

Ver com as mãos e dar à luz um mundo: a Tecnologia 3D e suas possibilidades cognitivas para pessoas cegas

João E. C. Sobral¹, Marli T. Everling² e Anna L. M. S. Cavalcanti³

Resumo: O Laboratório HOMERO 3D é vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade da Região de Joinville (PPGDesign/Univille), e ao grupo de Pesquisa ÍRIS, que investiga métodos de fabricação digital e da produção de imagens fotográficas adstritas ao contexto do artefato tridimensional nas dimensões da concepção, desenvolvimento e do ensino e aprendizagem do design. O Laboratório visa fomentar pesquisas técnico-científicas com foco na impressão 3D e no seu potencial como recurso facilitador do ensino de pessoas cegas. Os estudos obtidos até então, fortalecem a percepção de que, a popularização, aprimoramento e a redução de custo da impressora 3D amplia a potencialidade para o desenvolvimento de atividades comunicacionais e educacionais voltadas para pessoas cegas no que se refere a: percepção gráfico-formal e memória; configuração de conceitos abstratos; a conversão da impressão textual em sinais sonoros; e por fim, a potencialização da aprendizagem de conceitos educacionais, reduzindo o nível de abstração. Ao longo desse artigo discute-se o sentido tátil, a percepção e cognição, a fim de compreender o processo de aprendizagem de pessoas cegas, e das possíveis contribuições da impressão 3D na educação gráfica e na dinâmica do ‘ver’ com as mãos. Os resultados obtidos visam apoiar atividades de pesquisa, ensino e extensão, e o planejamento das ações dos grupos de pesquisas associados ao PPGDesign Univille.

Palavras chave: Laboratório Homero 3D - tecnologia 3D - Processo Cognitivo - Percepção tátil - Cegos.

[Resumos em espanhol e inglês na página 192]

⁽¹⁾ Doutor em Design e Sociedade pela PUC-Rio (2011). Mestrado em Educação pela FURB-Fundação Universidade Regional de Blumenau (2002). Graduado em Comunicação Visual pela Universidade Federal de Pernambuco (1983). Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design na Universidade da Região de Joinville, Santa Catarina.

⁽²⁾ Doutora em Design e Sociedade pela PUC-Rio (2011), Mestre em Engenharia de Produção (2001) pela Universidade Federal de Santa Maria e graduada em Desenho Industrial (1998) pela mesma instituição. Professora titular do Curso de Design da Universidade da Região de Joinville/Univille e do Programa de Pós-graduação/PPGDesign, na qual atua em atividades de coordenação, ensino, pesquisa e extensão.

⁽³⁾ Mestre em Industrial Design com enfoque em Biônica pelo Centro Ricerca do Istituto Europeo di Design-IED-Milão-Itália (1992). Graduada em Desenho Industrial pela Universidade Federal de Pernambuco (1983).

Introdução

O Laboratório HOMERO 3D, vinculado ao Programa de Pós-graduação em Design da Universidade da Região de Joinville/Univille, foi criado em 2014 com a intenção de fomentar pesquisas técnico-científicas com foco na impressão 3D e no seu potencial como recurso facilitador do ensino de pessoas cegas. O nome do Laboratório homenageia Homero, o poeta grego autor de *Ilíada* e *Odisséia*. Embora sua existência não seja confirmada, estudos sobre sua obra registram a possibilidade de tratar-se de um autor cego que, como tantos outros, oriundos da tradição oral, contribuiu para a cultura da humanidade.

O Laboratório está vinculado ao grupo de Pesquisa ÍRIS e ao Projeto: 'Estudo comparativo dos métodos de fabricação digital e da produção de imagens fotográficas adstritas ao contexto do artefato tridimensional nas dimensões da concepção, desenvolvimento e do ensino e aprendizagem do design' (financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq); conta também com a participação do Grupo de Pesquisa ETHOS que, entre seus objetivos, visa investigar as relações de uso, incluindo aspectos cognitivos e do design como suporte ao desenvolvimento de produtos e serviços. Com esta configuração, o Laboratório Homero 3D tem realizado pesquisas e experimentos no campo da tecnologia de impressão tridimensional com vistas à soluções para a interação e inclusão social de indivíduos com deficiência visual e ou pessoas cegas. O Laboratório dispõe de um espaço virtual inter-institucional para o compartilhamento de informações sobre o envolvimento do grupo com organizações, publicações e projetos de conclusão de curso, tanto do mestrado como da graduação em design.

Como ação permanente, o grupo tem publicado suas pesquisas em formato de artigos, no intuito de sensibilizar a comunidade acadêmica para um tema de tamanha importância e atualidade. Ao longo do tempo, observou-se que atitudes como estas contribuem com intervenções coletivas, que fazem com que a inclusão de pessoas cegas adquira relevância cotidiana nos âmbitos que sustentam estas próprias ações, como no campo da legislação, da empregabilidade, da acessibilidade, da habitação, do consumo, da educação.

O Laboratório Homero 3D tem se concentrado, portanto, em gerar conhecimento compartilhado e focado em ações de repercussão e multiplicação de abordagens que caminhem em direção à propostas inclusivas com o uso das novas tecnologias de produção de artefatos.

Os estudos recentes do Homero 3D fortalecem a percepção de que, a popularização, aprimoramento e a redução de custo da impressora em três dimensões, apresenta potencialidade para o desenvolvimento de atividades comunicacionais e educacionais voltado para pessoas cegas no que se refere a: percepção gráfico-formal e memória; configuração de conceitos abstratos; a conversão da impressão textual em sinais sonoros; e por fim, a potencialização da aprendizagem de conceitos educacionais, reduzindo o nível de abstração.

