



Volume, 15, número, 1, ano 2019

COMPUTAÇÃO QUÂNTICA E O SONHO DE PESTALOZZI

Mauro Antonio Andreata¹

Resumo. Este trabalho resulta da pesquisa bibliográfica que fizemos para responder ao questionamento de alguns alunos da Licenciatura em Física da Universidade Federal de Goiás/Regional Catalão: “Qual é o melhor método de ensino?” Todo aluno espera se tornar um excelente professor e quer encontrar uma receita para ensinar com perfeição. Por isso, discutimos neste trabalho a existência ou não de métodos universais de ensino, isto é, de métodos precisos e infalíveis que permitam, a quem quer que seja, ensinar bem e que sejam aplicáveis ao ensino de todas as matérias. Um dos mais estimados sonhos de Pestalozzi era a obtenção de um método universal de ensino. Acreditamos que o desenvolvimento do computador quântico permitirá entender melhor o cérebro e, em consequência, as leis gerais da aprendizagem humana, de modo que talvez o sonho pestalozziano seja factível.

Palavras-chave: Métodos de ensino. Computação quântica. Redes neurais artificiais.

Abstract. This work results from the bibliographical research we have done to answer the questioning of some students of the Licentiate in Physics of the Federal University of Goiás/Regional Catalão: "What is the best method of teaching?" Every student hopes to become an excellent teacher and wants find a recipe to teach with perfection. Therefore, we discuss in this work the existence or not of universal methods of teaching, that is to say, of precise and infallible methods that allow anyone to teach well and that are applicable to the teaching of all subjects. One of Pestalozzi's most esteemed dreams was the attainment of a universal method of teaching. We believe that the development of the quantum computer will enable us to better understand the brain and, consequently, the general laws of human learning, so that the Pestalozzian dream may be doable.

¹ Doutor em Física pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) Função: Professor associado III na Unidade Acadêmica Especial de Física da Universidade Federal de Goiás/Regional Catalão. E-mail: mauroandreata@yahoo.com.br



Volume, 15, número, 1, ano 2019

Keywords: Teaching methods. Quantum computation. Artificial neural networks.

“Durante longos anos vivi circundado por mais de cinquenta crianças indigentes. Na pobreza, reparti meu pão com eles. Vivi como um mendigo para aprender como fazer os mendigos viverem como homens.”
(PESTALOZZI *apud* EBY, 1976, p. 383)

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho resulta da pesquisa bibliográfica que fizemos para responder ao questionamento de alguns alunos da Licenciatura em Física da Universidade Federal de Goiás/Regional Catalão: “Qual é o melhor método² de ensino?” Todo aluno da Licenciatura espera se tornar um excelente professor e quer encontrar uma receita para ensinar com perfeição. Por isso, discutimos neste trabalho a existência ou não de métodos universais de ensino, isto é, de métodos precisos e infalíveis que permitam, a quem quer que seja, ensinar bem e que sejam aplicáveis ao ensino de todas as matérias. Embora muitos autores acreditem que não é possível desenvolver métodos universais de ensino, ousamos perguntar: será que a computação quântica poderá mudar essa crença?

Na pedagogia existem muitos pontos de vista que se complementam e, às vezes, se contradizem. Não queremos ser dogmáticos. Nossa intenção é convidar o leitor à reflexão e à discussão. Neste trabalho, em essência, nos limitamos a apresentar as ideias de grandes nomes da pedagogia e da física.

2 PESTALOZZI

² Os livros de didática costumam distinguir método, técnica e procedimento. Por exemplo: “*Método* – O significado etimológico da palavra método é: caminho a seguir para alcançar um fim. Para nosso objetivo podemos conceituar método como sendo um roteiro geral para a atividade. O método indica as grandes linhas de ação, sem se deter em operacionalizá-las. Podemos dizer que o método é um caminho que leva até certo ponto, sem ser o veículo de chegada, que é a técnica. *Técnica* – É a operacionalização do método. *Procedimentos* – Maneira de efetuar alguma coisa. Consiste em descrever as atividades desenvolvidas pelo professor e as atividades desenvolvidas pelos alunos” (PILETTI, 1987, p. 102-103, grifo do autor). Alguns autores, contudo, usam as palavras método, técnica e procedimento como sinônimos intercambiáveis. Respeitamos essa intercambiabilidade em nosso texto.



Volume, 15, número, 1, ano 2019

A história da pedagogia nos apresenta inúmeros educadores geniais. Qual seria o maior deles? Na opinião de Luzuriaga³, “o maior gênio, a figura mais nobre da educação e da pedagogia, o educador por excelência e o fundador da escola primária popular, Johann Heinrich Pestalozzi⁴, nasceu em Zurique (Suíça), a 12 de janeiro de 1746” (LUZURIAGA, 1985, p. 173). Ele derramava sentimento: amava os seres humanos e, em especial, as crianças pobres e desamparadas. A miséria é que o atraía, qual a mãe que reserva os melhores carinhos para aquele dos seus que está doente. Pestalozzi foi “o exemplo de um *devotamento total* a sua tarefa e a seus alunos; sacrificou-lhes o seu tempo, suas forças e todos os seus haveres (assim como os de sua mulher)” (CHANEL, 1977, p. 318, grifo do autor). Pestalozzi queria mesmo ser professor e dedicar toda a sua vida aos seus alunos:

O que lhe assegura a imortalidade é seu devotamento à infância, o seu ardor em popularizar a instrução. Sua verdadeira glória foi não aspirar senão a um único emprego, o de mestre-escola⁵. É na escola elementar que desejaria passar a vida. É ao pé da escola que desejava dormir o último sono (RIBOULET, 1951, p. 212-213).

