VESTÍVEIS**

### **A Interface Design-Neurociência**

Como uma ciência relativamente nova<sup>1</sup>, a Neurociência trata do desenvolvimento, química, estrutura, função e patologia do sistema nervoso (LUNDY-EKMAN, 2004). Nesta perspectiva, a cognição é investigada a partir das propriedades do cérebro, ou seja, pela atribuição de estruturas cerebrais específicas a todas as formas de comportamento e experiência, mesmo que aproximadamente. Assim, mudanças na estrutura cerebral implicam alterações no comportamento e na experiência. Neste contexto, se por um lado, assume-se a associação das propriedades de base biológica à cognição, por outro os fenômenos biológicos e mentais são considerados produtos da estrutura do próprio sistema cognitivo (VARELA, 2003).

Pesquisas em neurociência (CHANGEUX, 1985; DAMÁSIO, 2004; EBERHARD; PATOINE, 2004; GAZZANIGA, 1998; RAMACHANDRAN; BLAKESLEE, 1998) indicam que o cérebro humano é particularmente adequado para projetar coisas - conceitos, ferramentas, linguagens e lugares. Ou seja, o cérebro humano pode ter evoluído para ser criativo - para imaginar novas idéias, colocar em prática o que inventar, e analisar criticamente os resultados das ações humanas.

As ciências cognitivas já têm revelado pistas sobre orientações reconhecidas como passíveis de serem aplicadas pelos designers, por exemplo,

ao indicar que objetos localizados abaixo do nível dos olhos são mais facilmente identificados e interpretados do que aqueles localizados acima deles, ou seja, as informações dispostas pelos designers abaixo do nosso campo de visão serão provavelmente mais eficazes à nossa percepção" (ZEISEL, 2006, p. 359). Neste sentido, a literatura em neurociência parece indicar que o maior propósito do ambiente cerebral é desenvolver um sentido mais claro de quem somos em relação ao nosso meio ambiente (Ibid, p.154).

1. Pesquisas científicas rigorosas sobre a função neural têm uma história relativamente curta, começando no final do século XIX" (Lundy-Ekman 2004, p. 2).

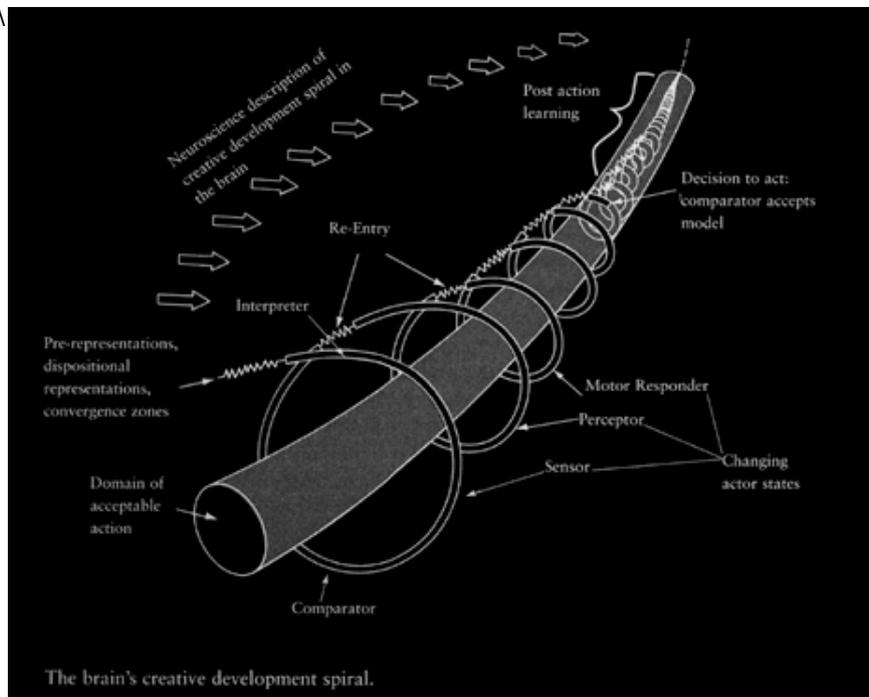


Fig. 1. Diagrama da Espiral do Desenvolvimento Criativo do Cérebro (Zeisel, 2006)

Neste contexto, John Zeisel (2006) propõe a espiral do desenvolvimento criativo do cérebro, compreendendo que quando se tem uma percepção, desenvolve-se um plano, ou reage-se aos ambientes, a mente emprega o mesmo processo iterativo que os designers utilizam em seu processo projetual. E, neste sentido, Blass (2005) sugere que

designers e pesquisadores devem aproveitar o processo criativo natural do cérebro para atingir seus objetivos, e que o entendimento sobre as funções cerebrais pode proporcionar insights relevantes sobre a natureza da pesquisa, do projeto e da criatividade. Portanto, a investigação do cérebro deve trazer ainda mais contribuições ao design e à pesquisa na prática.