Em artigo publicado no 15º Congresso Internacional Ergodesign/USIHC, dentre os resultados alcançados naquela ocasião, destacou-se a compreensão que, embora o início dos estudos relacionados ao processo cognitivo de pessoas cegas remeta ao século XVIII, ainda há muitas questões a serem respondidas, o que significa, para a equipe do HOMERO 3D, uma oportunidade de contribuir com a produção de conhecimento adentrando e conectando o processo cognitivo de pessoas cegas às potencialidades de novas tecnologias, argumento que motivou o aprofundamento dos estudos e discussões no intuito de orientar ações futuras no Laboratório reportadas neste artigo.

As intenções do Laboratório e das discussões centradas na tecnologia 3D (e suas possibilidades cognitivas para pessoas cegas que se estabelece ao longo deste relato) estão em consonância com uma visão mais inclusiva de Design, que ganha relevância com o processo de revisão do reposicionamento do World Design Organization (WDO)™, anteriormente Conselho Internacional de Sociedades de Design Industrial (ICSID), ao estabelecer como missão “promover e compartilhar o conhecimento de design orientado para a inovação considerando a criação de um mundo melhor” (WDO, 2017). Alinhado aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas - SDGS, o processo de design pode proporcionar uma nova perspectiva na agenda de desenvolvimento internacional, priorizando o respeito pelo usuário e ao meio ambiente. “O design para um mundo melhor é o próprio ethos da próxima geração de designers, que estão colocando as necessidades humanas em primeiro lugar, atingindo o equilíbrio certo entre pessoas, planeta e lucro” (WDO, 2017).

Os Sentido Visual e Tátil, e, Aspectos Perceptivos e Cognitivos da Aprendizagem de Pessoas Cegas

A comunicação e a educação estruturam-se a partir de códigos compartilhados por sujeitos envolvidos em processos linguísticos, gráficos e formais construídos a partir dos sentidos. É por meio dos instrumentos dos sentidos que se realiza o contato com aquilo que, comumente, é chamado de realidade, e é por meio desses mesmos sentidos que depende a sobrevivência de qualquer ser vivo.

Os processos cognitivos são edificados a partir dos dados obtidos por meio dos estímulos sofridos pela rede de sentidos. Aristóteles, no século VI a.C., já intuía esta relação ao afirmar que nada existia no intelecto que não tivesse existido antes nos sentidos. Para ele, embora os estímulos estivessem ligados aos sentidos, era no cérebro que se dava a sensação. Este posicionamento teórico se opunha ao posicionamento de Platão que acreditava em ideias inatas, pois não existiria nada no mundo sensível que não antes se revelasse no mundo das ideias. Estes dois posicionamentos teóricos exerceram forte impacto na construção do conhecimento sobre os sentidos humanos, nos séculos subsequentes.

Dentre os cinco sentidos mais estudados cientificamente, se destacam a visão, a audição e o tato, que se tornaram instrumentos sensoriais de alta precisão. O olfato, no processo evolutivo, diminuiu o seu destaque; da mesma forma aconteceu com o paladar, que em sua complexidade tornou-se mais voltado ao prazer que a sobrevivência.

Berger (2000, p. 13), justificando a importância da visualidade, afirma que “a vista chega antes das palavras, pois uma criança vê antes de falar”, mas esta predominância sensorial leva o ser humano a um perigoso equívoco entre o ver e o conhecer, e com o objetivo de estabelecer encadeamento entre estas duas ações, constantes estudos são empreendidos, com domínios repletos de questionamentos e múltiplos caminhos investigativos a serem percorridos.

O ver é a ação geradora na produção de imagens e na decodificação de formas para os videntes; porém, o mesmo ocorre com as imagens resultantes do tato no universo das pessoas cegas. São estas imagens a matéria da interpretação ou da produção formal de mundos. Com base nesta premissa conclui-se que, independente da predominância de um sentido sobre outro, a produção imagética se efetiva, pois a mesma é fruto da articulação dos dados gerados a partir de quaisquer dos sentidos. Do ponto de vista humano, conclui-se que elaborar imagens e formas, codifica-las em múltiplas linguagens, caracteriza o ser, em seu humano ato como produtor de conhecimento.

Na cultura ocidental a centralidade da visão é incontestável, principalmente a partir da invenção da perspectiva no Renascimento e da construção da Modernidade, onde o olho humano é colocado como ponto de partida para todas as formas imagéticas, e a partir desta visão homocêntrica reestruturam-se os espaços, as redes de comunicação, o conhecimento e as linguagens da própria subjetividade (Crary, 2012).

A cognição dividida, em sua origem, pelo pensamento platônico e aristotélico, presa à concepção de ideia inata ou de távola rasa, vai além e abrange: sensibilizações dos sentidos ou das imagens e representações gráfico-formais geradas, pois inclui complexos processos que envolvem a consciência, o pensamento, a emoção e a percepção; ações de materialidade descobertas a partir de caminhos topográficos do cérebro; evidências físico-química; e, atividades nervosas e das variações dos fluxos sanguíneos regional (Meyer, 2002).

Técnicas contemporâneas como os exames por imagem, dentre eles, a ressonância magnética, ultra sonografia e a ecografia tridimensional, permitem afirmar que dezenas de bilhões de neurônios que constituem o cérebro, funcionam com modificações materiais perceptíveis.