O nome de Pestalozzi se tornou conhecido e respeitado no mundo todo:

Ah!, Pestalozzi, louco sublime, dom Quixote incorrigível, quando te curarias dessa enfermidade admirável do desinteresse, dessa enfermidade admirável da filantropia?... Morrerias bom, Pestalozzi, porque havias nascido assim, para desgraça tua e bem da humanidade. E morrerias pobre e trabalhando, porque tal é a morte que cumpre aos da tua condição!... Morte santa, morte sem morte, porque faz viver na memória do tempo um nome respeitado e amado. Era teu destino e o aceitaste do princípio ao fim de tua estada nesta baixa esfera móvel que é nossa terra (GIORDANO, 1945, p. 314, tradução nossa⁶).

Uma demonstração da grande admiração votada a Pestalozzi é a inscrição em seu túmulo (EBY, 1976, p. 402):

Aqui jaz
HEINRICH PESTALOZZI
Nascido em Zurique, a 12 de janeiro de 1746
Morto em Brugg, a 17 de fevereiro de 1827

³ Lorenzo Luzuriaga (1889-1959), pedagogo espanhol.

⁴ Forma aportuguesada: João Henrique Pestalozzi.

⁵ Mestre-escola: professor do ensino primário; pessoa que ensina.

⁶ Texto original (em espanhol): ¡Ah, Pestalozzi, loco sublime, don Quijote incorregible, ¿cuándo te curarías de esa enfermedad admirable del desinterés, de esa enfermedad admirable de la filantropía?... Morirías bueno, Pestalozzi, porque habías nacido así, para desgracia tuya y bien de la humanidad. ¡Y morirías pobre y trabajado, porque tal es la muerte que cumple a los de tu condición!... Muerte santa, muerte sin muerte, porque hace vivir en la memoria del tiempo un nombre respetado y amado. Era tu destino, y lo aceptaste, del principio al fin de tu estadía en esta baja esfera móvil que es nuestra tierra (GIORDANO, 1945, p. 314).



Volume, 15, número, 1, ano 2019

Salvador dos pobres em Neuhof; em Stantz, o pai dos órfãos;
Em Burgdorf e Münchenbuchsee, fundador da escola popular;
Em Yverdon, o educador da humanidade; homem, cristão, cidadão.
Tudo para os outros, nada para si.
Paz a suas cinzas.
A NOSSO PAI PESTALOZZI
Aargau agradecida.

Eis uma descrição do Pestalozzi:

Pestalozzi estava longe de ser atraente. Era fisicamente pequeno e suas feições eram feias. Sua saúde nunca foi boa. Em acréscimo a isso, estava uma absoluta indiferença quanto ao vestuário e à aparência. Usava calças pelos joelhos e suas meias estavam frequentemente caídas e seus sapatos desamarrados. Seu olhar era ardente e esgazeado, seus modos eram nervosos e era irritadiço na conversação. Era totalmente informal e acessível, igualmente disposto a explicar seus princípios a um rei ou a um camponês. No entanto, com tudo isso, havia um tal espírito de boa vontade e devoção a seu propósito que todos, instintivamente, o amavam e confiavam nele (idem, p. 379).

Quanto a sua atividade docente: “Pestalozzi não era, contudo, em classe, um professor modelo. Seu exterior impressionava mal. Andava desalinhado, não tinha asseio, mastigava sempre a ponta da gravata” (RIBOULET, 1951, p. 210).

3 MÉTODO UNIVERSAL DE ENSINO

Um dos mais estimados sonhos de Pestalozzi era a obtenção de um método universal de ensino:

Pestalozzi estava confiante de que havia descoberto os princípios e o método certos da instrução intelectual elementar. Mais profundo que a maioria de suas outras aspirações era seu desejo de colocar nas mãos de mães analfabetas um método para desenvolver, em seus filhos, os poderes de percepção sensorial, as atividades construtivas e a vida social e moral. O *Livro das Mães*, que fez apressadamente, não o satisfez. Deixou para que outros tentassem um método mecanicamente perfeito e simples, mas este sempre foi um dos mais caros sonhos de Pestalozzi (EBY, 1976, p. 389).

Ele era um alquimista da pedagogia: “Pestalozzi pretende achar a *lei natural* do desenvolvimento dos conhecimentos na alma do menino, de modo que o ensinar e o aprender se reduzam a um mecanismo que trabalhe com a *necessidade* das leis naturais” (RUIZ



Volume, 15, número, 1, ano 2019

AMADO, 1949, p. 247, grifo do autor, tradução nossa⁷). Pestalozzi acreditava que só existe um método universal: “Não há, nem pode haver, dois bons métodos de ensino, mas apenas um e precisamente aquele que se apoia por completo nas leis naturais eternas” (PESTALOZZI *apud* LARROYO, 1970, p. 610). As leis a que ele se refere são as leis do desenvolvimento intelectual, físico e moral do aluno.