Para estes pesquisadores, o foco da questão se localiza em responder “como o processo criativo fundamental do cérebro engendrou o processo cognitivo do design” (ZEISEL, 2006, p.141), uma vez que, para eles, o design, ao incorporar o entendimento das estruturas e processos neuronais do cérebro, leva à uma configuração mais favorável à criação e ao desenvolvimento de propostas projetuais. Em outras palavras, a compreensão das capacidades cerebrais por meio da abordagem neurocientífica reforça e explica os estudos sobre as necessidades, comportamentos, atitudes e opiniões dos usuários” (Ibidem, p.143).

Tal entendimento subsidia ainda a estruturação por Zeisel do paradigma Ambiente/Comportamento/Neurociência (A/C/N) pressupondo que mudanças no ambiente causam alterações no cérebro e no comportamento e, com isso, a interação dos estímulos provindos do ambiente com as respostas comportamentais informa e traz contribuições relevantes ao design

Se você entender como o cérebro e a mente das pessoas se desenvolvem e funcionam em diferentes situações, e como eles evoluíram ao longo do tempo para responder aos ambientes, então os ambientes projetados para dar suporte a essas capacidades, bem como tarefas, atividades e necessidades do usuário contribuirão para a qualidade de vida, criatividade e sobrevivência das pessoas (Idem Ibid).

Assim, enquanto o paradigma ‘necessidades do usuário’ reside na interpretação analítica dos dados externalizados, o paradigma da neurociência enfoca a análise do cérebro e da mente com base nos comportamentos observados e acrescenta a compreensão das funções neurológicas e biológicas ao tradicional conhecimento antropológico, psicológico e sociológico da relação ambiente-comportamento. Almeja-se com isso que uma maior compreensão neurocientífica das habilidades cerebrais possa auxiliar os designers a planejar de forma mais eficaz os seus projetos.

### O papel da emoção na sobrevivência humana

Uma das habilidades cerebrais que nos interessa abordar e relacionar mais especificamente à prática projetual em design consiste na emoção em humanos. Para tanto, em primeira instância, contemplaremos esta questão do ponto de vista neurocientífico e neurofisiológico para, na seção seguinte, propormos a articulação deste escopo ao campo do design de bio-computadores vestíveis.

Pela perspectiva biológica, a emoção pode ser definida como “um conjunto de reações químicas e neurais subjacentes à organização de certas respostas comportamentais básicas e necessárias à sobrevivência dos animais” (OLIVEIRA et al., 2008, p. 254). Assim, as emoções são fundamentais para os animais apresentarem “respostas comportamentais adequadas a certas situações, aumentando suas chances de sobrevivência” (Idem).

Para Damásio (2004), “as emoções e as várias reações que as constituem fazem parte dos mecanismos básicos da regulação da vida” (p. 35). Ou seja, todas as emoções assumem um papel regulador no sentido de conduzir circunstâncias vantajosas ao organismo, ou seja, auxiliá-lo a conservar sua vida. Assim, as emoções são adaptações singulares que integram os mecanismos biorreguladores inatos, visando à sobrevivência (Idem, 2000).

Em humanos, as emoções resultam da ativação de uma rede neural complexa e elaborada que promove um repertório variado de respostas comportamentais. Neste sentido, a emoção atinge uma dimensão subjetiva de experiência única e que a diferencia da dimensão comportamental observada em outros animais. Desse modo, para os humanos, a emoção possui um “substrato neural que organiza tanto as respostas aos estímulos emocionais quanto a própria percepção da emoção” (OLIVEIRA et al., 2008, p.254). E embora

a composição e a dinâmica precisas das reações emocionais sejam moldadas em cada indivíduo pelo meio e por um desenvolvimento único, há indícios de que a maioria das reações emocionais, se não todas, resulta de uma longa história de minuciosos ajustes evolutivos (DAMÁSIO, 2000, p. 77).

Segundo Damásio (2004), as emoções consistem em ações ou movimentos que ocorrem no rosto, na voz ou em comportamentos específicos, muitos deles exteriorizados. Entretanto, apesar de alguns destes comportamentos não serem perceptíveis a olho nú, sondas científicas atuais como a determinação de níveis hormonais sanguíneos ou de padrões de ondas eletrofisiológicas podem torná-los visíveis. Já os sentimentos são necessariamente invisíveis ao público, enquanto propriedade privada do organismo e oculta a quem quer que seja, exceto daquele que o possui.

Nos seres humanos, as emoções são mediadas no interior do sistema límbico pela amígdala, por áreas no hipotálamo, pela área septal, núcleos anteriores do tálamo, córtex da porção anterior do cíngulo e pelo córtex de associação límbico (GLOOR, 1986). Assim, a amígdala recebe informações de todos os sistemas sensoriais e conecta-se com o córtex orbito-frontal e com o giro anterior do cíngulo. Juntos, a amígdala, o córtex orbito-frontal e o giro anterior do cíngulo regulam os comportamentos emocionais e a motivação.

A amígdala desempenha um papel vital no comportamento social, interpretando as expressões faciais e os sinais sociais (YOUNG et al., 1995) e desencadeando experiências emocionais a partir de sua estimulação elétrica (GLOOR, 1986). Com isso, é possível notar a inexistência de um único centro cerebral de processamento de emoções, ao contrário disso, o que se observa são sistemas distintos relacionados a padrões emocionais separados. Ou seja, "emoções diferentes são produzidas por sistemas cerebrais diferentes" (DAMÁSIO, 2000, p.85).