A expansão do ser vivo depende da complexidade, diversidade e adaptabilidade dos aparelhos sensoriais e das respectivas áreas cerebrais de recepção. As células sensíveis à intensidade de luz, transmitem informações visuais ao tronco cerebral pelo nervo óptico ou especificamente pelos tubérculos quadrigêmeos, onde, entre outras funções, é realizada a triagem, separando o que aparece na retina e o que é efetivamente visto ou capturado por ela. É nesta área que os neurônios da visão e da audição se inter-relacionam entre si e especialmente, por meio dos nervos centrífugos, aos músculos do pescoço e dos globos oculares. Esta parte do cérebro, por ser uma das mais antigas, compõem o sistema de alarme (Meyer, 2002).

A percepção visual completa não ocorre no tronco cerebral, pois neste encontra-se ainda um corpo neuronal limitado; nele a informação é irradiada e dependendo da complexidade e de sua natureza serão analisadas por neurônios especializados, como afirma Meyer (2002, p. 40):

O dado visual enriquece-se mediante evocações, comparações e amálgamas permitidos pelo contato dos neurônios visuais ou terminações nervosas vindas de outras regiões cerebrais, sensoriais, sensitivas ou mnêmicas. Comparações, classificação e interpretação das sensações visuais combinam numa percepção que, no essencial, é a mesma para todos, pois os troncos principais do circuito neuronal são uma propriedade de espécie. Percepção cuja universalidade absoluta não podemos afirmar, em razão da multiplicidade e da complexidade das interferências adquiridas e das variações discretas do genoma individual.

Por fim as informações são irradiadas para o córtex occipital, onde são registradas, integradas e sintetizadas. O sistema somatossensorial, como no complexo visual, também engloba sensações modeladas pelo reconhecimento e pela hierarquia cerebral, sofrendo influência de inúmeros fatores relacionados aos sentidos. Os receptores são outros e em distintas localizações, mas não menos complexos. A pele, por meio dos milhões de células em forma de sensores e espalhados na superfície, coloca os seres humanos em constante comunicação com o mundo e por meio destes sensores é possível perceber textura, temperatura, pressão e sensações de dor ou mesmo o prazer, pois as interações físicas intermediam relações afetivas entre pessoas.

Os sensores cutâneos encontram-se espalhados na derme e epiderme, e permitem que os movimentos de exploração não só aumentem o campo perceptivo, mas concentrem-se na extração das propriedades dos objetos. Pode-se inferir, portanto, que o tato se refere as respostas provocadas por estímulos à receptores cutâneos que provocam diferentes sensações como, pressão, vibração, temperatura, movimento, direção do objeto sobre a pele, dentre outros. Assim, é possível por meio do toque provocar estímulo mecânico cutâneo, enquanto os grupos de receptores respondem de maneira peculiar (Kandel et al., 2014). No entanto, a qualidade da informação obtida pelos receptores não tem a mesma precisão em toda a superfície corporal, pois a resposta sensorial depende do tamanho do campo receptivo e da densidade deste. Por este motivo que se tem mais sensibilidade nas pontas dos dedos indicador e médio que no demais dedos da mão, pois nestes dois há maior densidade de receptores.

Assim, o roçar revela a textura de superfícies; a pressão fornece a dureza ou rigidez do material; o envolvimento estático oferece uma imagem especular e uma impressão global da forma, tamanho e textura; o envolvimento dinâmico e o seguimento digital dos contornos permitem a percepção da forma exata; a elevação permite a percepção do peso. Estes aspectos não são caracterizados simultaneamente por meio do tato mas, sim, sucessivamente e de forma muito mais lenta que no processo visual, mas nem por isso menos eficiente. Nos estudos neurocientíficos, se admite que o toque, ou o reconhecer por meio do tato, pode acontecer de forma direta ou indireta, em outras palavras, ativo ou passivo. Esta diferença é instituída a partir da intenção cognitiva, ou seja, quando toca-se o objeto ou se é tocado por ele (Kandel et al., 2014). Desta forma a percepção tátil ativa supõe o envolvimento da informação cutânea e cinestésica, fundamental no processamento e organização imagética (Liberto, 2012).

Os impulsos somestésicos ou as informações dos receptores cutâneos são levadas ao tálamo, por meio de fibras aferentes primárias da via sensorial, usando para isso a coluna

dorsal e ântero-lateral. Do tálamo, estas informações são enviadas ao córtex somestésico primário, que associado a outras áreas cerebrais, provocam um processo de intergeração, soma ou ampliação destas informações com outras áreas neuronais. Pode-se concluir, portanto, que estímulos sensoriais em forma de sensações produzidas nos receptores não significam, necessariamente, percepção. A percepção depende da experiência mental que envolve memória, cognição e consequentemente, o desencadear de ações capazes de atribuir significados aos estímulos sensoriais.

Diderot, já em 1749 em sua obra 'A Carta Sobre os Cegos, endereçada àqueles que enxergam', dedicou-se a reflexão sobre a relação entre visão, tato e aquisição do conhecimento. De acordo com Adell (2010, p. 35) a intenção de Diderot foi descrever, compreender e interpretar os fenômenos que se apresentam à visão e à falta dela, para desta forma conceber como se dá a contribuição dos sentidos para a aquisição do conhecimento e as relações de intercâmbio entre eles, e ainda definir qual o lugar que a experiência ocupa na vinculação que existe entre os sentidos e o conhecimento. Diderot considera que a cegueira deixa de ter um interesse pela mera distinção de figuras/formas e passa a ter seu foco principal em como uma pessoa cega pensa, sente e adquire conhecimento com o mundo exterior.