Surpreende saber que, na prática, seu método de ensino não era rígido:

Pestalozzi não teve nunca um *método bem fixo*. Não queria *nem livros nem cadernos* nas classes de Berthoud⁸: a sala, as paredes, o corredor, as ferramentas, o vestuário, a roça, eis seus livros. Também não tinha *horário cotidiano*. Não se sabia nunca, de antemão, de que trataria a lição: obedecia à inspiração do momento. O ensino se dirigia à inteligência antes que à memória e os alunos não tinham nada para decorar (RIBOULET, 1951, p. 209, grifo do autor).

Ratke⁹ foi o primeiro homem que realmente procurou descobrir a ordem natural na qual a mente da criança aprende. Ratke e Comênio¹⁰ se interessaram vivamente pela metodologia:

No estudo do realismo do início do século XVII, é bom lembrar que a atenção não estava inteiramente concentrada na observação do mundo exterior. Aqui e lá, líderes estavam começando a observar o processo íntimo de suas próprias mentes e a ver que as operações da vida mental eram também uma parte da natureza. Como um resultado de tais observações, Ratke e Comênio criticaram os grosseiros métodos empregados nas escolas, e iniciaram a busca do *método da natureza*¹¹, o qual tem dominado desde então a Pedagogia moderna (EBY, 1976, p. 143, grifo do autor).

É curioso notar que

O interesse de Comênio pelo método nasceu de sua amarga tristeza da lembrança de seus próprios anos perdidos, os quais, ele testemunhou, “arrancaram suspiros de meu peito, provocaram lágrimas de meus olhos, e encheram meu coração de tristeza”. Descreveu os métodos usados nas escolas de sua meninice como se segue: O método usado... tinha geralmente sido tão severo que as escolas eram encaradas como coisas terríveis para os meninos e matadouros de mentes nos quais a maior parte dos estudantes havia adquirido um desgosto pelo estudo. Por cinco, dez, ou mais anos, eles prendiam a mente em assuntos que poderiam ser dominados em um. O que poderia ser suavemente introduzido no intelecto, era violentamente impresso nele, ou melhor, entulhado nele à custa de chicote (*idem*, p. 168-169).

⁷ Texto original (em espanhol): “Pestalozzi pretende hallar la *ley natural* del desarrollo de los conocimientos en el ánimo del niño, de suerte que, el enseñar y aprender, se reduzcan a un *mecanismo* que obre con la *necesidad* de las leyes naturales” (RUIZ AMADO, 1949, p. 247, grifo do autor)

⁸ Berthoud, chamada Burgdorf em alemão, é uma pequena cidade da Suíça, no cantão de Berna, com aproximadamente 15 mil habitantes.

⁹ Wolfgang Ratke [ou Ratich ou ainda Ratichius] (1571-1635), educador alemão.

¹⁰ Jan Amos Komensky (1592-1670), educador tcheco. Forma aportuguesada: João Amós Comênio.

¹¹ O método da natureza seria aquele que leva em conta a ordem natural que a mente do aluno segue na aprendizagem.



Volume, 15, número, 1, ano 2019

Comênio, ao escrever sua *Didática Magna*, em 1632, supunha ter encontrado um método preciso e infalível de ensino. Eis o título completo da sua obra: *Didática magna: tratado da arte universal de ensinar tudo a todos*. No início do livro, na Saudação aos leitores, ele afirma o seguinte:

Alguns esforçaram-se por arranjar compêndios apenas para ensinar mais facilmente esta ou aquela língua. Outros procuraram encontrar os métodos mais breves para ensinar esta ou aquela ciência ou arte. Outros fizeram outras tentativas. [...] Nós ousamos prometer uma *Didática Magna*, isto é, um método universal de ensinar tudo a todos (COMÊNIO, 1966, p. 45, grifo do autor).

Watson¹², o pai do behaviorismo¹³, acreditava no poder do método:

Deem-me doze crianças sadias, de boa constituição e a liberdade de poder criá-las à minha maneira. Tenho a certeza de que, se escolher uma delas ao acaso, e puder educá-la, convenientemente, poderei transformá-la em qualquer tipo de especialista que eu queira – médico, advogado, artista, grande comerciante, e até mesmo em mendigo e ladrão, independente de seus talentos, propensões, tendências, aptidões, vocações e da raça de seus ascendentes (WATSON *apud* HEIDBREder, 1981, p. 218).

Makarenko¹⁴ expressou curiosa crença na existência de um poderoso e refinado método de ensino. Ele constatou íntima analogia entre a produção material e a educação, sem ver nessa identidade nenhuma mecanização particularmente espantosa:

A nossa produção pedagógica nunca foi construída segundo uma lógica tecnológica, mas sempre segundo a lógica da pregação moral. Isto é especialmente perceptível na área da educação propriamente dita; no trabalho escolar a coisa parece menos visível. É justamente por isso que entre nós estão simplesmente ausentes todos os ramos importantes da produção: o processo tecnológico, o planejamento operacional, o trabalho de construção, a aplicação de condutores e adaptação, normas, controles, constatação e marcação de defeitos. Quando eu pronunciava timidamente tais palavras aos pés do “Olimpo”, os deuses me apedrejavam com tijolos e bradavam que isto é uma teoria mecanicista. E eu, quanto mais pensava, mais semelhança encontrava entre os processos de educação e os processos comuns na produção material, e não havia qualquer terrível mecanicismo nessa semelhança. A personalidade humana, na minha visão, permanecia, sempre, uma personalidade humana em toda a sua complexidade,

¹² John Broadus Watson (1878-1958), psicólogo estadunidense. A tese principal do Watson é a de que “o ser humano e todas as suas atividades podem ser explicadas se considerarmos o indivíduo como máquina que responde aos estímulos” (HEIDBREder, 1981, p. 213).

