

O virtual no ensino das ciências naturais: implicações transdisciplinares

Osmundo Rocha Claudino¹

RESUMO

Este artigo analisa os fundamentos conceituais das tecnologias de informação e comunicação, implicações do seu aporte aos processos educacionais e, em caráter mais específico, as bases da usabilidade do virtual para o ensino das ciências naturais, tomando, dentre outros referenciais teóricos, Castells (2005), Lévy (1996; 1999), Chaves (2018), Maturana e Varela (2001). Metodologicamente organiza-se em três enfoques principais: (1) a contextualização da tecnologia do ponto de vista de suas relações sociais, políticas, econômicas e culturais, contrastando com as tendências de situá-la como fenômeno inusitado nos limites dos espaços educacionais; (2) a emergência do ciberespaço como matriz de reconstrução do saber e a exigência de uma nova pragmática para os sistemas educacionais; e (3) a aplicabilidade da realidade virtual para o ensino das ciências em face da natureza dos processos de produção do conhecimento científico. Como resultantes, reitera-se a necessidade de se repensar o enfrentamento das aplicações tecnológicas como algo abstrato ou completamente alheio à dinâmica educacional, propondo uma mentalidade que privilegie a construção de uma pragmática para dar suporte aos processos de inovação e ao exercício de inteligência coletiva nos ambientes virtuais de ensino-aprendizagem. Particularmente, as potenciais contribuições que o virtual enseja como ferramenta pedagógica ao ensino das ciências naturais esbarram numa percepção fortemente caracterizada por um objetivismo central (foco no objeto), a despeito da qualidade subjetiva que o próprio manuseio das tecnologias do virtual sugere para os processos de criação e reformulação do conhecimento.

Palavras-chave: Tecnologia - Educação – Virtual - Ciências.

1. Introdução:

Em plena pandemia da covid-19, provocada pelo vírus *Sars-Cov-2*, causando até o momento a morte de mais um milhão de pessoas em todo o Planeta, com o fechamento de escolas e a imposição do distanciamento social como barreira de contenção sanitária, este artigo analisa os fundamentos conceituais das tecnologias de informação e comunicação, implicações do seu aporte aos processos educacionais como um todo e, em caráter mais específico, as bases da usabilidade do virtual para o ensino das ciências naturais, tomando, dentre outros referenciais teóricos, Castells (2005), Lévy (1996; 1999), Chaves (2018), Maturana e Varela (2001).

¹ Mestre em Educação pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Professor do departamento de Biologia da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). osmundorc@gmail.com

Na gênese do mundo que se abre por extensão do real, a serpente pode estar tanto na canonização quanto na sumária condenação do uso das tecnologias do virtual nos processos de construção do conhecimento, produção de bens de consumo e serviços culturais. Talvez seja mais prudente considerar as diversas formas de como se vê ou do como se é visto. E, para cada uma dessas formas, há variáveis que se nutrem do subjetivismo de quem as observa e, ao mesmo tempo, de quem esteja sendo observado, a despeito da suposta autonomia do olhar e da arguição eletrônica em tempos de modelização da inteligência artificial, razão pela qual, também, parece que não tenhamos nos deparado com uma era de rigidez estética que careça de uma nova insurreição simbolista.

Parece bastante claro que para compreendermos a multiplicidade de aplicações que o universo do virtual pode oferecer, e que se avolumam nas primeiras décadas deste terceiro milênio, é preciso romper concepções arraigadas. Para tanto, concorrem contribuições que atravessam desde a denominada inversão de imagem - nos domínios do materialismo histórico - até a incursão nos fundamentos que norteiam ‘instalações interativas’ ou espécies de simbioses tecnológicas que edificam e revelam tridimensionalidades capazes de reagirem ao toque sutil da ponta dos dedos. As diversas leituras de mundo se deparam com o desafio das revisões conceptuais, nos instantes em que o conceito clássico de matéria vai sendo continua e epistemologicamente redefinido.

O mundo deixou de ser singular. Os mundos, agora, transpõem o liame entre o mundo real com as suas limitações naturais e a realidade virtual, que não induz necessariamente à violação de princípios, mas enseja oportunidades de entender melhor tais limitações e explorá-las ao máximo de suas potencialidades, sobretudo nos processos de construção e redistribuição do conhecimento. No lugar da incompatibilidade física, o espaço cooperativo. Ao invés da fatalidade do extemporâneo, uma possibilidade tentadora das categorias de tempo e espaço, surpreendendo o ceticismo mais radical. Emerge, assim, uma nova percepção do conceito do que é a forma, transformada pela inovação tecnológica que reestrutura os processos históricos, político, econômico, educativo, culturais e sociais.

Ao propor a reconsideração do uso de protótipos materiais em muitas variantes industriais e provocar a reação enclausurada nas reentrâncias da representação mental clássica, a utilização da realidade virtual vislumbra imensos desafios a superar e que parece próprio das grandes inovações: a odisseia do equilíbrio entre o ufanismo de uns² e a

² O filósofo francês Pierre Lévy, professor da universidade Paris VII, se destaca entre os pensadores que acreditam nas potencialidades do virtual para o aperfeiçoamento das instituições e geração de novos espaços de transação do conhecimento.

banalização de outros³. A concretização de tangíveis contribuições que a dimensão virtual pode proporcionar para a melhoria do nosso mundo real está, por isso mesmo, condicionada à compreensão mais ampla possível do movimento tecno-social, que marca a consolidação da sociedade da informação e do conhecimento.