Para Adell (2010, p. 46) "Diderot constata a superioridade do cego em numerosos domínios tais como nas suas definições e conceitos, bem como com relação à sua memória para sons". Constatação que o leva a prisão por ferir a crença contrária da sociedade francesa do século XVIII. Diderot ao longo do texto, por várias vezes reconhece que, "...o auxílio que nossos sentidos se prestam mutuamente os impedem de aperfeiçoar-se", e uma conclusão a qual chega é que, o fato de possuímos múltiplos sentidos, não nos garante uma percepção mais apurada e aguçada.

Em uma abordagem sistêmica da vida, mente e consciência são considerados processos. Capra e Luisi (2014) apoiados em Bateson, Maturana e Varela, discutem a mente, a consciência e a cognição a partir desta perspectiva. O aspecto central da concepção de cognição expressa por Varela considera que um sistema vivo tem autonomia para decidir o que deve perceber:

As mudanças estruturais no sistema constituem atos de cognição. Ao especificar quais perturbações vindas do ambiente desencadeiam mudanças, o sistema especifica a extensão do seu domínio cognitivo; ele 'dá à luz a um mundo', como expressam Maturana e Varela. Desse modo, a cognição não é uma representação de um mundo que existe independentemente, mas sim um contínuo dar à luz a um mundo, por meio do processo de viver. [...] Nas palavras de Maturana e Varela, 'viver é saber'. A medida que um organismo vivo realiza seu percurso individual de mudanças estruturais, cada uma destas mudanças corresponde a um ato cognitivo, e isso significa que a aprendizagem e o desenvolvimento são apenas dois lados da mesma moeda (Capra e Luisi, 2014, p. 318-319).

O viver se dá, portanto, no relacionar-se com um mundo, estando em pleno processo de auto-construção, pois faz parte da característica humana responder a um sistema auto-poético. Na Epistemologia, proposta por Maturana e Varela (1995), os processos cognitivos vão além da complexidade cerebral e da evolução dos órgãos sensoriais; ultrapassam

a relação tradicionalmente construída entre o sujeito, como observador, e o objeto, como realidade externa. Tomar como ponto de partida, o observador como um sistema vivo, implica em envolver, a priori, os processos biológicos e verificar que os sistemas sensoriais não permitem distinguir com precisão, o que é ilusão ou percepção; assim sendo, tanto a cognição quanto a percepção, são influenciadas pelas correlações biológicas que não agem diretamente influenciadas pelo meio; agem, também a partir da experiência que é determinante na construção de mundo ou no conhecer.

A experiência desenvolve, nesta teoria, um papel central na interdependência do ser com o meio. Pode-se imaginar, portanto, o quanto pessoas cegas, dependem da descrição da experiência para conhecer ou ter acesso ao conhecimento ligado à visão e características gráfico-formais dos objetos. Entretanto, Maturana (2001) afirma que não se pode confundir a experiência com sua explicação, pois esta, nada mais é do que a reformulação de si própria, e desta forma, está intimamente ligada ao observador que a relata. Assim, a experiência está ligada à todos os domínios explicativos possíveis, e sua validade depende, tanto de quem a constrói, como do observador que a escuta.

Maturana e Varela (1995) preferem usar o termo observador à sujeito, como contraponto ao objeto. Contudo, pode-se inferir no decorrer do texto, que não é um termo excludente e não se restringe apenas aos videntes, mas trata o observador de forma ampla, que inclui os cegos. O termo abrange, assim, aquele que ‘olha com as mãos’ e que muitas vezes considera o vidente pouco sensível ao ‘ver’. Assim sendo, para o cego, o conhecer está também intimamente ligado ao tocar, ‘ver com as mãos’, além da relação social com o outro. Diderot (2000, p. 21) em entrevista a um cego, perguntou-lhe se gostaria ter olhos e ele respondeu:

[...] se a curiosidade não dominasse, disse, preferiria braços compridos: parece-me que minhas mãos me instruíram melhor o que se passa na lua que os olhos ou os telescópios de que vocês dispõem; além disso, os olhos cessam antes de ver do que as mãos de tocar. Valeria muito mais, portanto, que se aperfeiçoasse em mim o órgão que tenho do que me conceder aquele que me falta.

A inclusão dos fatores biológicos nos estudos da cognição, propostos por Maturana e Varela (1995), sugere a impossibilidade de ‘vermos’ o mundo por meio da experiência, pois o conhecimento possível é o de ser visto em um mundo construído com o outro. Nessa proposição, é mais importante conhecer o conhecer que o próprio conhecimento em si; em outras palavras, o conhecer é comprometimento, pois as estruturas biológicas ou socioculturais que definem a experiência de mundo, são construídas a partir de estímulos a receptores existentes, com suas múltiplas limitações.

As estruturas perceptivas se modificam com a alteração do meio e impactam diretamente na cognição que é, ao mesmo tempo, um fenômeno biológico. Assim a interação afeta o sistema nervoso, dotado de plasticidade e isso ocorre constantemente por meio da linguagem, que é um instrumento cognitivo. Condição que situa o observador na imaginária pergunta de um peixe, indagando-o sobre o que é a água.

[...] cegos diante da transcendência de nossos atos, fingimos que o mundo tem um vir-a-ser independente de nós, justificando assim nossa irresponsabilidade

e confundindo a imagem que buscamos projetar, o papel que representamos, com o ser que verdadeiramente construímos em nosso viver diário (Maturana e Varela, 1995, p. 264).

Pois é na linguagem que se dá a reflexão e onde encontra-se o ser e o fazer humano, e fora dela nada existe. A linguagem depende da aceitação do outro e é construída no campo do convívio social. A teoria de Maturana e Varela propõe uma perspectiva diferente sobre as ciências cognitivas quando propõem a análise das relações entre biologia humana, linguagem, cognição e os processos psicológicos como razão, consciência e emoção. O valor da emoção no processo cognitivo também é objeto de estudo dos irmãos Chabot e Chabot (2005, p. 69) que a caracterizam como sendo de ordem biológica e química e preponderante no processo de aprendizagem afetando a atenção, a percepção, a capacidade de ajuizamento, a memória de trabalho, o raciocínio e o comportamento (incluindo a corporalidade).