¹³ “O problema geral da psicologia, segundo o behaviorista, é o de prever e controlar o comportamento. De modo mais exato, a tarefa da psicologia é a de determinar os estímulos que provocam certas respostas, e as respostas provocadas por quaisquer estímulos” (idem, p. 217).

¹⁴ Anton Semionovitch Makarenko (1888-1939), pedagogo ucraniano. Makarenko realizou com êxito a tarefa hercúlea de reeducar crianças e jovens abandonados, viciados e delinquentes.



Volume, 15, número, 1, ano 2019

riqueza e beleza, mas mesmo por isso parecia-me necessário abordá-la com parâmetros mais precisos, maior responsabilidade e mais ciência, e não mera histeria obscurantista. A analogia muito profunda entre a indústria e a educação não só não ofendia a minha imagem do ser humano mas, pelo contrário, me enchia de respeito especial por ele, porque não se pode lidar sem respeito tampouco com um complexo maquinismo mecânico (MAKARENKO, 1986, p. 167-168).

Parece que, de Ratke em diante, todos admitiam a possibilidade de desenvolver um método universal de ensino. Todavia, a partir do final do século XIX, com o estabelecimento da Escola Nova¹⁵, as opiniões começaram a divergir e tornaram-se diametralmente opostas:

Convém insistir no fato de que a pedagogia nova não vem com receitas mais seguras, mais engenhosas, para fazer adquirir os conhecimentos usuais; que não torna mais fácil a tarefa do mestre; que conduz até ao oposto do sonho pestalozziano de um método preciso e infalível que permitisse, a quem quer que fosse, ensinar bem. Exige, ao contrário, senão muito mais ciência, ao menos ciência muito mais bem assimilada e qualidades intelectuais e afetivas muito particulares (LEIF; RUSTIN, 1960, p. 356).

Numa obra cujo original é de 1932, encontramos uma assertiva categórica:

Não existem métodos universais de ensino, isto é, técnicas igualmente aplicáveis ao ensino de todas as matérias. Os esforços realizados por alguns pedagogistas, como, por exemplo, Comênio, Pestalozzi, Herbart¹⁶, Sallwürk¹⁷, Dörpfeld¹⁸ e outros, no sentido de estabelecer um processo didático adaptável a todos os tipos de aprendizagem, foram inúteis e vão (AGUAYO, 1970, p. 63).

Eis um exemplo mais recente: “Sem dúvida, é inútil pretender-se uma didática universal” (NOT, 1993, p. 12). Alguns autores chegam a suspeitar da sanidade mental dos que acreditam em métodos infalíveis. Ao falar de Ratke, por exemplo, eis o que diz um estudioso: “Não estava em seu juízo perfeito quando afirmava que seu sistema era infalível e extraordinário” (GIORDANO, 1945, p. 174, tradução nossa¹⁹). Quiçá os psicólogos tenham razão: “A busca de perfeição é uma causa perdida desde o início” (HALL; LINDZEY; CAMPBELL, 2000, p. 137). O problema talvez seja o exagero ou metodomania:

Metodomania é a exagerada estima dos métodos pedagógicos, como se sua perfeição pudesse suprir a habilidade e o trabalho do educador. Pestalozzi esteve atacado desta

¹⁵ A primeira escola nova foi criada em 1889, na Inglaterra (LUZURIAGA, 1985, p. 230), pelo reformador educacional inglês Cecil Reddie (1858-1932).

¹⁶ Johann Friedrich Herbart (1776-1841), filósofo e pedagogo alemão. Forma portuguesa: João Frederico Herbart.

¹⁷ Ernst Von Sallwürk (1839-1926), pedagogo alemão.

¹⁸ Friedrich Wilhelm Dörpfeld [(1824-1893), educador alemão.

¹⁹ Texto original (em espanhol): “No estaba en todos sus puntos cuando afirmaba que su sistema era infalible y extraordinario” (GIORDANO, 1945, p. 174).



Volume, 15, número, 1, ano 2019

enfermidade, quando buscava um método de educação tal que as mais ignorantes mães pudessem, apenas seguindo-o, educar perfeitamente seus filhos. A metodomania pode dizer-se que data de Basedow²⁰, que prometia com seus segredos metódicos a transformação do ensino público. Ao contrário, todos os grandes educadores entenderam que sem bons professores nada se pode fazer com os métodos mais admiráveis (RUIZ AMADO, 1949, p. 360, grifo do autor, tradução nossa²¹).

Alguns autores se opõem ao método com veemência:

Diante da complexidade do processo da aprendizagem, certos educadores revolucionários negam o valor dos métodos, sustentado que “o verdadeiro método consiste em não ter método algum”. Na opinião desses educadores, o método constitui a morte de toda Educação, a ruína de toda formação espiritual, pois mecaniza o ensino, impedindo o livre exercício da atividade criadora da criança, assim como da iniciativa pessoal do mestre (MIRANDA SANTOS, 1967, p. 29).