As emoções humanas podem ser classificadas em três tipos: (1) emoções primárias; (2) emoções secundárias; e (3) emoções de fundo. As primárias (1) são consideradas inatas ou não aprendidas, ou seja, comuns a todos os indivíduos da espécie, independentemente de fatores socioculturais. E apesar das divergências entre os estudiosos da emoção, seis emoções podem ser consideradas primárias: alegria, tristeza, medo, repugnância, raiva e surpresa (OLIVEIRA et al., 2008; DAMÁSIO, 2000).

As emoções secundárias (2), entretanto, são mais complexas e dependem de fatores socioculturais. Culpa, vergonha, embaraço, ciúme ou orgulho são exemplos de emoções que variam conforme a cultura, a experiência prévia e a época na qual o indivíduo consta inserido. Este tipo de emoção é passível de tamanha variação que

enquanto algumas civilizações podem vivenciá-las em excesso, outras nem mesmo possam sequer apresentá-las (OLIVEIRA et al., 2008).

Assim, o aprendizado e a cultura alteram a expressão das emoções e lhes conferem novos significados. Contudo, apesar das infinitas variações encontradas nas diferentes culturas, entre os indivíduos e no decorrer de uma vida, é possível prever que certos estímulos claramente perigosos ou valiosos, no meio interno ou externo, produzirão certas emoções. (DAMÁSIO, 2000)

Já as emoções de fundo (3) relacionam-se ao bem-estar, ao mal-estar, à calma ou à tensão e geralmente são induzidas por estímulos internos de regulação da vida. Tais emoções podem também ser ativadas por processos físicos ou mentais contínuos, ou por interações do organismo com o meio, ou ainda por ambas as coisas, que conduzem o organismo a estados de tensão ou relaxamento, fadiga ou energia, bem-estar ou mal-estar, ansiedade ou apreensão. Tais processos acarretam “a satisfação ou a inibição constantes de impulsos e motivações” (DAMÁSIO, 2000, p.76). Embora essas emoções se expressem em alterações complexas musculoesqueléticas, tais como variações sutis na postura do corpo e na configuração global dos movimentos, o papel principal é desempenhado pelo meio interno e pelas vísceras (OLIVEIRA et al., 2008).

À compreensão acerca das variantes emocionais que compreendem o organismo humano soma-se o entendimento sobre sua dupla função biológica. A primeira consiste na produção de uma reação específica à situação indutora. Enquanto a segunda abrange a “regulação do estado interno do organismo de modo que ele possa estar preparado para a reação específica” (DAMÁSIO, 2000, p.78), ou seja, “a certas orquestrações de reações a uma causa dada, em um meio determinado” (Ibidem, p.98).

Neste contexto, os comandos químicos e neurais seguem duas rotas: (1) a corrente sanguínea e (2) os neurônios. Na corrente sanguínea (1), os comandos são enviados na forma de moléculas químicas que atuam sobre receptores nas células constituintes dos tecidos do corpo. Já nas vias de neurônios, os comandos “assumem a forma de sinais eletroquímicos que atuam sobre outros neurônios, fibras musculares ou órgãos (como a glândula suprarrenal), que, por sua vez, podem liberar substâncias químicas próprias na corrente sanguínea” (Ibidem, p.95).

Assim, embora a origem desses comandos esteja circunscrita a uma área

relativamente pequena do cérebro, que reage a um conteúdo específico do processo mental, tanto o cérebro como o corpo são afetados de maneira abrangente e profunda pelo conjunto coordenado desses comandos, resultando em uma mudança global e profunda no estado do organismo e na paisagem do corpo e do cérebro. Segundo Damásio (2000), o conjunto dessas mudanças constituirá o substrato para os padrões neurais que se tornarão sentimentos de emoção, em última instância.

### **Projetando Bio-Computadores Vestíveis para Interações Orgânicas**

A articulação transdisciplinar entre conceitos advindos dos estudos neurocientíficos aqui tratados, especificamente relacionados ao paradigma ambiente/ comportamento/ neurociência e ao processamento emocional no cérebro humano, e o campo do design dedicado ao projeto de bio-computadores vestíveis vem se apresentando um processo fértil à investigação e implementação de interações diretas entre o organismo do usuário e os sistemas computacionais contemporâneos, aqui tratadas como interações orgânicas.

Esta seção discute este potencial, por meio da prática projetual adotada no desenvolvimento dos computadores vestíveis *BioBodyGame* (2006-2008), *NeuroBodyGame* (2008-2010), *NeuroBodyMimeses* (2012-2013) e *NeuroGameGesture* (2012-2013) concebidos pelos designers Rachel Zuanon e Geraldo Lima.

Segundo Poissant (2009), as interfaces estão se tornando cada vez mais naturais, podendo assumir, alternadamente ou simultaneamente, funções extensíveis, esclarecedoras, reabilitadoras, filtradoras ou atuar como agentes de integração sinestésica. Para Bureaud (2003), as interfaces entendidas como órgãos sensoriais geram uma desconstrução dos modos usuais de percepção, como um tipo de fragmentação/deslocamento do corpo que leva à reflexão sobre estes modos de percepção, ao questionamento sobre a natureza do espaço no qual este corpo de insere e fundamentalmente a redefinir-se enquanto humano.