Ao abordar o sistema tátil de crianças cegas ou de crianças com baixa visão, Lima e Silva (2000) destacam a relevância dos estudos de Heller e retomam algumas de suas indagações levantadas sobre a relação entre os sistemas tátil e visual adicionando questionamentos próprios dentre as quais destacamos: A modalidade pela qual obtemos a informação tem importância? Pessoas cegas imaginam os objetos da mesma forma que nós, videntes? Qual a natureza de seu imaginário? As imagens mentais são necessárias para alguns tipos de compreensão espacial? Como são as representações mentais de pessoas cegas, produzidas a partir de objetos descritos por pessoas não-cegas, uma vez que estas usam representações próprias de quem está vendo? Como são as representações mentais de 'objetos' amorfos (chuva, por exemplo) feitas pelos cegos? Que processos são usados para compensar o limite imposto pela falta parcial ou total da visão? A partir destas indagações os autores destacam a relevância do sentido tátil e das mãos e apontam a existência de uma lacuna de pesquisa tanto em relação a produção de conhecimento novo, quanto ao uso das informações disponíveis para o desenvolvimento de tecnologia apropriada às necessidades desses indivíduos; consideram, ainda, que o tato é hábil no reconhecimento de padrões 3D e, adicionalmente, oferece informações que não podem ser decodificadas pela visão como temperatura, textura e grau de lisura ou aspereza (Lima e Silva, 2000, web).

Para Griffin e Gerber (1996, web) a modalidade tátil vai além do sentido do tato e se constitui em sistema amplamente confiável, na medida em que fornece informações a respeito do ambiente, ainda que menos refinadas que as fornecidas pela visão. As informações obtidas por meio do tato requerem aquisição e regulação sistemática para que os estímulos ambientais sejam significativos. Os autores destacam que a ausência da modalidade visual requer foco no pleno desenvolvimento tátil e que a primeira fase deste desenvolvimento é a consciência das qualidades dos objetos como texturas, temperaturas, superfícies vibráteis e diferentes consistências.

Pelo movimento das mãos, as crianças cegas experimentam texturas, características dos materiais, contrastes entre estes atributos, contornos, tamanhos, formas e pesos. Essas informações são recebidas sucessivamente, passando do manejo grosso à exploração mais detalhada dos objetos. Para Von der Weir (2015) na educação de crianças cegas, o aprendizado pelo corpo (envolvendo gestos, movimentos) associado a compreensão das fun-

ções e formas dos objetos, apoia-se em ações práticas (ênfatizando a realização e repetição de atos corporais).

Este contexto de aprendizagem requer uma concepção de cognição que se afasta do modelo de representação e se aproxima do modelo de enação (*enaction*) que, de acordo com Stewart, Gapenne e Di Paolo (2010, p. 33) é um processo cognitivo apoiado em conexões mais profundas entre vida e mente (conforme proposto por Varela, Thompson e Rosch, 1991) e rompe com o formalismo do processamento da informação e da representação simbólica, estabelecendo suas bases nas dinâmicas sensorio motoras das interações entre organismos vivos e meio ambiente. No modelo clássico, de acordo com os autores, a percepção é relegada a um módulo preliminar baseada apenas em entradas sensoriais, seguidas linearmente por planejamento cognitivo e representação dos objetivos, culminando no processo decisório ou em ações. A enação supera esta perspectiva radicalmente, na medida em que considera que um organismo vivo se reorganiza a partir do ambiente em que se situa. É esse processo de ação, incorporada e efetiva no ambiente ou contexto em que se situa, que se constitui em percepção e, por isso mesmo, fundamenta a cognição. Moraes (2005) apoiada em Masini (1994) destaca dois pontos relevantes para a discussão da cegueira e cognição a partir do corpo e suas redes de interação: (1) relevância de considerar o referencial de pessoas cegas sobre o mundo e a singularidade do seu processo de conhecer; (2) a noção que a construção do conhecimento decorre da interação corporal com o contexto e não de instruções derivadas das experiências cognitivas dos videntes.

Neste complexo contexto de inter-relações e interatividades, considera-se que a técnica de impressão 3D, estabelecida pela capacidade de produção tridimensional, pode exercer um importante papel no processo de aprendizagem e do conhecer, por meio da interação corporal de pessoas cegas.

Potencialidades da Tecnologia 3D

A popularização da tecnologia digital traz em sua esteira a reestruturação de diversos aspectos da vida cotidiana. Se a tecnologia da informação e da comunicação contribui para a virtualização e desmaterialização de rotinas cotidianas, antes apoiadas em artefatos físicos, a impressão 3D apresenta-se como uma tecnologia disruptiva, que abre possibilidades relacionadas a materialização de artefatos, com potencial para causar impacto na atual cadeia produtiva.

O desenvolvimento técnico, no início do século XXI, fez com que o processo de fabricação 3D deixasse de ser um protótipo tecnológico e passasse a impactar nas mais distintas áreas produtivas. Considerada por muitos teóricos como elemento impulsionador da quarta grande revolução industrial, definidora de um novo paradigma produtivo, apresenta-se como um processo com capacidade de fomentar a globalização de artefatos, e ao mesmo tempo contém capacidade de provocar mudanças econômicas, sociais e culturais na sociedade contemporânea.