Nesta perspectiva, analisamos os fundamentos conceituais das tecnologias de informação e comunicação, as suas implicações para processos educacionais como um todo e, em caráter específico, quanto à usabilidade do virtual para o ensino das ciências. Organizado em três enfoques principais, este estudo procura mostrar as imbricações que tecem uma teia que envolve: (1) a contextualização da tecnologia do ponto de vista de suas relações sociais, políticas, econômicas e culturais, contrastando com as tendências de situá-la como fenômeno inusitado nos limites dos espaços educacionais; (2) a emergência do ciberespaço⁴ como matriz de reconstrução do saber e a exigência de uma nova pragmática para os sistemas educacionais; e (3) a aplicabilidade da realidade virtual para o ensino das ciências em face da natureza dos processos de produção do conhecimento científico.

De tal sorte, buscamos além do enredamento entre o todo e a parte, entre o individual e o coletivo, entre reducionismo e complexidade. Ousamos uma atitude gnosiológica que Paulo Freire (1994) enfatiza ser essencial para reconhecemos os vínculos que convergem num mesmo fenômeno.

2. Tecnologia e Educação: enlaces e devir

A condição de resultante de um determinado contexto, a importância estratégica como condição de desenvolvimento desse mesmo contexto, a vinculação direta como produto da intervenção ou omissão estatal, a crescente influência na afirmação da identidade cultural das mais diversas formações sociais, o papel que desempenha para a elucidação dos fenômenos naturais etc., constituem algumas das intersecções do avanço tecnológico, que, sobretudo por conta da popularização da interatividade, reitera sua relação com o que cabe ser compreendido como uma vocação/aplicação humanitária (CASTELLS 2005; LÉVY, 1999).

Assim, o próprio conceito de tecnologia - entendida como processo decorrente das inter-relações de produção, experiência e poder que perpassam os modos de produção de bens

³ Jean Baudrillard faz severas críticas ao virtual, a quem acusa de imaginário ilusório impulsionado pela mídia, que busca a qualquer custo transformar a informação na pitonisa da catástrofe contemporânea, tentando suplantar o processo histórico.

⁴ LEVY (1999) define ciberespaço como meio de comunicação que surge da interconexão mundial de computadores, englobando não só a infraestrutura material da comunicação digital como também as informações que abriga, assim como os seres humanos que navegam e alimentam esse universo.

e de conhecimento, as relações homem/ambiente, as interações simbólicas, a produção cultural etc., - reafirma a sua natureza cosmopolita, influenciando os diversos matizes de organização e expressão da evolução humana (CASTELLS, Idem). A influência multissetorial da tecnologia, abrangendo largamente a vida humana e dos demais seres, exige necessariamente a adoção de procedimentos metodológicos capazes de propiciar o seu estudo imbricado com fatores que extrapolam qualquer que seja a sua aplicação específica. Significa dizer que a percepção plural do avanço tecnológico exige a necessidade de uma visão sistêmica, uma busca ontológica⁵, sem tangenciar ou estabelecer uma determinante única ou exclusivista.

Entretanto, ainda que sob a influência global das intensas transformações tecnológicas, que sustentam o modelo de sociedade da informação e do conhecimento, as abordagens sobre o aporte de tecnologias da informação para o meio educacional acentuaram uma tendência fragmentar, cristalizando-se em expressões que buscaram sempre caracterizar a inserção, introdução, incorporação, inclusão e outros 'ãos' que continuam menos úteis à interpretação do paradigma digital que para demarcar um sectarismo ambivalente. Assim, ainda que tal delimitação conceitual buscasse, por um lado, alertar para a necessidade de reflexão sobre a melhor forma de explorar tecnologias avançadas em favor do aperfeiçoamento de metodologias de ensino-aprendizagem, por outro, inferiu estarmos diante do surgimento de um valor cultural absolutamente estranho ou completamente alheio ao universo de educadores e educandos.

Eivada pelo classicismo comportamentalista, tal tendência ensejou o estabelecimento de uma linha de raciocínio segundo a qual a emergência das TICs – então particularizadas no uso do computador como coadjuvante no processo ensino-aprendizagem - causaria impacto de repercussões inusitadas para o processo educacional como um todo. Esta concepção forjou generosos espaços para que manuais redentores, cursos de capacitação, treinamentos e outras conjecturas semelhantes acabassem favorecendo a formação de blocos antagônicos nas escolas: o dos 'indiferentes', de um lado, aglutinados sob o pretexto de que o sentido do trabalho docente sobrepujaria quaisquer recursos de aprendizagem; e de outro, a euforia de ufanistas, que projetaram no aparato tecnológico, inclusive, a superação de óbices educacionais históricos.

⁵ Para LÉVY (1996) esta busca ontológica corresponde a um processo de virtualização, isto é, buscar descobrir a questão mais abrangente a que se relaciona um tema específico, visando à redefinição da atualidade como resposta a uma questão particular.



Observou-se, pois, que os extremismos levaram a crer que o advento dos ambientes virtuais de ensino-aprendizagem sanaria dificuldades desde as mais comuns às mais complexas. Num ou noutro caso, notabilizou-se o reducionismo que idealiza a escola à parte das demais transformações sociais, culturais, políticas e econômicas alavancadas pelas tecnologias digitais.