Notemos, contudo, que

Essa objeção se desfaz, entretanto, ao considerar-se o método pedagógico, não como uma série de fórmulas rígidas e mecânicas, mas como um conjunto de princípios plásticos e flexíveis que se podem ajustar, perfeitamente, à atividade espontânea e livre da criança e ao trabalho criador do mestre (idem, 1967, p. 29).

Não é possível evitar o método:

O método é ineludível para a ação didática, mas deve eliminar de suas entranhas a rigidez que sobrevém do formalismo racional com que costuma se organizar. Mesmo os inimigos do método não podem evitá-lo, porque ao praticar o ato educativo levam em sua alma a influência de formas e normas tradicionais que irracionalmente operam. Seus fundamentos não são estritamente racionais. Dois princípios básicos o regem: um psicológico e outro lógico, um espontâneo e outro ordenado, um tema vivo, flutuante, indeterminado e outro assunto preestabelecido. Por um lado, forças espontâneas de desenvolvimento e, por outro, conteúdos culturais (MANTOVANI, 1952, p. 136-137, tradução nossa²²).

²⁰ Johann Bernhard Basedow (1724-1790), educador alemão. Forma aportuguesada: João Bernardo Basedow.

²¹ Texto original (em espanhol): *Metodomanía* es la exagerada estima de los métodos pedagógicos, como si su perfección pudiera suplir la habilidad y trabajo del educador. Pestalozzi estuvo atacado de esta enfermedad, cuando buscaba un método de educación tal, que las más ignorantes madres pudieran, con sólo seguirlo, educar perfectamente a sus hijos. La metodomanía puede decirse que data de Basedow, que prometía con sus secretos metódicos la transformación de la enseñanza pública. Al contrario, todos los grandes educadores han entendido que, sin buenos maestros, nada se puede hacer con los métodos más admirables (RUIZ AMADO, 1949, p. 360, grifo do autor).

²² Texto original (em espanhol): El método es ineludible para la acción didáctica, pero debe eliminar en su entraña la rigidez que sobreviene del formalismo racional con que suele organizarse. Aun los enemigos del método no pueden eludirlo porque al practicar el acto educativo llevan en su alma la influencia de formas y normas tradicionales que irracionalmente opera. Sus fundamentos no son estrictamente racionales. Dos principios básicos lo rigen: uno psicológico y otro lógico, uno espontâneo y otro ordenado, un sujeto vivo, fluctuante, indeterminado, y un objeto preestablecido. Por un lado, fuerzas espontâneas de desarrollo y por otro, contenidos culturales (MANTOVANI, 1952, p. 136-137).



Volume, 15, número, 1, ano 2019

Modernamente, podemos dizer que “[...] método de ensino não é caminho por que devam passar os conhecimentos do professor para o educando, mas caminho por que deve passar o educando a fim de que ele mesmo seja o artífice de sua própria aprendizagem” (NÉRICI, 1972, p. 64).

4 REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Qual o principal impedimento à materialização do sonho de Pestalozzi? Certamente falta-nos o conhecimento adequado das leis gerais da aprendizagem humana. Para estudar como os seres humanos aprendem, costumamos desenvolver modelos matemáticos tais como as redes neurais artificiais. Recordemos alguns fatos e ideias essenciais:

Redes neurais artificiais são técnicas computacionais que apresentam um modelo matemático inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes e que adquirem conhecimento através da experiência. Uma grande rede neural artificial pode ter centenas ou milhares de unidades de processamento; já o cérebro de um mamífero pode ter muitos bilhões de neurônios. O sistema nervoso é formado por um conjunto extremamente complexo de células, os neurônios. [...] Os neurônios se comunicam através de sinapses. Sinapse é a região onde dois neurônios entram em contato e através da qual os impulsos nervosos são transmitidos entre eles. [...] Em média, cada neurônio forma entre mil e dez mil sinapses. O cérebro humano possui cerca de cem bilhões de neurônios, e o número de sinapses é de mais de cem trilhões, possibilitando a formação de redes muito complexas (CARVALHO, 2009, p. 1-2).

Eis o que sabemos sobre o neurônio biológico:

Os neurônios são divididos em três seções: *o corpo da célula*, *os dendritos* e *o axônio*, cada um com funções específicas porém complementares. O corpo do neurônio mede apenas alguns milésimos de milímetros, e os dendritos apresentam poucos milímetros de comprimento. O axônio, contudo, pode ser mais longo e, em geral, tem calibre uniforme. Os dendritos têm por função receber as informações, ou *impulsos nervosos*, oriundas de outros neurônios e conduzi-las até o corpo celular. Aqui, a informação é processada, e novos impulsos são gerados. Estes impulsos são transmitidos a outros neurônios, passando através do axônio até os dendritos dos neurônios seguintes (BRAGA; CARVALHO; LUDERMIR, 2000, p. 5-6, grifo do autor).

O neurônio artificial foi proposto com base no que se sabia do neurônio biológico:

Sua descrição matemática resultou em um modelo com n terminais de entrada x_1, x_2, \dots, x_n (que representam os dendritos) e apenas um terminal de saída y (representando o axônio). Para emular o comportamento das sinapses, os terminais de



Volume, 15, número, 1, ano 2019

entrada do neurônio têm pesos acoplados w_1, w_2, \dots, w_n cujos valores podem ser positivos ou negativos, dependendo de as sinapses correspondentes serem inibitórias ou excitatórias (idem, p. 7-8).