Ademais, o uso destes equipamentos, não se restringe a fronteira industrial, pois atualmente passa a ocupar, também, os espaços residenciais e universitários, abrindo desta forma, a possibilidade de materialização de artefatos diretamente no local de uso, seja em

residências ou em laboratórios de ensino e pesquisa, estando em linha com o movimento “*do it yourself*”.

A manufatura por meio da impressão com tecnologia 3D desloca o centro produtivo, elimina cadeias de montagens, diminui o volume de artefatos transportados, minimiza o desperdício de matéria prima e de produção; ações que impactam positivamente na emissão de gases na atmosfera e consequentemente no meio ambiente.

Este processo fabril também impacta diretamente na prática da prototipagem, usada na indústria e nos centros de pesquisa. A fabricação de protótipos implica em custos elevados, contudo constitui-se uma etapa necessária à produção de produtos e seu planejamento; é a partir do protótipo que são realizados testes em campo, análises ergonômicas, de materiais, estética, dentre outras. O uso da impressão em três dimensões, reduz os custos e o tempo despendido neste processo, permite o aumento na variedade e análise dos protótipos, facilitando assim, a assertividade nas tomadas de decisão, sejam estas no âmbito da produção industrial ou no âmbito da pesquisa científica.

No entanto, como toda a tecnologia em desenvolvimento ou em fase de consolidação, suscita debates éticos acerca da finalidade de seu uso e provoca perguntas como, estará esta tecnologia a serviço da prosperidade humana, atendendo a critérios mínimos para a qualidade de vida? Ou trará consigo ameaças à estes critérios, servindo à militarização e criando novos impactos ambientais, provocados pelo aumento da produção de objetos?

Para responder a estas perguntas ter-se-á que submetê-la a constantes questionamentos e permanente verificação, pois esta tecnologia ainda encontra-se em fase inicial; seus custos, até este momento, são incompatíveis com a popularização e evidencia-se a necessidade de investimentos para atingir graus tecnológicos mais adequados e adaptados à produção dos inúmeros artefatos potencialmente aptos a este processo fabril.

Por outro lado, verifica-se que o processo de adequação tecnológica já iniciou; novos métodos de manufatura foram inseridos no mercado com preços e tempo de fabricação em declínio. Acredita-se que em poucos anos este sistema produtivo fará parte do cotidiano das pessoas, o que possibilita também o seu uso como ferramenta para o desenvolvimento cognitivo, em especial a aplicabilidade de ‘ver com as mãos’. Estes recursos podem abrir diversas possibilidades de experimentação, potencializando o aprendizado, o entendimento mais rápido de conceitos, enfim, ampliar as possibilidades de acesso e produção de conhecimento por parte das pessoas cegas.

Em 2015, em Madri (Espanha), o Museu do Prado, apostando em inovação e acessibilidade, associando criatividade e cultura, desenvolveu um projeto intitulado ‘*Hoy toca el Prado*’. O projeto foi desenvolvido em parceria com uma *startup* espanhola chamada Durero e a Canon, que por meio de uma impressão desenvolvida com tintas que permitem a criação de relevos, produziu seis obras clássicas do museu, dentre elas a Mona Lisa de Leonardo Da Vinci, ‘Guernica’ de Picasso; ‘Noli me tangere’ de Correggio; ‘la fragua de Vulcano’ de Velázquez; ‘El quintasol’ de Goya; ‘El caballero de la mano en el pecho’ de Greco y ‘Bodegón con alcachofas, Flores y recipientes de vidrio’ de Van der Hamen; as três últimas reproduzidas em tamanho natural e demandando 40 horas de trabalho, em uma reprodução fiel de texturas e volumes. As obras produzidas em relevo permitiram que as pessoas cegas as tocassem, e junto aos textos explicativos em braile, pudessem ampliar a sua capacidade de vivenciar a obra. Este trabalho não só permitiu as pessoas cegas acessarem o conteúdo

do quadros, mas por meio da disponibilização de óculos opacos, fez com que as pessoas videntes pudessem ter a experiência sensorial tátil da imagem (Hipeness, 2016, web).

Outro projeto na Finlândia, intitulado *Unseen art* viabilizado pelo processo de financiamento *Crowd Funding*, propõe o mesmo conceito, mas com uma tecnologia distinta. O projeto, criado pelo artista plástico Marc Dillon, propõe a reprodução de pinturas com a tecnologia de impressão 3D (Indieogogo, 2016, web).

Os trabalhos apresentados anteriormente poderiam ser confundidos como sendo a mesma proposta, porém não o são, pois o que propõe Durreo é a reprodução de uma obra para que o cego a toque e a sinta como obra, ou seja como pintura, onde se reconhecerá a pincelada, o relevo da obra e não só a cena em si; já o que propõe Dillon é a reprodução da cena, ou seja, se toca um rosto similar ao da modelo pintada, em outras palavras, a cena de uma pintura e não a pintura em si.

Tactile Picture Books é o nome da proposta liderada pelo professor Tom Yeh, da Universidade do Colorado (EUA), que criou livros impressos em 3D com ilustrações, que permitem as crianças que ainda não aprenderam braille desfrutem de uma nova experiência tátil no processo de alfabetização. As figuras são tridimensionais acompanhada do texto em braille na página, criando uma associação entre figura e texto.

No Brasil, para a realização das paralimpíadas de 2016, a tridimensionalidade também foi utilizada pela empresa Tátil Design para potencializar a interação com a marca do evento, favorecendo também, a leitura háptica ou multisensorial dos significados por pessoas cegas. Em vídeo (Tátil Design, 2017, web) que mostra a interação física de pessoas cegas com a marca, observa-se interpretações como ‘forte’, ‘amoroso’, ‘acolhedor’, ‘pulsação’.