Ao se referir à tendência de limitação da compreensão da revolução tecnológica às questões de *hardware*, por exemplo, o filósofo francês Pierre Lévy (1999) afirma que incertezas decorrentes quanto à melhor utilização da água podem levar também a que se lance a bacia fora. De fato, o que ocorre com a integração das mídias clássicas (imprensa, rádio, TV, cinema, teatro, etc.) ao cotidiano escolar ainda hoje, reforça o caráter de complexidade que envolve a exploração das mídias eletrônicas e revela os riscos de se subestimar seus respectivos processos de criação, de reformulação, de interação, etc.

Compreender o processo de inovação tecnológica pressupõe a adoção de atitudes que ultrapassam os limites da ênfase nos aspectos tecnológicos e industriais da informática ou de um domínio meramente técnico (CHAVES, 2018), abrigando diversidades e subjetividades de parâmetros. Por si mesmas, as questões sinalizam o estratagema de imaginar que se esteja numa ilha cercada de *hardwares* e de *softwares* por todos os lados, convergindo um pragmatismo de posições puramente técnicas ou puramente econômicas que pode dificultar significativamente o entendimento da revolução informacional como um todo (Lévy, 1999.). Talvez seja relevante avaliar mudanças noutras atividades humanas, deslindar novas relações advindas com o processo de informatização da sociedade, e a respeito do qual o educador necessariamente terá de se posicionar (Lucena, 1998). A ideia pode, portanto, consistir em analisar comparativamente trajetórias, projetar além do prisma do conflito de classes, submergir aos padrões decorrentes da imersão tecnológica, estabelecendo sinergias que animam a inteligência coletiva.

Repensar a relação tecnologia e educação, sugere a necessidade de aprender com os mundos virtuais, requer compreender novos significados, avaliar e entrelaçar possibilidades de transação de saberes que alimentam a efervescência da cibercultura⁶, tecendo a maturidade transdisciplinar que sobrepuja a visão de um mundo real de objetividades intransponíveis.

Diante das evidências de que a discussão não se limita à bacia em si, isto nos leva a questionar o que fazer para que a imersão tecnológica seja capaz de potencializar conteúdos? Quais as metamorfoses transcendentais? Como efetivá-las na prática? A busca por essas

⁶ Cibercultura é definida por Lévy (1999) como sendo um conjunto de práticas e atitudes que são desenvolvidas e compartilhadas no ciberespaço, tal como acontece nas redes sociais eletrônicas.

respostas talvez aponte razões para que a ideia de uma discussão fragmentada dê lugar a uma construção pluralista, apoiando-se, deste modo, na premissa global da interface humana com o aperfeiçoamento e a expansão tecnológica como um todo.

Sem desconsiderar os propósitos deste recorte, é preciso entendê-lo também como causa e/ou efeito da disseminação cultural da imagem de um impacto desproporcional e inusitado, que idealiza o advento tecnológico como algo externo, inesperado, instantâneo, divergente à complexidade e diversidade que se inscreve desde sempre no nosso papel de educadores.

2.1 A polissemia do ‘impacto’

Longe de representar proselitismo linguístico, as ressalvas que podem ser feitas à ideia de impacto têm como pano de fundo a reação que provoca, geralmente, manifestada por uma postura defensiva. Até aí nenhuma novidade, principalmente ao considerarmos que a natureza biológica, no mínimo, garante às espécies a luta pela manutenção do seu nicho. Contíguo, o instinto de sobrevivência comumente reage para preservar domínios consagrados ou, ao menos, amenizar consequências decorrentes do contato com o novo, com o até então desconhecido. Num exercício de biosociologia, entretanto, pode-se afirmar que reações de autodefesa podem transformar o desconhecido em indesejável, exprimindo mitos e inviabilizando quaisquer tentativas de esclarecimento mais amplo (MATURANA; VARELA, 2001).

Nesse sentido, não são raras as reações à expansão digital que beiram à indiferença ou sua negação como um fato concreto da vida social, cultural, política e econômica. Dentre diversas explicações para as resistências frequentes, algumas indicam sua procedência na contrapropaganda desencadeada pelas mídias clássicas. Esses dois aspectos – a rejeição e o papel desempenhado pelas mídias clássicas para tanto – precisam ser mais detalhados na tentativa de mostrar o que podem conter de subsequentes e de contraditório.

Em geral as tecnologias de maior repercussão no cotidiano são as que implicam a automação de processos e que, inerente ao campo da robótica, tende a atrair a antipatia principalmente daqueles que se sentem ameaçados pela própria noção de representação de “*tecnologia substitutiva*” que alimentam (WEISSBER, 1999, p. 117).

Nem as estradas, nem os aviões, nem o telefone, nem a Internet fizeram desaparecer os caminhos vicinais ou os percursos de caminhadas (que nenhuma lei proíbe que o caminhante tome) apenas transformaram sua função (LÉVY, 1999, p. 217).



Embora muitos educadores não se situem integralmente numa perspectiva extremista quanto à posição de Paul Virilio (1999, p. 127) que chega a defender o transcurso de uma “automação da percepção” pela ótica eletrônica, capaz de provocar uma confusão relativista entre real e virtual, talvez não deva ser totalmente destacada a possibilidade de alguns assim ponderar a questão, notadamente quando as mídias clássicas difundem a crítica da substituição com o intuito de salvaguardar sua repercussão histórica, questionada pelo crescimento exponencial de novas formas de organização social, comunicação e expressão cultural propiciadas pela expansão das tecnologias interativas. Acrescenta Lévy (1999) que o fato de o ciberespaço oferecer a reciprocidade como diferencial em relação às mídias clássicas, explica o reflexo deformado que esta procura impingir à cibercultura.