Devemos destacar que:

A propriedade mais importante das redes neurais é a habilidade de aprender de seu ambiente e com isso melhorar seu desempenho. Isso é feito através de um processo iterativo de ajustes aplicado a seus pesos, o treinamento. O aprendizado ocorre quando a rede neural atinge uma solução generalizada para uma classe de problemas (CARVALHO, 2009, p. 4).

É demorado e complicado realizar cálculos envolvendo números tão grandes: mais de cem trilhões de sinapses! Nossos melhores supercomputadores clássicos levariam anos para realizar cálculos tão complexos. O computador quântico será capaz de fazer em minutos esses cálculos, afinal: “Computadores quânticos prometem realizar cálculos considerados impossíveis para computadores clássicos” (IVANCEVIC; IVANCEVIC, 2010, p. 3, tradução nossa²³). O computador quântico é um dispositivo que realiza cálculos usando a superposição quântica e outros princípios da física quântica. A memória do computador clássico é composta de *bits*. Um *bit* é a menor quantidade de informação possível e pode ter apenas os valores 0 ou 1. O computador clássico pode ser implementado com um disjuntor. O disjuntor fechado (flui corrente elétrica) corresponderia ao *bit* 1. O disjuntor aberto (não flui corrente elétrica) corresponderia, então, ao *bit* 0. O que muda no computador quântico é que o *bit* pode ter os valores 0 e 1, como no caso clássico, mas pode também estar numa superposição desses valores, ou seja, pode ter os valores 0 e 1 simultaneamente! (classicamente, seria um disjuntor no qual passa corrente elétrica e não passa ao mesmo tempo!) São os chamados *qubits*, isto é, os *bits* quânticos. Isso gera novas possibilidades que o computador clássico não tem. O computador quântico poderá ser implementado usando átomos ou fótons (a luz é composta de fótons).

²³ Texto original (em inglês): “Quantum computers promise to perform calculations believed to be impossible for ordinary computers” (IVANCEVIC; IVANCEVIC, 2010, p. 3).



Volume, 15, número, 1, ano 2019

Talvez seja necessário um demônio de Laplace²⁴ para interpretar os dados que serão fornecidos pelo computador quântico? O demônio de Laplace é um ser imaginário capaz de analisar uma quantia gigantesca de dados:

Uma inteligência que conhecesse, num dado instante de tempo, todas as forças que agem na natureza, bem como as posições momentâneas de todos os corpos que compõem o universo, seria capaz de incluir os movimentos das maiores e das menores entidades numa fórmula única, desde que seu intelecto fosse suficientemente poderoso para analisar todos os dados; para tal inteligência nada seria incerto, tanto o passado quanto o futuro estariam diante dos seus olhos (LAPLACE, 1840, p. 4, tradução nossa²⁵).

Naturalmente, precisaríamos de um demônio de Laplace cujo cérebro fosse quântico! Há discussões a respeito da seguinte questão: o cérebro é um computador quântico? Por exemplo, “[...] a complexidade dos processos cognitivos humanos gerados pelo cérebro só podem ser explicados se o cérebro for capaz de atuar como um computador quântico” (SCHLOSSHAUER, 2007, p. 367, tradução nossa²⁶). Se for verdadeira essa hipótese, “as redes neurais artificiais clássicas seriam intrinsecamente insuficientes para simular completamente o cérebro” (idem, ibidem²⁷).

Queremos conhecer as leis gerais da aprendizagem humana detalhadamente. Isso faz parte do antigo desejo humano de saber tudo: “Quando se pergunta a um homem o que ele gostaria de ser, este fala pela boca da sua religião: quero a onisciência, quero saber tudo” (LUNATCHARSKI²⁸, 1988, p. 43). Talvez seja melhor não ter onisciência?

A ignorância é a condição necessária, não direi da felicidade, mas da própria existência. Se conhecêssemos tudo, não poderíamos suportar a vida nem uma hora; os

²⁴ Pierre-Simon Laplace (1749-1827), físico, matemático e filósofo francês. Laplace acreditava fortemente no determinismo, ou seja, pensava que existe uma relação entre os fenômenos pela qual estes se acham ligados de modo tão rigoroso que, a um dado momento, todo fenômeno está completamente condicionado pelos que o precedem e acompanham e condiciona, com o mesmo rigor, os que lhe sucedem.

²⁵ Texto original (em francês): Une intelligence qui, pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée, et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome: rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir comme le passé, serait présent à ses yeux (LAPLACE, 1840, p. 4).

²⁶ Texto original (em inglês): “[...] the complexity of human cognitive processes generated by the brain may be explainable only if the brain is capable of acting as a quantum computer” (SCHLOSSHAUER, 2007, p. 367).

²⁷ Texto original (em inglês): “Classical artificial neuronal networks would be intrinsically insufficient to fully simulate the brain” (idem, ibidem).

²⁸ Anatoli Vassilievitch Lunatcharski (1875-1933), político ucraniano.



Volume, 15, número, 1, ano 2019

sentimentos que a tornam agradável, ou ao menos tolerável, nascem da mentira e se alimentam de ilusões (FRANCE²⁹, 1968, p. 22, tradução nossa³⁰).