As interfaces também operam na “reabilitação” da sensorialidade esquecida, negligenciada ou perdida. Elas restauram ou restabelecem maneiras de perceber, incitar a conexão com os outros e com o mundo de maneira

diferente, mas permitem primeiro a redescoberta de dimensões e funções corporais que se tornaram obsoletas” (POISSANT, 2009, p. 85).

É neste contexto que se inserem os bio-computadores vestíveis, enquanto “agentes de mediações estáveis entre pensamento e matéria, pensamento e sensibilidade” (POISSANT, 2009, p.83), que expandem as noções de complexidade, afetividade e naturalidade a uma escala orgânica, na qual as informações neurofisiológicas (sinais biológicos) dos usuários são traduzidas em dados digitais, com vistas a configurar uma interação que responda ao seu estado emocional e corresponda ao estado do seu corpo naquele momento específico.

Os bio-computadores vestíveis constroem uma condição diferenciada de interação, regida pelo organismo do usuário, e englobam os estudos relacionados às interfaces biométricas funcionais, bem como às interfaces cérebro-computador, ambas focadas em viabilizar processos de comunicação entre homem-máquina e/ou entre homem-máquina-homem, pautados por uma relação co-evolutiva dos sistemas biológico e tecnológico. (ZUANNON, 2011).

As interfaces biométricas funcionais, a partir da aferição da variabilidade do SNA (sistema nervoso autônomo), proveem informações sobre o estado físico ou sobre o comportamento de quem as utiliza, reunindo os dados fisiológicos de modo contínuo, ou seja, sem ter que interromper a atividade do usuário. Para tanto, biossensores são utilizados como canais de entrada para um sistema de biometria funcional, tais como: sensor de resposta galvânica pela pele (SRG); sensor de pulsação do volume sanguíneo (SPVS); sensor de respiração (SR); e sensor de eletromiograma (EMG) (Ibidem).

Neste contexto, *BioBodyGame* (ZUANON; LIMA JR., 2008) constitui-se em uma interface wireless vestível para a interação biométrica funcional com games embarcados no sistema, na qual tanto os games quanto o computador vestível reagem à emoção do usuário no momento da sua interação. Para tanto, os seguintes parâmetros fisiológicos do interator são lidos durante a sua jogabilidade: variabilidade emocional; controle de ansiedade; resposta emocional; sistema nervoso simpático e parassimpático; oxigênio funcional; e frequência cardíaca. O mapeamento desses parâmetros é realizado e associado em tempo real às funcionalidades dos games, que passam a reagir em acordo com o estado fisiológico do jogador.

O controle de ansiedade consiste na capacidade que o indivíduo tem de se adaptar aos estímulos estressores que o circundam, sejam eles tanto de ordem física como psicológica. Este parâmetro fisiológico apresenta-se diretamente associado à reação neuro-emocional e à resposta neuro-emocional que o usuário do *BioBody-Game* apresenta no momento de sua interação com o jogo em questão. Ou seja, à reação do sistema nervoso autônomo do interator aos estímulos externos gerados pelo ambiente no qual este se encontra (reação neuro-emocional), como sons, barulhos, cheiros, estímulos visuais, percepções sensoriais; e à resposta do sistema nervoso autônomo aos estímulos internos (resposta neuro-emocional) gerados pelos pensamentos, sentimentos, emoções do indivíduo, bem como aos próprios estímulos gerados pela reação neuro-emocional.

A análise do controle de ansiedade, da reação neuro-emocional e da resposta neuro-emocional é realizada a partir da resposta eletro-dérmica associada à atividade simpática do usuário, captadas através do sensor de resposta galvânica pela pele (SRG). O espectro de análise varia entre 0 a 100%, compreendendo que a maior porcentagem indica um melhor controle de ansiedade pelo interator.

A aferição da variação do oxigênio funcional no sangue e da variabilidade cardíaca - que é determinada pela ativação ou inibição do Sistema Nervoso Autônomo (SNA) do usuário - e a própria análise funcional do SNA são realizadas através do sensor de pulsações do volume sanguíneo (SPVS), por meio do qual são captados o pulso, a velocidade, a frequência e a variabilidade do sinal óptico.

O índice barorreflexo propicia a análise da variação do oxigênio funcional no sangue em um espectro de 0 a 100%, compreendendo que a maior porcentagem indica variação fisiológica normal, ou seja, sem sinais significativos de alteração respiratória e de desgaste cognitivo e/ou de concentração.

Já o índice da variabilidade cardíaca permite a análise da variação da frequência cardíaca de acordo com o grau de estímulos ao qual o coração do indivíduo é submetido, a partir dos valores de referência -4 (mínimo) a +4 (máximo), sendo 0 (zero) o indicador de atividade cardio-funcional normal.

E as amplitudes simpática e parassimpática em conjunto com as frequências simpática e parassimpática propiciam a análise funcional do Sistema Nervoso Autônomo. Sendo as amplitudes indicadoras da capacidade individual dos Sistemas

Simpático e Parassimpático para o desempenho autonômico; e as frequências indicadoras do equilíbrio entre estes dois sistemas pelo estímulo autonômico.