A conotação de impacto tecnológico, analisada por Ferreira (2003) sob o argumento do seu custo social, condiciona setorialmente os reflexos da tecnologia tendendo a atribuí-la poder de determinante única das implicações sociais, políticas, culturais e econômicas. A contradição, porém, pode ser observada na radicalização indiferente à expansão tecnológica, seja de cunho cultural, seja de fundo religioso como em algumas manifestações fundamentalistas (CASTELLS, 2005). Isto mostra também o quanto à disseminação da ideia do impacto atende muito mais ao corporativismo de grupos e ratifica porque não se resume a uma questão meramente hermenêutica, permitindo concluir a atitude de aversão como resultante, em grande parte, do enfoque ideológico levado ao ar pelas mídias clássicas. Afastada a possibilidade de tolhimento da liberdade de escolha, o ceticismo pode não traduzir o espírito de conquista individual e coletiva que a multiplicação de novas formas de comunicação, de encontro e de cooperação pode ensejar. Observe-se, ainda, o exemplo do que se verifica em termos da interação bancária.

Circunstancial, habitual ou necessariamente faixas bastante representativas das populações em geral, mantêm relações permanentes com os sistemas econômico-financeiros que, por razões demográficas e de maximização de lucros, recorrem às tecnologias avançadas para assegurar, no mínimo, agilidade, e confiabilidade dos serviços que oferecem. Nenhuma genialidade transbordante em observar nisso a formação de uma nova conduta e que, considerada ‘normal’, requer a memorização de senhas e códigos, bem como a interação com interfaces, cuja finalidade básica presumível é proporcionar segurança, comodidade e rapidez. Embora possam existir dificuldades para adoção desse padrão comportamental frente às rotinas exigidas, geralmente não se questiona sua legitimidade de propósito, de tal modo que a faculdade de atender às mesmas ressalta o caráter condicionante da tecnologia, ao mesmo

tempo, mostrando que a sua rejeição em outras aplicações cotidianas tende a se mostrar contraditória. A sujeição à tomografia computadorizada e/ou a realização de transferências eletrônicas de valores, como exemplos, realçam a presença da tecnologia no dia-a-dia de todos, propondo novas interações e motivando novas posturas que culminam novas formas de viver.

2.2 Redimensionamento institucional e profissional

A desterritorialização pode ser considerada um dos grandes feitos da virtualização (senão o principal deles!) na medida em que, provendo o processo de metamorfoses mais significativas da globalização, altera os marcos referenciais de indivíduos e coletividades, atribui novas interpretações de território, fronteira, identidade, nacionalidade, etc., fazendo emergir outros padrões de sociabilidade. Nem mesmo antagonismos ideológicos se sustentam pela certeza de fatos que outrora encarnavam como irrevogáveis. As sensações estão irremediavelmente alteradas, segundo reitera Ianni (2007). Os pares perto/distante, lento/rápido, atual/remoto, visível/invisível, e outros tantos precisam ser revistos em consonância com noções de tempo e espaço em que ocorrem ou são atualizados constantemente, instaurando interfaces de parâmetros físicos, biológicos, sociais, tecnológicos, culturais, de forma nunca antes imaginada.

Para o espectro desta discussão, a importância do elo físico ou da escola em termos institucionais, deve-se a sua condição de facilitadora do acesso ao “admirável mundo do virtual” (BRENNAND, 2002), sobretudo, nas nações periféricas ou em desenvolvimento, nas quais o estado passa a exercer papel preponderante para associação de movimentos de universalização escolar e inclusão digital. Tal ligação, por inferência, destaca as relações entre a educação, o estado e a tecnologia não apenas por envolverem processos de criação, reconstrução do conhecimento e processos de aprendizagem, mas também do ponto de vista da necessidade de legitimidade no controle das políticas públicas (NEVES, 1994).

Conforme ressalta Cambi (1999), as atribuições do estado de gerir e fomentar o desenvolvimento de áreas estratégicas - resgatadas como pilares da revolução francesa - incorporam outros matizes em pleno apogeu das tendências neoliberais no mundo contemporâneo, extrapolando as fronteiras do debate ideológico, reafirmando novos sujeitos dentro do processo educativo e indo de encontro ao discurso da pluralidade, eficiência e agilidade.

Contudo, do mesmo modo que alguns problemas enfrentados pelas mídias clássicas se mantiveram e outros surgiram a cada nova descoberta de meios mais eficientes de comunicação, muito provavelmente o aporte das tecnologias digitais não embute a solução miraculosa de dificuldades históricas do sistema educacional. Não significa, porém, o extremo de desconsiderar que o advento do paradigma digital provoca a renovação contínua dos fundamentos dos processos educacionais, sejam eles formais ou informais. Muito ao contrário! À medida que os processos culturais, científicos, políticos e econômicos recompõem-se, as tendências parecem indicar duas alternativas basilares: a oportunidade de a escola revigorar sua participação nos domínios das transformações sociais, construindo novas relações com os diversos saberes, ou aprofundar crises paradigmáticas que ciclicamente acomete a cada evento histórico de maior repercussão.

De nenhum modo trata-se de impor um sistema fechado entre bem e mal, mas de propor um posicionamento historicamente inevitável (ainda que não se negue a bifurcação), onde a palavra-chave deve ser reformular. Ao reconhecermos no emprego da tecnologia a quebra da hierarquização do conhecimento pode nos permitir dar avançar ainda mais nessa direção, posto que a rigidez institucional se insurge como um dos primeiros obstáculos para que a escola considere uma rede de saberes que se forma à sua revelia e que, em ritmo acelerado, vai aproximando competências, questionando metodologias e se mostrando mais eficaz na distribuição, ampliação e recriação do conhecimento (CHAVES, 2018; LÉVY, 1999).