Quando estará disponível o computador quântico? “É uma questão em aberto se esses computadores quânticos existirão em tempo previsível e qual sua forma. Atualmente, está em curso uma grande corrida internacional nesse sentido, e essa corrida representa a pedra fundamental para uma nova tecnologia” (ZEILINGER, 2005, p. 158).

Para saber mais sobre computação quântica consulte-se, por exemplo, o livro *Computação quântica e informação quântica* (NIELSEN; CHUANG, 2005). Quem nunca estudou mecânica quântica, poderá consultar dois livros introdutórios muito didáticos: *À procura do Big Bang: física quântica e cosmologia* (GRIBBIN, 1988) e *A face oculta da natureza: o novo mundo da física quântica* (ZEILINGER, 2005).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acreditamos que o desenvolvimento do computador quântico permitirá entender melhor o cérebro e, em consequência, as leis gerais da aprendizagem humana, de modo que podemos nos fazer um importante questionamento: o bonito sonho pestalozziano é factível?

Para facilitar e estimular a aprendizagem, precisamos conhecer os alunos. Rousseau³¹, num livro publicado em 1762, já pedia: “Começai, pois, por melhor estudar vossos alunos, pois com toda a certeza não os conheceis” (ROUSSEAU, 2004, p. 4). A ideia de conhecer os alunos levou Claparède³² a propor uma escola sob medida:

Quando o alfaiate faz uma roupa – escrevia eu em 1905 – acerta-a pelo corpo do freguês, e, quando este é baixo e gordo, não lhe impõe um terno apertado, sob pretexto de ser a largura que lhe corresponde. O sapateiro, fazendo um sapato, começa por traçar num papel os contornos do pé que vai calçar, e consigna suas particularidades e até suas deformações. O chapeleiro adapta seus chapéus ao mesmo tempo à forma

²⁹ Jacques Anatole François Thibault, mais conhecido como Anatole France (1844-1924), escritor francês. Prêmio Nobel de literatura de 1921.

³⁰ Texto original (em espanhol): La ignorancia es la condición necesaria, no diré de la felicidad, sino de la existencia misma. Si lo conociéramos todo, no podríamos soportar la vida ni una hora; los sentimientos que nos la ofrecen apacible o por lo menos tolerable, nacen de una mentira y se alimentan de ilusiones (FRANCE, 1968, p. 22).

³¹ Jean-Jacques Rousseau (1712-1778), pedagogo e filósofo suíço.

³² Édouard Claparède (1873-1940), neurologista, psicólogo e educador suíço.



Volume, 15, número, 1, ano 2019

e à dimensão dos crânios... Pelo contrário, o pedagogo veste, calça e cobre todos os espíritos do mesmo jeito. [...] Por que não se tem para o espírito as atenções dispensadas ao corpo, à cabeça, aos pés? (CLAPARÈDE, 1961, p. 187-188).

No futuro, talvez seja possível uma escola quântica sob medida. Se conseguirmos, com o auxílio da computação quântica, elaborar um método universal de ensino, outro sonho de Pestalozzi também se tornará realidade: assegurar uma vida mais feliz e mais virtuosa para todo indivíduo. Afinal, segundo Pestalozzi, a educação é a única filantropia efetiva, o primeiro de todos os direitos humanos e o meio adequado para a reforma social.

REFERÊNCIAS

AGUAYO, Alfredo Miguel. **Didática da escola nova**. Tradução de João Baptista Damasco Penna e Antônio d'Ávila. 14. ed. São Paulo: Nacional, 1970. 368 p. [Título original (em espanhol): *Didáctica de la escuela nueva*, 1932.]

BRAGA, Antônio de Pádua; CARVALHO, André Ponce de Leon Ferreira de; LUDERMIR, Teresa Bernarda. **Redes neurais artificiais: teoria e aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 262 p.

CARVALHO, André Ponce de Leon Ferreira de. **Redes neurais artificiais**. São Carlos: USP, 2009. Disponível em: <<http://www2.icmc.usp.br/~andre/research/neural/>>. Acesso em: 17 mai. 2013.

CHANEL, Émile. **Grandes temas da pedagogia**. Tradução de Maria José Gonçalves de Almeida. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977. 328 p. [Título original (em francês): *Les grands thèmes de la pédagogie*, 1970.]

CLAPARÈDE, Édouard. A escola sob medida. In: _____. **A escola sob medida: e estudos complementares sobre Claparède e sua doutrina**, por Jean Piaget, Louis Meylan, Pierre Bovet.



Volume, 15, número, 1, ano 2019

Tradução de Maria Lúcia do Eirado Silva. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961. 247 p. [Título original (em francês): L'école sur mesure, 1920.]

COMÊNIO, João Amós. **Didática magna**: tratado da arte universal de ensinar tudo a todos. Tradução de Joaquim Ferreira Gomes. 4. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1966. 525 p. [Título original (em latim): Didactica magna, 1657. Completada em 1632, em língua tcheca, a Didática Magna foi traduzida para o latim e publicada em 1657, em Amsterdã.]

EBY, Frederick. **História da educação moderna**: teoria, organização e práticas educacionais. Tradução de Maria Angela Vinagre de Almeida, Nelly Aleotti Maia e Malvina Cohen Zaide. 2. ed. Porto Alegre: Globo, 1976. 633 p. [Título original (em inglês): The development of modern education: in theory, organization, and practice, 1952.]