As amplitudes simpática e parassimpática consistem na intensidade do desempenho dos Sistemas Simpático e Parassimpático, respectivamente, e variam em um espectro de 0 a 100%, no qual zero indica a intensidade mais baixa e 100 a mais alta.

Enquanto as frequências simpática e parassimpática indicam a quantidade de estímulos enviados pelo SNA para acionar as atividades simpática e parassimpática, respectivamente, e variam em um espectro de 0 a 100%, no qual zero indica a frequência mais baixa e 100 a mais alta.

Contudo, amplitudes e frequências simpática e parassimpática apresentam-se em uma relação inversamente proporcional. Por exemplo, quanto mais próxima a amplitude parassimpática estiver de 100%, melhor será o desempenho e/ou capacidade do SNA do indivíduo. Entretanto, quanto mais próxima de 100% estiver a frequência parassimpática, menores serão os estímulos enviados pelo SNA ao Sistema Parassimpático. Assim, no âmbito das frequências, o equilíbrio autonômico é indicado pelo índice igual ou próximo a 50%.

Assim, em *BioBodyGame*, a identificação e análise em tempo real de todos estes índices fisiológicos pelo computador vestível resultaram [Tabela 1]:

Ou seja, a jogabilidade torna-se facilitada ou dificultada a partir do estado emocional do usuário, bem como o computador vestível interpreta essas emoções e reage a elas alterando sua cor (frente/costas) e aplicando vibrações(costas).

Assim, um usuário com elevado controle do seu nível de stress/ansiedade, ou seja, extremamente calmo terá sua jogabilidade facilitada e o *BioBodyGame* reagirá, exibindo a cor azul. Já a cor verde denotará um controle padrão deste nível. Em contrapartida, um usuário tenso ou nervoso, ou seja, com pouco controle do seu nível de stress/ansiedade, terá sua jogabilidade dificultada e o bio-computador vestível reagirá alterando a sua cor para amarelo e aplicando uma vibração suave na área das costas. Enquanto, um usuário com nível elevado de tensão/ansiedade terá sua jogabilidade ainda mais dificultada e o *BioBodyGame* reagirá mudando sua cor para vermelho e vibrando com ainda mais intensidade.

**DIÁLOGO TRANSDISCIPLINARES: ARTE E PESQUISA / 147**

<b>Índices Fisiológicos Aferidos</b>	<b>Resposta do BioBodyGame</b>	<b>Resposta do Game</b>
Controle de Ansiedade (Reação e Resposta Neuro-Emocional): $\geq 90\%$ Variação do Oxigênio Funcional: $\geq 90\%$ Variabilidade Cardíaca: 0 (zero) Amplitudes Simpática e Parassimpática: $\geq 80\%$ e $\leq 100\%$ Frequências Simpática e Parassimpática: $\geq 45\%$ e $\leq 55\%$	Altera sua aparência, acionando a cor azul	Jogabilidade Fácil
Controle de Ansiedade (Reação e Resposta Neuro-Emocional): $\geq 80\%$ e $< 90\%$ Variação do Oxigênio Funcional: $\geq 80\%$ e $< 90\%$ Variabilidade Cardíaca: $\geq +1$ e $< +2$ Amplitudes Simpática e Parassimpática: $\geq 60\%$ e $< 80\%$ Frequências Simpática e Parassimpática: $> 55\%$ e $< 70\%$	Altera sua aparência, acionando a cor verde	Jogabilidade Satisfatória
Controle de Ansiedade (Reação e Resposta Neuro-Emocional): $\geq 70\%$ e $< 80\%$ Variação do Oxigênio Funcional: $\geq 70\%$ e $< 80\%$ Variabilidade Cardíaca: $\geq +2$ e $\leq +3$ Amplitudes Simpática e Parassimpática: $\geq 40\%$ e $< 60\%$ Frequências Simpática e Parassimpática: $\geq 70\%$ e $< 90\%$	Altera sua aparência, acionando a cor amarela e uma leve vibração nas costas do usuário	Jogabilidade Insatisfatória
Controle de Ansiedade (Reação e Resposta Neuro-Emocional): $< 70\%$ Variação do Oxigênio Funcional: $< 70\%$ Variabilidade Cardíaca: $> +3$ e $\leq +4$ Amplitudes Simpática e Parassimpática: $< 40\%$ Frequências Simpática e Parassimpática: $\geq 90\%$ e $\leq 100\%$	Altera sua aparência, acionando a cor vermelha e uma intensa vibração nas costas do usuário	Jogabilidade Difícil

Tabela 1. BioBodyGame – Correlações entre os parâmetros fisiológicos mapeados, o bio-computador vestível e o game

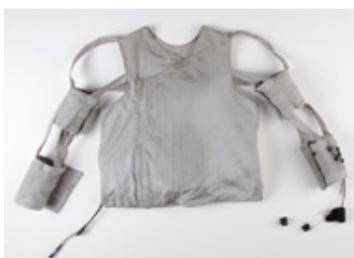


Fig. 2. Bio-Computador Vestível *BioBodyGame*. (© 2008, Zuanon & Lima Júnior)

O contexto das interfaces biométricas funcionais ganha perspectivas ainda mais complexas quando o substrato da informação biológica são os sinais cerebrais. Uma interface cérebro-computador (ICC) transforma os sinais eletrofisiológicos de reflexões da atividade do sistema nervoso central nos produtos pretendidos daquela atividade: mensagens e comandos que agem no mundo. Transforma um sinal, como um ritmo de EEG ou uma taxa de disparo neuronal proveniente de uma reflexão da função cerebral, no produto finalizado dessa função: uma saída que, como uma saída nos canais neuromusculares convencionais, realiza a intenção da pessoa. Uma ICC substitui nervos e músculos e produz movimentos com sinais eletrofisiológicos associados ao hardware e ao software que os traduzem em ações (ZUANON, 2011).