A redefinição do papel institucional, com a mudança qualitativa nos processos de ensino-aprendizagem, por inferência, gera novos parâmetros para a atuação profissional, na qual o educador passa a assumir as funções de animador da inteligência coletiva. Suas atribuições deixam de gravitar no campo da transmissão de conhecimentos, migrando para o papel de gestor da aprendizagem cooperativa, apto ao exercício coletivo de aprender a aprender juntamente com o aprendente, retratando a horizontalidade do acesso ao conhecimento. Para Lévy (1999) os novos paradigmas de apropriação do conhecimento transformam a atividade do/a professor/a em orientador/a da aprendizagem, em incentivador/a da troca de saberes e, essencialmente, em mediador/a do processo de (re) criação *on-line*.

Abre-se, assim, a possibilidade de novos vínculos institucionais e profissionais, direcionando a relação entre a educação e o uso da tecnologia para uma questão fundamental: redimensionamento da vocação humanitária que lhes caracteriza. De Émile Durkheim a Edgar Morin, a coercitividade do ato de educar permeia desde a transmissão de valores socioculturais ao exercício do pensamento complexo, tendo como pressuposto básico

reformular mentalidades, modificar estruturas societárias, construir a consciência de mundo e efetivar o progresso humano. Analogamente, a evolução tecnológica reflete e propõe o desenvolvimento de habilidades humanas que constituem suportes de expansão e aperfeiçoamento de ciclos virtuosos da criatividade. A propriedade interativa inerente ao processo de ensino-aprendizagem e às tecnologias digitais reiteram tais tangibilidades, fomentando ambientes de integração em que a inovação condiciona-se indispensavelmente à ação do homem, em diferentes dimensões de espaciais e temporais (WEISSBERG, 1999).

3. A aplicação

Contextualizada a necessidade de desenvolvermos uma mentalidade inovadora capaz de explorar as potencialidades didático-pedagógicas da tecnologia do virtual, faz-se necessário discorrer sobre a sua gênese física, biológica e semântica, antes de adentrarmos especificamente nas implicações para o ensino das ciências. Tais características referenciais, embora delimitadas por razões metodológicas, apresentam-se indistinguíveis na prática.

As duas primeiras dizem respeito à estrutura e a conectividade, ou seja, agrupam o que constitui o virtual (sua plataforma) e os fenômenos que expressam sua exteriorização e internalização (sua ligação com o mundo). Já a dimensão semântica, por sua vez, reúne as implicações de cunho filosófico, a representatividade mental, em contraponto à desrealização ou ideia de completa abstração ou negação do aspecto físico/material.

Originário do latim *virtualis*, epistemologicamente a concepção da tecnologia do virtual tende a desencadear a reformulação irrevogável dos conceitos clássicos de **forma**, **movimento** e **imagem**. São rupturas que provocam profundas mutações na percepção de mundo, cujas sensações passam a desconhecer qualquer padrão de regularidade ao passo que novos meios de interação eclodem. Como efeito disso, abrem-se oportunidades que favorecem sobremodo a formação de uma ecologia cognitiva fundamentada, ao mesmo tempo, na reafirmação do conhecimento acumulado e na efervescência de sua transmutação contínua (LÉVY, 1996; DENTIN, 1999).

A começar pela imagem, Weissberg (1999) assinala que fisicamente ela corresponde à primeira virtualização de fatos e objetos, sobretudo, ganhando realce com a pintura e a fotografia, as quais transferiram para um suporte duradouro e coletivo o que até então era privilégio do olho e da memória. Da arte rupestre de nossos antepassados ao estatuto da escultura grega, passando ainda pela afirmação ou mediação da identidade religiosa de civilizações as mais diversas, a virtualização da imagem retratou não apenas o próprio

processo de evolução humana, mas se tornou de singular importância para o entendimento da hierarquia evolutiva das demais espécies vivas ou já extintas.

O estatuto da imagem duradoura desencadeou uma nova percepção de mundo para além da nossa condição biológica de retenção visual. Assim, da descoberta da persistência retiniana (ou resistência mental) até chegarmos à geração holográfica (ou síntese imagética em tempo real), os progressos científicos em relação à imagem migraram de uma posição figurativa/representativa para a seara de lhe conferir funcionalidade através de uma acuidade visual que, cada vez mais, busca exprimir o uma ação, provocar o olhar mais desatento, incitar a interpretação do gesto.

Por conseguinte, entram em cena as conotações transtemporais e transespaciais da imagem, na qual o seu relevo não reside unicamente na qualidade resolutiva, mas na eficiência de sua expressão, ou na capacidade de estabelecer elos inéditos de comunicação que a simulação informática tornou ainda mais plausíveis, tanto preservando quanto expandindo sua ligação com o objeto. O processo de digitalização com a conversão de imagens ou sinais analógicos para o código binário parece ratificar o pressuposto corrente da publicidade contemporânea segundo qual uma imagem pode falar por mil palavras.