Experimentos práticos, levantados nesta pesquisa, mostraram a validade e o potencial desta tecnologia em estabelecer relações entre a materialidade e a visualidade. A impressão 3D permite a construção de peças complexas com reduzida dependência da habilidade manual, necessária anteriormente na confecção de artefatos na área do design, seja como protótipos de análise ou mesmo para teste de campo. Do mesmo modo, a facilidade de manufatura, proposta por esta tecnologia, provocou o aumento do exercício da forma, permitindo, com maior frequência, a construção de ‘mundos’, por meio dos sentidos táteis.

Conclusões

Esta pesquisa, ainda em fase de desenvolvimento, procura reportar os seus avanços, no intuito de atualizar e despertar novos pesquisadores para a área da inclusão social e das novas tecnologias, em especial, a tecnologia empregada no processo de fabricação por impressão em três dimensões e suas potencialidades para a percepção de pessoas cegas em relação aos aspectos gráfico-formais do mundo físico contribuindo assim com o seu processo cognitivo.

Está claro para os pesquisadores, participantes desta investigação, que a cognição envolve outras habilidades que vão além da percepção e que a construção de mundo que experimenta-se a cada minuto é fruto da articulação biológica e cultural que traz em si, e de forma indissolúvel, o comprometimento com o outro, seja este videntes, ou não.

Deduziu-se, nesta etapa de pesquisa, que a experiência é um fator fundamental no processo cognitivo e que o experienciar outros mundos compõe elemento de estímulo a aceitação do outro, tornando o exercício válido nos dois sentidos. Confirmou-se, também, a relevância da corporalidade, da sua interação com o meio e do papel que esse processo dinâmico de interação possui no processo cognitivo, tanto de pessoas cegas quanto videntes. Conclui-se que o caminho a ser trilhado não trata apenas da inclusão de pessoas cegas em mundos construídos por videntes, mas antes, trata-se de buscar propostas de inclusão mútua, em mundos perceptivos distintos. Acredita-se que esta ação possa potencializar e reequilibrar os sentidos por estímulos múltiplos.

A tecnologia de impressão 3D apresenta potencial para funcionar como ferramenta propulsora de experiências teórico-práticas que possam fortalecer a ligação entre pessoas videntes, cegas ou com baixa visão. Espera-se, portanto, que a impressão 3D traga à pesquisa técnico-científica, principalmente com enfoque no design, maior efetividade e que outros projetos neste sentido possam vir a contribuir com a produção de conhecimento em uma área ainda carente de pesquisas científicas.

O projeto empreendido pelo grupo Homero 3D conclui nesta fase que, da mesma forma que a visualidade e sua globalização foram impulsionadas com o apoio da internet, a partir dos anos 90, causando um crescente desequilíbrio sensorial, agora a mesma internet impulsiona a materialidade, por meio da tecnologia de impressão 3D. Diante de uma revalorização do tato e de um novo equilíbrio dos sentidos, em associação com as possibilidades da tecnologia 3D –tanto no âmbito individual, como e sobretudo, no âmbito social– cria-se um contexto conectado com o desejo expresso por Diderot (quando verbaliza que preferia que se aperfeiçoasse nele o órgão que já tem, ao invés de conceder-lhe outro que lhe falta) potencializando os recursos hápticos, táteis e de corporalidade contribuindo assim para o desenvolvimento de propostas de inclusão social das pessoas cegas.

Bibliografia

- Adell, E. (2010). “A questão de Molyneux em Diderot”, *Dissertação de Mestrado*. São Paulo, USP.
- Berger, J. (2000). *Modos de ver*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Capra, F. e Luisi, P. (2014). *A visão sistêmica da vida: uma concepção unificada e suas implicações filosóficas, políticas, sociais e econômicas*. São Paulo: Cultrix.
- Chabot, D. e Chabot, M. (2005). *Pedagogia emocional: sentir para aprender*. São Paulo: Sá Editora.
- Crary, J. (2012). *Técnicas do observador: Visão e modernidade no século XIX*. Rio de Janeiro: Contraponto.
- Diderot, D. (2006). *Cartas sobre os cegos endereçada àqueles que enxergam*. São Paulo: Escala.
- Griffin, H. e Gerber, P. (1996). *Desenvolvimento tátil e suas implicações na educação de crianças cegas*. Disponível em ibc.gov.br. Acesso em: 07 jan 2015.
- Hypeness. *Impressora 3D permite que cegos apreciem obras de arte clássica pela primeira vez*. Disponível em <http://www.hypeness.com.br/2015/11/imprensora-3d-permite-que-cegos-apreciem-obras-de-arte-classica-pela-primeira-vez/>. Acesso em 10 de out. 2016.