Neste sentido, *NeuroBodyGame* (ZUANON; LIMA JR., 2010) consiste em um computador vestível que permite ao usuário jogar games com os seus sinais cerebrais. Trata-se de uma interface *wireless* vestível para a interação do cérebro com os jogos embarcados no sistema, a partir de uma ICC independente e não-invasiva integrada ao seu sistema tecnológico. Por meio desta interface, o canal de saída do cérebro é o EEG e a geração deste sinal depende principalmente da intenção do usuário, e não da ação dos nervos periféricos e músculos [FABIANI et al., 1987; POLICH, 1999; DONCHIN, 2000]. Esta ICC capta a atividade cerebral do usuário como entradas espontâneas dos ritmos EEG no lobo frontal através de dois eletrodos dispostos nos canais F1 e F2, de acordo com o padrão 10-20.

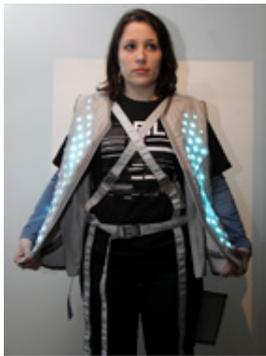


Fig. 3. Bio-Computador Vestível *NeuroBodyGame* (© 2010, Zuanon & Lima Júnior)

Como um upgrade do *BioBodyGame*, o *NeuroBodyGame* (NBG) ainda propicia o mapeamento e a associação da atividade cerebral do usuário às funcionalidades do game, que passa a reagir de acordo com o estado neurofisiológico do jogador. Ou seja, a jogabilidade responde às frequências das ondas cerebrais do usuários, tornando-se fácil ou difícil; do mesmo modo, o computador vestível interpreta essas atividades cerebrais e reage a elas, alterando sua cor (frente /costas) e aplicando vibrações (costas).

Especificamente, a atividade do cerebral do usuário no período de frequências entre 9 e 13 Hz facilita a jogabilidade do interator e o NBG reage exibindo a cor azul. A detecção de ondas cerebrais nas frequências entre 14 a 21 Hz, resulta na cor verde. Para o período de frequências entre 22 a 30 Hz, a jogabilidade do usuário revela-se mais difícil, e o NBG altera sua cor para amarelo e aplica uma suave vibração na área das costas. Enquanto as frequências de ondas cerebrais entre 31 a 40 Hz tornam a jogabilidade do usuário ainda mais difícil e o NBG responde, alterando sua cor para vermelho e vibrando ainda mais intensamente.

É importante enfatizar que, em ambos os computadores vestíveis (BBG e NBG), os códigos fonte dos games são abertos – uma característica fundamental para garantir a plena remodelagem da programação e a integração dos controles dos games com o sinais fisiológicos e a atividade cerebral dos usuários.

Tal contexto ainda se aplica projeto dos computadores vestíveis *NeuroBodyMimeses* (2012-2013) e *NeuroGameGesture* (2012-2013), também



Fig. 4. Bio-Computador Vestível *NeuroBodyMimeses* (© 2012, Zuanon & Lima Júnior)

concebidos pelos designers Rachel Zuanon e Geraldo Lima e que, neste momento, encontram-se em fase avançada de desenvolvimento. Como um dispositivo voltado à interação social, *NeuroBodyMimeses* propicia ao seu usuário mimetizar o ambiente que o circunda, a partir da detecção e interpretação do seu estado emocional. Ou seja, em situações de elevada ansiedade e stress, este computador vestível modifica sua aparência, mimetizando os padrões visuais do espaço no qual seu usuário se encontra. Com isto, intenciona-se atribuir ao organismo do interator a “regência” de sua visibilidade ou invisibilidade social no meio físico, desobrigando-o de iniciar um diálogo, ou enfrentar situações confrontantes, quando não se encontra, do ponto de vista neurofisiológico, preparado para tal.

Já *NeuroBodyGesture* possibilita a interação gestual com games associada às alterações de forma física do computador vestível, sincronizadas ao estado emocional de seu usuário, bem como à narrativa, e aos respectivos desafios do jogo digital em questão. Com isto, pretende-se propiciar níveis de interação cada vez mais complexos entre o organismo do usuário, seus movimentos físicos, a interface vestível e os elementos que constituem um game – personagens, cenários, feedbacks e jogabilidade.