No tocante ao conceito de movimento, a tecnologia do virtual apresenta também implicações bastante significativas. De um lado, fugindo à Lei da Inércia (de Isaac Newton) e, de outro, aproximando-se do princípio da ação mínima (ou Princípio de Hamilton). Conforme Dentin (1999) na acepção newtoniana, as grandezas de massa, força e aceleração limitam a apreensão do real àquilo que é perceptivo, ou seja, onde o que importa é o evento em si, e que, por tal, coloca a definição da trajetória das partículas como algo plenamente viável para esta concepção mecânica da Física. Já tomando por base o princípio de Hamilton, embora apresente um percurso visível e regular, nele a definição da trajetória das partículas torna-se improvável justamente pela sua natureza imaterial, alicerçada do ponto de vista da Física Quântica. Para ambas as situações, no entanto, a ideia de campo passa a ter importância vital.

Dentre as implicações que a tecnologia do virtual acarreta para o campo de conhecimento da biologia, parece ponto pacífico que o processo de atualização constante do fenômeno desencadeia duas concepções divergentes quanto ao conceito do que representa a forma. A concepção cognitivista biológica, baseia-se na reprodução de modelos pré-determinados e elege a simulação como a sua deusa, importando-lhe tão somente a execução de tarefas, as quais se restringem à realização de cópias. Analogamente ao funcionamento das

redes neurais⁷, para esta concepção, cabe aos sujeitos apenas reconhecer o conhecimento já posto e assimilá-lo tal como apresentado. A outra concepção, porém, ressalta a capacidade de interpretação do fenômeno, defendendo que esta “outra abordagem, mais morfo genética, inspirada pela biologia, procura compreender os processos de diferenciação” (DENTIN, 1999, p.141).

Esta concepção diferenciada sugere, pois, a abertura de espaços para a atividade interpretativa, instaurando a subjetividade como sua característica fundamental, a despeito da resistência, nos estames da ciência de gênese positivista, à admissibilidade do subjetivismo como componente indissociável de suas produções (MATURANA; VARELA, 2001).

Em relação aos desdobramentos semânticos ou inerentes às categorias da representação mental, os mesmo emergem tanto em razão de a objetivação ser trespassada por uma nova leitura de mundo - que busca compreender o mundo real e o mundo virtual num sistema contínuo - quanto em virtude de a subjetivação - surpreendentemente repostada pela realidade virtual - acomodar espaços para múltiplas manifestações que desmistificam sua rotulação de mera sequência artificial de dados (DENTIN, Idem).

Tornam-se inevitáveis as implicações transdisciplinares que o uso da tecnologia do virtual no processo de ensino-aprendizagem pode provocar, particularmente em relação radicalismo da representação mental e social, que embora leve em conta uma gama de fatores⁸ para justificar uma possível rejeição, parece se mostrar vulnerável seja pela ideia de senso comum que busca corporificar, seja também por uma percepção do conhecimento como um marco central pronto ou acabado (MATURANA; VARELA, Idem). Por outro lado, a visão equivocada acerca do advento da robótica, em alguma medida, ainda tem alimentado o discurso contra uma possível desrealização, que recorre à fragilidade do argumento da abstração completa do objeto e que, segundo propagandeia, acarretaria o comprometimento do contato físico com perda motora, de acordo com o que insiste VIRILIO (1999).

Os fatos mostram, no entanto, que a experiência da interação sensorial com os suportes físicos que necessariamente conformam o processo de virtualização resulta no que podemos situar como a biofísica do virtual, cujos contornos, delineados por conceitos emergentes na física aplicada, propiciam superfícies de contato (e produção de significados) ao interagir com as dimensões interpretativas da biologia individual. Em outras palavras, as nossas capacidades sensoriais são desafiadas constantemente nas telas de dispositivos móveis,

⁷ Redes neuronais ou, mais propriamente redes neuronais artificiais, são sistemas computacionais baseados numa aproximação ao sistema nervoso central de organismos vivos inteligentes.

⁸ Del Nero (2007) desenvolveu estudos sobre os significados mentais que sustentam as representações individuais e coletivas.

reformulando elos na relação sujeito-objeto, sobretudo em dinâmicas de construção e reconstrução do conhecimento.

A associação entre biologia e informática reflete parte de uma relação de interdependência crescente dessas áreas de conhecimento que, a partir da segunda metade do século XX, explica conquistas que reorientaram o progresso científico como um todo. Ao se reportar diretamente a esse intercâmbio Castells (2005) enfatiza que:

Assim, os avanços decisivos em pesquisas biológicas, como a identificação de genes humanos e segmentos do DNA humano, só conseguem seguir adiante por causa do grande poder da informática. (...) Por outro lado, o uso de materiais biológicos na microeletrônica, apesar de ainda muito distante de uma aplicação mais genérica, já estava em estágio experimental em fins da década de 1990.

Com a aplicação do virtual para o ensino e na pesquisa, os fenômenos microscópicos agora podem ser visualizados *in loco*, numa perspectiva ecológica que rediscute o ‘sacrifício nobre’ da cobaia, retomando uma racionalidade tão valiosa quanto a vigente nos simuladores destinados aos treinamentos de pilotos na aviação. Lévy (1996) também se reporta à virtualização do corpo que possibilita não apenas criar relações entre diferentes espécies, mutualizando órgãos e substâncias, bem como estreitando a fronteira entre o vivo e o não-vivo.

Entre os humanos as próteses sintéticas, implantes e transplantes vêm tornando possível a restauração de funções através de processos que em muito se assemelham ao mecanismo de reposição de peças. Contudo, o exemplo do avanço da engenharia genética aos domínios da clonagem, neste início de terceiro milênio, traduz também a seriedade das questões éticas levantadas com as descobertas da ciência contemporânea e aceleradas pelos feitos da simulação interativa.