FRANCE, Anatole. El jardin de Epicuro. In: _____. **Novelas completas y otros escritos**. Tradução em espanhol de Luis Ruiz Contreras. 2. ed. Madri: Aguilar, 1968. v. 3. 1205 p. [Título original (em francês): Le jardin d'Épicure, 1895.]

GIORDANO, Alberto. **Los genios de la educación**. Buenos Aires: Sophos, 1945. 477 p.

GRIBBIN, John. **À procura do Big Bang**: física quântica e cosmologia. Tradução de Maria Helena V. Picciochi. Lisboa: Presença, 1988. 325 p. [Título original: In search of the Big Bang: quantum physics and cosmology, 1986.]

HALL, Calvin S.; LINDZEY, Gardner; CAMPBELL, John B. **Teorias da personalidade**. Tradução de Maria Adriana Veríssimo Veronese. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. 591 p. [Título original (em inglês): Theories of personality, 1998.]

HEIDBREder, Edna. **Psicologias do século XX**. Tradução de Lauro S. Blandy. 5. ed. São Paulo: Mestre Jou, 1981. 391 p. [Título original (em inglês): Seven psychologies, 2. ed., 1956.]



Volume, 15, número, 1, ano 2019

IVANCEVIC, Vladimir G.; IVANCEVIC, Tijana T. **Quantum neural computation**. Dordrecht : Springer, 2010. 929 p.

LAPLACE, Pierre-Simon. **Essai philosophique sur les probabilités**. 6. ed. Paris: Bachelier, 1840. 274 p. [A primeira edição é de 1814.]

LARROYO, Francisco. **História geral da pedagogia**. Tradução de Luiz Aparecido Caruso. São Paulo: Mestre Jou, 1970. v. 2. 499 p. [Título original (em espanhol): Historia general de la pedagogía, 10. ed., 1967.]

LEIF, Joseph Jacques; RUSTIN, Georges. **Pedagogia geral**: pelo estudo das doutrinas pedagógicas. Tradução de Luiz Damasco Penna e João Baptista Damasco Penna. São Paulo: Nacional, 1960. 429 p. [Título original (em francês): Pédagogie générale par l'étude des doctrines pédagogiques, 1953.]

LUNATCHARSKI, Anatoli. **Sobre a instrução e a educação**. Tradução de Filipe Guerra. Moscou: Edições Progresso, 1988. 302 p. [Livro composto por artigos e discursos pronunciados e publicados originalmente entre 1918 e 1928.]

LUZURIAGA, Lorenzo. **História da educação e da pedagogia**. Tradução de Luiz Damasco Penna e João Baptista Damasco Penna. 16. ed. São Paulo: Nacional, 1985. 285 p. [Título original (em espanhol): Historia de la educación y de la pedagogía, 1959.]

MAKARENKO, Anton Semionovitch. **Poema pedagógico**. Tradução direta do russo de Tatiana Belinky. São Paulo: Brasiliense, 1986. v. 3. 265 p. [Título original (em russo): Pedagogúicheskaya poema, 1935.]



Volume, 15, número, 1, ano 2019

MANTOVANI, Juan. **La educación y sus tres problemas**. 3. ed. Buenos Aires: El Ateneo, 1952. 154 p.

MIRANDA SANTOS, Theobaldo. **Noções de metodologia do ensino primário**. 11. ed. São Paulo: Nacional, 1967. 251 p.

NÉRICI, Imídeo Giuseppe. **Ensino renovado e fundamental**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1972. 197 p.

NIELSEN, Michael A.; CHUANG, Isaac L. **Computação quântica e informação quântica**. Tradução de Ivan S. Oliveira. Porto Alegre: Bookman, 2005. 733 p. [Título original (em inglês): Quantum computation and quantum information, 2000.]

NOT, Louis. **Ensinando a aprender: elementos de psicodidática geral**. Tradução de Carmen Sylvia Guedes e Cláudia Signorini. São Paulo: Summus, 1993. 167 p. [Título original (em francês): Enseigner et faire apprendre: elements de psycho-didactique générale, 1987.]

PILETTI, Claudino. **Didática geral**. 8. ed. São Paulo: Ática, 1987. 258 p.

RIBOULET, Louis. **História da pedagogia**. Tradução de Justino Mendes. São Paulo: Francisco Alves, 1951. v. 3. 238 p. [Título original (em francês): Histoire de la pédagogie, 1935.]

ROUSSEAU, Jean-Jacques. **Emílio ou da educação**. Tradução de Roberto Leal Ferreira. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2004. 711 p. [Título original (em francês): Émile ou de l'éducation, 1762.]

RUIZ AMADO, Ramón. **Historia de la educación y la pedagogía**. Buenos Aires: Poblet, 1949. 409 p.



Volume, 15, número, 1, ano 2019

SCHLOSSHAUER, Maximilian. **Decoherence and the quantum-to-classical transition.** Berlin: Springer, 2007. 416 p.

ZEILINGER, Anton. **A face oculta da natureza:** o novo mundo da física quântica. Tradução de Luiz Repa. São Paulo: Globo, 2005. 276 p. [Título original (em alemão): Einsteins Schleier: die neue Welt der Quantenphysik, 2004.]