A concepção destes quatro computadores vestíveis parte do princípio de que

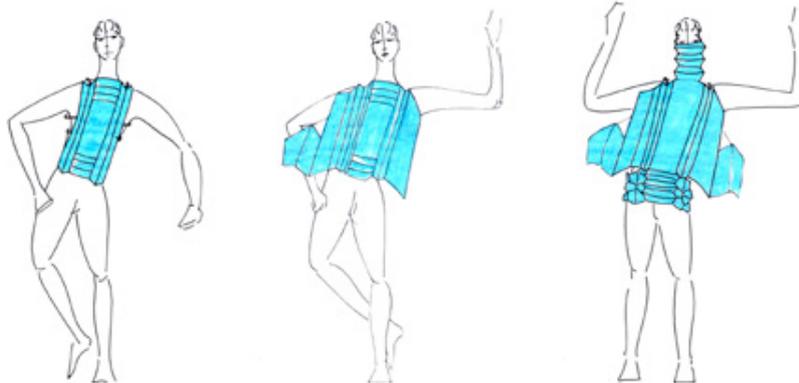


Fig. 5. Bio-Computador Vestível *NeuroGameGesture* (© 2012, Zuanon & Lima Júnior)

“a emoção e o mecanismo biológico que a fundamenta são o acompanhamento obrigatório do comportamento, consciente ou não” (DAMÁSIO, 2000, p.83). Ou seja, sempre algum nível de emoção acompanhará necessariamente os pensamentos que alguém tem acerca de si mesmo ou daquilo que o cerca (ibidem). Assim, “os pensamentos e as emoções influenciam as funções de todos os órgãos. Isso ocorre devido à comunicação bidirecional entre o sistema nervoso e o sistema imunológico” (LUNDY-EKMAN, 2004, p.366).

Neste sentido, uma reação individual às experiências pode perturbar a homeostase<sup>2</sup>; e configurar a denominada resposta ao estresse, responsável pelo aumento de força e energia do organismo para lidar com a situação. Segundo Lundy-Ekman (2004), três sistemas criam a resposta ao estresse: sistema nervoso somático, sistema nervoso autônomo e sistema neuroendócrino. Nesta condição, a atividade do neurônio motor

2. A homeostasia descreve um conjunto de “processos de regulação e, ao mesmo tempo, o resultante estado de vida bem regulada” (Damásio, 2004, p.37-38), tais como: encontrar fontes de energia; incorporar e transformar energia; manter, no interior do organismo, um equilíbrio químico compatível com a vida; substituir os subcomponentes que envelhecem e morrem de forma a manter a estrutura do organismo; e defender o organismo de processos de doença e de lesão física.

aumenta a tensão muscular (sistema nervoso somático); a atividade simpática aumenta o fluxo sanguíneo para os músculos e diminui o fluxo sanguíneo para a pele, rins e trato digestivo (sistema nervoso autônomo); a estimulação nervosa simpática da medula da supra-renal provoca a liberação de epinefrina na corrente sanguínea. A epinefrina aumenta a frequência cardíaca e a força contrátil do coração, relaxa a musculatura lisa intestinal e aumenta o metabolismo (sistema neuroendócrino) (Ibidem).

Neste contexto, um conceito de significativa relevância e que também permeia a confecção dos quatro bio-computadores vestíveis como um todo se encontra na possibilidade de seu uso por corpos de diversos biotipos. Isso significa que os bio-computadores vestíveis podem ser expandidos ou contraídos de forma a se ajustarem ao corpo do usuário, de modo a preservar o conforto do interator. Uma vez que qualquer possibilidade de desconforto pode alterar os sinais fisiológicos e cerebrais do jogador e, conseqüentemente, comprometer a informação orgânica aferida.

O conceito norteador para a distribuição de todos os itens no interior destes quatro bio-computadores vestíveis está em considerar que sua estrutura interna reproduz o interior de um corpo humano, tomando o cérebro como ponto principal, de onde partem e chegam os estímulos nervosos responsáveis pelo funcionamento do corpo. A partir deste entendimento, na face frontal dos vestíveis localizam-se os eletrodos e sensores responsáveis por medir os sinais neurais e fisiológicos do usuário. Ainda, tendo o corpo humano como referência, sobre a coluna vertebral e medula reproduz-se o encadeamento dos condutores elétricos, que permitem o envio de informações para as demais áreas dos vestíveis. "Estamos agora prevendo roupas com funções mais complexas. O vestuário se torna um sensor para a gravação de informações corporais e trocas crescentes com o ambiente" (POISSANT, 2009, p.83).

Tais articulações entre os conceitos advindos da neurociência e do design para a criação e o desenvolvimento destes quatro bio-computadores vestíveis envolvem uma equipe transdisciplinar composta por designers, artistas, médicos e engenheiros, o que proporciona o encontro e a troca única de conhecimento entre áreas específicas de formação, que se apresentam totalmente articuladas e integradas no resultado final do produto.

### **Conclusão**

A articulação transdisciplinar entre neurociência e design revela-se um campo promissor de investigação e desenvolvimento projetual ao apontar caminhos para uma interação cada vez mais natural entre o organismo humano e os sistemas computacionais contemporâneos, ou seja, em sinergia com o corpo humano - tanto no âmbito físico, quanto funcional.