Os progressos corroborados através da reconstituição de parâmetros funcionais de objetos virtualizados, permitem conhecer, passo a passo, aspectos que seguramente não seriam (ou melhor, que não são) observados na realidade física, deixando bastante claro a natureza abrangente da digitalização, cuja “base dessas redistribuições é a constituição de objetos virtuais numericamente modelizados, e tornados por isso mesmo sensíveis ao seu meio ambiente” (Weissberg, 1999, p. 117). Tornou-se necessário alargarmos o sentido do que definimos como objeto em muitos campos do conhecimento ou áreas da atividade humana: quer seja quanto aos fenômenos físicos, tais como enchentes, secas, pinturas, molduras, brinquedo, etc.; quer seja no campo da química com a diversidade de seus arranjos moleculares e conseqüentes reações; quer seja na simulação de fenômenos abstratos como

conflitos militares, embates econômicos; que seja na seara da biologia com a recriação ou resgate do seu conjunto indefinido de ecossistemas.

4. Considerações finais

Ainda que em meio ao discurso ultranacionalista insurgente no panorama geopolítico atual, o processo de globalização reafirma, através da difusão das tecnologias da informação e comunicação, uma das expressões mais caras do empreendimento humano e segue interligando o mundo numa crescente que viabiliza a construção de uma sociedade de dimensões planetárias, na qual emergem e dialogam diferentes ideologias, culturas e conceitos. A mundialização e a interconexão de linguagens e conteúdos, impulsionadas pelo avanço dos artefatos tecnológicos, têm reiterado a necessidade de reformulação dos processos de produção de bens e conhecimento, que redimensionam a vida social e cultural dos indivíduos.

O contato cotidiano com novos textos e hipertextos, imagens, signos e significados tem levado ao reconhecimento de que a sociedade em rede está refinando a maioria das capacidades humanas. Memória e representação mental estão sendo constantemente ampliadas em função da convivência com bancos de dados, modelização digital, simulações interativas e etc., com reflexos imediatos na aprendizagem social, ao tempo em que são abertos espaços inauditos para a afirmação da diversidade e respeito às diferenças.

Neste cenário multifacetário de interações abertas, heterogêneas e não lineares, as ciências da educação são constantemente desafiadas a reestruturar e gerar novas teorias e metodologias capazes de integrar cada vez mais os novos estímulos (visuais, táteis e sonoros) disponibilizados pelas tecnologias digitais, de modo que possamos ampliar continuamente nossas competências e habilidades cognitivas.

É, pois, em tal contexto, que nos deparamos com os problemas inerentes ao processo de integração dessas tecnologias à práxis escolar, sobretudo quando focalizadas as dificuldades relacionadas à interação com ambientes virtuais de aprendizagem. Em que pesem os avanços na funcionalidade das plataformas de aprendizagem online (softwares, aplicativos, sites, jogos digitais, etc.) os problemas de interatividade são recorrentes e envolvem questões de ergonomia, design, usabilidade e interface, podendo ser agrupados no espectro mais amplo das interações humano-máquina.

O processo de ensino-aprendizagem enfrenta obstáculos para desenvolver uma cultura de uso sustentável de ambientes virtuais de aprendizagem nos domínios das ciências da

natureza, requerendo a superação de métodos de ensino arraigados, majoritariamente, alicerçados numa cultura centrada no dogmatismo positivista e na leitura fragmentada dos fatos. Precisamente neste campo de conhecimento, a criação ou reestruturação de estratégias metodológicas interativas deve, igualmente, favorecer uma releitura de mundo, rearticulando a relação conceitual envolvendo ciência, tecnologia e cultura.

É factual a necessidade de buscar soluções para mudar a educação em ciências, historicamente confrontada com níveis de desempenho preocupantes, seja nas regiões mais pobres, seja no país como um todo. Os levantamentos trienais do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) mostram recorrentemente que o desempenho médio dos estudantes jovens brasileiros, na área das ciências naturais está bastante aquém da média dos países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Ainda que caibam críticas aos descritores específicos do PISA, é razoável levar em conta as suas indicações, consideradas como parâmetro qualitativo entre as nações industrializadas. Precisamos reconhecer que a contextualização da tecnologia do virtual nos ambientes e nos processos de educação provoca fraturas e recoloca a possibilidade de que a escola ocupe o papel de mediadora da construção e propagação das infovias do conhecimento, reinventando sua condição de propulsora dos movimentos que edificam a inteligência coletiva, tornando-se indispensável para tal construirmos e vivenciarmos uma nova pragmática no *locus* educacional ampliado.

Instaura-se, assim, uma ecologia baseada no encadeamento de ações que envolvem a reinterpretação do conceito de tecnologia, redefinição de objetivos pedagógicos, estabelecimento de metodologias inovadoras, avaliação crítica dos ambientes virtuais de aprendizagem e utilização criativa do ciberespaço, no rol de inúmeras outras reformulações, há tempos reclamadas.

As implicações cotidianas em relação à compreensão e aplicação do conceito de tecnologias de informação e comunicação, considerada a educação como processo de preparação para a convivência com as mesmas, levam a crer que não se sustenta a apelação contra um suposto império das máquinas, de humanos controlados e subjugados pela cibernética, da mesma forma que a antropomorfização ou atribuição de características humanas às máquinas há muito tempo demonstrou a fragilidade de sua ênfase representacional. Os extremismos, por si, sublevam o papel da educação como formadora da inteligência coletiva, desenvolvidora de habilidades e competências que se refazem num ciclo virtuoso que imprime à tecnologia a condição simultânea de meio e produto da evolução de nossas capacidades cognitivas.