- Hypeness. *A Exposição de Arte em 3D que Permite que Pessoas Cegas Apreciem Quadros*. Disponível em <http://www.hypeness.com.br/2015/03/a-exposicao-de-arte-em-3d-que-permite-que-pessoas-cegas-apreciem-quadros>. Acesso em: 20 jul. 2016.
- Indiegogo. *Unseen Art: experiencing art for the first time. Re-creating classic paintings in 3D that may be touched, made freely available worldwide*. Disponível em <https://www.indiegogo.com/projects/unseen-art-experiencing-art-for-the-first-time#/>; 2016. Acesso em: 20 Jul. 2016.
- Kandel, E. et al (2014). *Princípios de Neurociências*. Porto Alegre: Artemed.
- Liberto, A. (2012). “A Percepção Grafo-Tátil de Imagens no Aluno Cego”, *Dissertação de Mestrado*, Centro Regional das Beiras, Universidade Católica Portuguesa. Disponível em <http://repositorio.ucp.pt/bitstream/10400.14/13647/1/Tese%20Alice.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2016.
- Lima, F. e Silva, J. (2015). *Algumas considerações a respeito do sistema tátil de crianças cegas ou de visão subnormal*. Disponível em FJ de Lima, JA da Silva - 2000 - ibc.gov.br. Acesso, 05 jan. 2015.
- Maita, A. “A Morte e a Vida de Homero: três visões do poeta grego publicadas no século XVIII”, em REVISTA USP, São Paulo, nº 94, p. 166-175, Junho/Julho/Agosto 2012.
- Maturana, H. (2001). *Cognição, ciência e vida cotidiana*. Belo Horizonte: UFMG.
- Maturana, H. e Varela, F. (1995). *A árvore do conhecimento*. São Paulo: Psy II.
- Meyer, P. (200). *O olho e o cérebro. Biofilosofia da percepção visual*. São Paulo: UNESP.
- Moraes, M. (2005). “Cegueira e Cognição: Sobre o Corpo e suas Redes”, em *Revista de Antropologia Iberoamericana*, Ed. Electrónica, núm. especial. Novembro/Dezembro 2005. Disponível em <http://www.aibr.org/antropologia/44nov/articulos/nov0514b.pdf>. Acesso em: 01 de outubro de 2016.
- Sobral, J., Cavalcanti, A. e Everling, M. (2015). “Ver com as Mãos: A Tecnologia 3D Como Recurso Educativo Para Pessoas Cegas”, em *Anais do 15º Ergodesign & Usihc [Blucher Design Proceedings, vol. 2, num. 1]*, pp. 1327-1335, São Paulo: Blucher.
- Schwab, K. (2016). *O que é a 4ª revolução industrial - e como ela deve afetar nossas vidas*. BBC. 22 de outubro de 2016. Disponível em www.bbc.com/portuguese/geral-37658309. Acesso em 15 de nov. 2017.
- Stewart, J. Et.al. (2010). *Enaction: Toward a New Paradigm for Cognitive Science*. Cambridge: MIT Press.
- Tátil Design. *A Marca dos Jogos Paraolímpicos de 2016*. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=Nm3uXppx5LU>. Acesso em: 12 out 2016.
- Varela, F. et.al. (1999). *Mente corpórea: Ciência cognitiva e experiência humana*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Von Der Weid, O. (2015). “O corpo estendido de cegos: cognição, ambiente, acoplamentos”, em *Sociologia&Antropologia*. Rio de Janeiro. V.05.03. Dezembro, 2015. PP. 935-960. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sant/v5n3/2236-7527-sant-05-03-0935.pdf>. Acesso em 15 de nov. 2017.
- World Design Organization. Disponível em <http://wdo.org/about/vision-mission/un-sdgs/>. Acesso em 15 de nov. 2017.

Resumen: El Laboratorio HOMERO 3D está vinculado al Programa de Postgrado en Diseño de la Universidad de la Región de Joinville (PPGDesign/Univille), y al grupo de Investigación IRIS, que investiga métodos de fabricación digital y de la producción de imágenes fotográficas adscritas al contexto del artefacto tridimensional en las dimensiones de la concepción, desarrollo y la enseñanza y aprendizaje del diseño. El Laboratorio busca fomentar investigaciones técnico-científicas con foco en la impresión 3D y en su potencial como recurso facilitador de la enseñanza de personas ciegas. Los estudios obtenidos hasta entonces, fortalecen la percepción de que la popularización, mejora y la reducción de costo de la impresora 3D amplía la potencialidad para el desarrollo de actividades comunicacionales y educativas dirigidas a personas ciegas en lo que se refiere a: percepción gráfico-formal y memoria; configuración de conceptos abstractos; la conversión de la impresión textual en las señales sonoras; y por último, la potenciación del aprendizaje de conceptos educativos, reduciendo el nivel de abstracción. A lo largo de este artículo se discute el sentido táctil, la percepción y la cognición, a fin de comprender el proceso de aprendizaje de personas ciegas, y de las posibles contribuciones de la impresión 3D en la educación gráfica y en la dinámica del ‘ver’ con las manos. Los resultados obtenidos apuntan a apoyar actividades de investigación, enseñanza y extensión, y la planificación de las acciones de los grupos de investigación asociados al PPGDesign Univille.

Palabras clave: Laboratorio Homero 3D - tecnología 3D - Proceso cognitivo - Percepción táctil - Ciegos.

Abstract: The HOMERO 3D Laboratory is linked to the Postgraduate Program in Design of Joinville University (PPGDesign / Univille), and to the IRIS Research group, which investigates methods of digital manufacturing and photographic proceedings attached to the design context along with teaching and learning processes. The Laboratory aims to foster technical-scientific research focusing on 3D printing and its potential as a teaching facilitator driven to blind people. The studies obtained so far, reinforce the perception that the popularization, improvement and cost reduction of the 3D printer expands the potential for the development of communication and educational activities aimed at blind people regarding: graphic-formal perception and memory; abstract concepts configuration; the change of textual printings into sound signals; and finally, the potential of learning and educational concepts in reducing the abstraction level. Throughout the report tactile sense, perception and cognition are discussed aiming the understanding of blind people learning process along with possible contributions of 3D printing in the dynamics of ‘seeing’ with the hands. The results will support research and teaching activities as well as the work of the research group associated with PPGDesign Univille, located in the city of Joinville, Santa Catarina.

Keywords: HOMERO 3D Laboratory - 3D technology - cognitive process - perception - blind people.