Ao proverem o uso das bio-computadores vestíveis por diferentes biotipos, preservando o conforto destes, os computadores vestíveis *BioBodyGame*, *NeuroBodyGame*, *NeuroBodyMimeses* e *NeuroBodyGesture* não apenas proveem a uma relação diferenciada entre o indivíduo e a tecnologia, subsidiada pela leitura, interpretação e associação dos dados neurofisiológicos para o controle de comandos. Eles propiciam um encontro entre os sistemas biológico e tecnológico para a criação colaborativa, incluindo usuários com distintos comportamentos culturais, modos de percepção e apreensão do mundo.

Neste sentido, os entendimentos advindos do paradigma ambiente/comportamento/ neurociência e do processamento emocional no cérebro humano aqui abordados em diálogo com o design de bio-computadores vestíveis ampliam o potencial projetual de computadores vestíveis, assim como as perspectivas futuras de comunicação homem-computador-ambiente.

Para tanto, o trabalho conjunto e colaborativo entre designers e neurocientistas mostra-se fundamental para subsidiar e alicerçar a realização de pesquisas transdisciplinares que efetivamente cooperem e contribuam ao avanço de soluções projetuais e ao desenvolvimento de produtos capazes de identificar e responder adequadamente às necessidades orgânicas e emocionais do usuário.

### Referências

- BUREAUD, A. *Pour une typologie des interfaces artistiques. Interfaces et Sensorialité*. Stefoy: Presses de l'Université du Québec, 2003.
- CHANGEUX, J. P. *Neuronal Man*. Princeton: Princeton University Press, 1985.
- DAMASIO, A. R. *Descartes' Error: Emotion, Reason, and The Human Brain*. New York: G. P. Putnam's Sons, 1994.
- \_\_\_\_\_. *Em busca de Espinosa: prazer e dor na ciência dos sentimentos*. São Paulo: Companhia das Letras, 2004.
- \_\_\_\_\_. *O Mistério da Consciência: do corpo e das emoções ao conhecimento de si*. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.
- DONCHIN E.; SPENCER K. M.; WIJESINGHE R. The Mental Prosthesis: Assessing the Speed of a P300-Based Brain-Computer Interface. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, v.8, n.2, 2000, p.174-179.
- EBERHARD, J.; PATOINE, B. Architecture with the Brain in Mind. *Cerebrum* v.6,n.2, 2004, p.71-84.
- FABIANI, M.; GRATTON, G.; KARIS, D.; DONCHIN, E. Definition, Identification and Reliability of the P300 Component of the Event-Related Brain Potential. In P. K. Ackles, J. R. Jennings, M. G. H. Coles (Eds.), *Advances in Psychophysiology* (p. 1-78). Greenwich, CT: JAI Press, 1987.
- GAZZANIGA, M. S. *The Mind's Past*. Berkeley, CA: University of Califórnia Press, 1998.
- GLOOR, P. Role of the human limbic system in perception, memory, and affect: Lessons from temporal lobe epilepsy. In B. K. Doane, K. E. Livingston (Eds.) *The limbic system: Functional organization and clinical disorders*. (p.159-169). New York: Raven Press, 1986.
- LUNDY-EKMAN, Laurie. *Neurociência: Fundamentos para Reabilitação*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- OLIVEIRA, L.; PEREIRA, M. G.; VOLCHAN, E. Processamento Emocional no Cérebro Humano, In Roberto Lent (org.) *Neurociência da Mente e do Comportamento*. (p. 253-269). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

- POISSANT, L. A Passagem do Material para a Interface. In Diana Domingues (org.) *Arte, Ciência e Tecnologia: Passado, presente e desafios*. p. 71-90. São Paulo: Editora UNESP, 2009.
- POLICH, J. P300 in Clinical Applications. In E. Niedermeyer, F. H. Lopes da Silva (Eds.), *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications and Related Fields* (p. 1073-1091). Baltimore, MD: Williams and Wilkins, 1999.
- RAMACHANDRAN, V. S.; BLAKESLEE, S. *Phantoms in the Brain: Probing the Mysteries of the Human Mind*. New York: William Morrow and Company, 1998.
- VARELA, F. J.; THOMPSON, E.; ROSCH, E. *A mente incorporada: ciências cognitivas e a experiência humana*. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- YOUNG, A. W.; AGGLETON, J. P.; HELLAWELL, D. J. Face processing impairments after amygdalotomy. *Brain*, v.118, 1995, p.15-24.
- ZEISEL, J. *Inquiry by Design: Environment/Behavior/Neuroscience in Architecture, Interiors, Landscape, and Planning*. New York: Norton, 2006.
- ZUANON, R. Bio-Interfaces: designing wearable devices to organic interactions. In Anna Ursyn (org.). *Biologically-Inspired Computing for the Arts: Scientific Data through Graphics* (p. 1-17). Pennsylvania: IGI Global, 2011.
- ZUANON, R.; LIMA Jr., G.C. (2008). BioBodyGame. Retrieved November 08, 2012, from <<http://www.rachelzuanon.com/biobodygame>>.
- ZUANON, R.; LIMA Jr., G.C. (2010). NeuroBodyGame. Retrieved November 08, 2012, from <<http://www.rachelzuanon.com/neurobodygame>>.