Precisamente, no que se refere ao uso da realidade virtual para o ensino de Ciências as principais dificuldades para seu pleno êxito decorrem de procedimento metodológicos ou de visões pré-conceituais enraizadas na natureza dos processos de produção do conhecimento científico, geralmente caracterizado por uma predominante objetivação material (foco no objeto), que desconhece o resgate da subjetividade (foco no sujeito) justamente onde a ciência sectária julgava dela haver se desvencilhado. Por outro lado, as experiências indicam que o discurso de esvaziamento dos espaços tradicionais (salas de aula, biblioteca, carteiras, corredores etc.), em maior ou menor velocidade, foi e vai sendo ultrapassado pela formação de comunidades que se consolidam justamente por sua condição de continuidade do processo de expansão ‘cibersocial’. Requer, porém, a reinvenção do ato de educar como esteio para o alcance das transformações que dependem fundamentalmente do direcionamento que o conjunto da sociedade reconheça como necessário.

No momento dramático em que a humanidade atravessa pandemia da covid-19, provocada pelo vírus Sars-Cov-2, com mais de sete milhões de casos oficialmente registrados e causando a morte de mais um milhão de pessoas em todo o Planeta, este trabalho traz para o debate uma modesta contribuição ao esclarecimento de implicações que permeiam o uso das tecnologias do virtual para os processos educacionais como um todo e, particularmente, ao ensino das ciências naturais, considerando a gravidade do com o fechamento de escolas e a imposição do distanciamento social como barreira de contenção sanitária.

As articulações, envolvendo as percepções da tecnologia, as noções de representação social, as posições culturais, profissionais e institucionais e, sobretudo, a compreensão crítica acerca da natureza dos processos de produção do conhecimento científico reiteram que precisamos refazer o laço sociocultural tecnologia, educação e ciência, inclusive como forma de superação da crise e reagrupamento social, refundando as esperanças da viabilidade de construção de uma educação coerente com as demandas atuais.

REFERÊNCIAS:

- BAUDRILLARD, J. **Televisão/revolução: o caso Romênia**. In: PARENTE, André (Org.). **Imagem-máquina: a era das tecnologias do virtual**. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1999.
- BRENNAND, Edna G. de G. **Admirável mundo virtual**. João Pessoa: UFPB, 2002.1
- CAMBI, Franco. **História da pedagogia**. São Paulo: Editora UNESP, 1999.
- CASTELLS, Manuel. **A Sociedade em Rede**. vol.1 Trad. Roneide Venancio Majer com a colaboração de Klauss Brandini Gerhardt. 8ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 2005.
- CHAVES E. **Uso de computadores em escolas**. Disponível em <http://www.edutec.net/Textos/Self/EDTECH/scipione.htm>. Acesso em 07 out. 2018.

- DEL NERO, Henrique. **O mental como representação**. Disponível em <http://www.lsi.usp.br/~hdelnero/MEST4.html>. Acesso em 12 out. 2018.
- DENTIN, Serge. O virtual nas ciências. In: PARENTE, André (Org.). **Imagem-máquina: a era das tecnologias do virtual**. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1999.
- FAZENDA, Ivani (org.). **Práticas interdisciplinares na escola**. São Paulo: Ed. Cortez, 1996.
- FERREIRA, Gil. **Ciência e tecnologia III: inter-relações com a sociedade**. Disponível em <http://www.ordembilogos/Biologias/N3.html>. Acesso em 28 mar. 2019.
- FREIRE, Paulo. **Ação cultural para a liberdade e outros escritos**. 7ª ed., Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1984.
- IANNI, Octávio. As Ciências Sociais na era da globalização. **Rev. bras. Ci. Soc.** vol. 13 n. 37 São Paulo Jun. 1998 Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-69091998000200002 Acesso em 10 nov. 2017;
- LÉVY, Pierre. **O que é o virtual?** Tradução de Paulo Neves. São Paulo: Ed. 34, 1996.
- _____. **Cibercultura**. Tradução de Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Ed. 34, 1999.
- LITWIN, Edith (org.). **Tecnologia Educacional: política história e propostas**. Porto Alegre: Artes médicas, 1997.
- LUCENA, Marisa. **Diretrizes para a capacitação do professor na área da tecnologia educacional: critérios para avaliação de software educacional**. Rio de Janeiro: CNPq/PUC, 1998.
- MATURANA R., H. VARELA, F. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas do entendimento humano**. Tradução de Humberto Mariotti e Lia Diskin. São Paulo: Pala Athena, 2001;
- MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. Tradução de Edgar NEVES, Lúcia. **Educação e Política no Brasil de Hoje**. São Paulo: Cortez, 1994.
- VALLA, V. V ;HOLLANDA, E. **A escola pública - fracasso escolar saúde e cidadania**. In: VALLA, V.; STOTZ E. (orgs.). **Educação, Saúde e Cidadania**. Petrópolis: Vozes, 1989.
- VIRILIO, Paul. A imagem virtual mental e instrumental. In: PARENTE, André (Org.). **Imagem-máquina: a era das tecnologias do virtual**. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1999.
- WEISSBERG, Jean-Louis. Real e virtual. In: PARENTE, André (Org.). **Imagem-máquina: a era das tecnologias do virtual**. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1999.