

HÁ 70 ANOS ERA DESCOBERTO O ELETROENCEFALOGRAMA

A mente elétrica

Graças à obstinação do psiquiatra alemão Hans Berger (1873-1941), a humanidade compreendeu, há 70 anos, que a atividade mental estava relacionada à atividade elétrica do cérebro. A história dessa descoberta foi marcada por rivalidades, pesquisas feitas em segredo e descrédito de grande parte da comunidade científica. Mas o eletroencefalograma, como Berger definiu a expressão da atividade elétrica cerebral, passaria a ter grande relevância tanto na pesquisa básica quanto na clínica, tornando-se um instrumento de diagnóstico decisivo na identificação de tumores e distúrbios cerebrais.

O ser humano acreditou, por vários séculos, que a mente não era produto de seu corpo mas sim outra fonte de energia, independente da matéria. Essa crença só começou a ser refutada no fim do século passado. Para isso, foram necessárias décadas de discussões acaloradas e o árduo trabalho de muitos cientistas, sobretudo de neuroanatomistas. Baseados no exame de cérebros de vítimas de acidentes com seqüelas psíquicas, pesquisadores descobriram, em meados do século 19, que lesões em determinadas regiões do cérebro provocavam deficiências mentais específicas, como perda da expressão verbal, cegueira ou surdez.

Interessados em entender a relação entre as regiões cerebrais e a atividade mental, diversos pesquisadores iniciaram experiências com a eletricidade do siste-

ma nervoso. A exploração intensiva e sistemática do cérebro usando estimulação elétrica começou na segunda metade do século 19. Os primeiros experimentos foram feitos em animais. Como eles não podem relatar ao pesquisador o que vêem ou sentem, a primeira função estudada não foi sensorial, mas motora.

Introduzindo minúsculos fios metálicos no cérebro, os pesquisadores conseguiam produzir uma excitação elétrica localizada, que freqüentemente resultava no movimento de uma parte do corpo. Mas a estimulação não funcionava em qualquer região; os pontos em que ela gerava movimentos estavam concentrados na porção frontal do cérebro do cachorro. Além disso, estímulos de igual intensidade aplicados no mesmo ponto provocavam sempre o mesmo movimento, indi-

cando que ativações elétricas em regiões bem definidas do cérebro geram contrações de músculos diferentes.

Se existia uma área responsável pelos movimentos, também deveria haver uma região diferente para cada sentido. Além disso, os cientistas acreditavam que se a estimulação elétrica de regiões motoras gerava movimentos, a 'resposta' cerebral ao estímulo sensorial também deveria ser uma atividade elétrica. Portanto, deveria ser possível detectá-la com eletrodos (fios metálicos sensíveis a pequenas variações de voltagem).

Eram usados dois eletrodos por vez, cada um inserido no cérebro do animal e conectado a um dos dois pólos de um galvanômetro, aparelho que acusava variações da voltagem entre os dois eletrodos. O princípio era o mesmo do atual

Há 70 anos

voltímetro, com a diferença que, em vez de tomada ou bateria de carro, o cérebro ficava entre os eletrodos. Para encontrar a região cerebral ativada por um estímulo sensorial, como o som de um sino ou a luz de uma chama, bastaria mover os eletrodos até achar uma posição em que o galvanômetro acusasse uma diferença de voltagem quando o som ou a luz aparecessem.

Parecia bastante simples. Em 1875, o fisiologista inglês Richard Caton (1824-1926) comprovou que regiões do cérebro cuja destruição causava deficiência visual emitiam correntes elétricas quando se acendia, no escuro, a luz de uma chama em frente ao animal. A mesma descoberta foi repetida em 1890, independentemente, pelo polonês Adolf Beck (1863-1942). Mas havia um detalhe: embora mostrassem que havia uma resposta elétrica no cérebro à ativação dos sentidos, as correntes observadas eram muito pequenas (só de alguns microvolts), um milhão de vezes mais fracas que a voltagem que hoje alimenta nossos eletrodomésticos! Com os instrumentos da época, essas correntes não eram detectadas com muita precisão e, por isso, não eram suficientes



para localizar as funções mentais no cérebro.

Tanto Caton quanto Beck fizeram, cada um em seu país, uma observação surpreendente e problemática: na ausência de estímulos sensoriais, havia uma oscilação 'espontânea' da diferença de voltagem entre dois pontos no cérebro. Mas, ao contrário do esperado, essa oscilação 'desaparecia' quando os sentidos eram estimulados. Para alguns pesquisadores, uma corrente cerebral pequena demais e outra que desaparecia já eram o suficiente para não ver futuro na eletricidade cerebral. Mas, para outros, representavam justamente a prova que estava faltando.

O registro da atividade mental

Hans Berger buscava há anos um sinal da encarnação da mente no cérebro, estudando suas variações de temperatura. Em 1909, ao ler os trabalhos de Caton e Beck, convenceu-se de que oscilações elétricas espontâneas poderiam fornecer a chave para o estudo da tradução da 'energia orgânica' em 'energia psíquica'.

No centro de psiquiatria da Universidade de Jena, onde trabalhava, Berger era repudiado por seus colegas, que não o consideravam um 'verdadeiro psiquiatra' por preferir o estudo da fisiologia cerebral às consultas clínicas. O medo de ser ainda mais ridicularizado talvez explique por que ele manteve suas experiências em segredo.

O psiquiatra alemão tentou por 15 anos repetir os resultados de Beck e Caton, usando animais de laboratório. Muito cético, tinha dificuldade de se convencer de seu próprio êxito. Mas logo outros pesquisadores começariam a publicar resultados positivos com animais, o que o incentivaria a investir em experimentos com humanos. Isso requeria ousadia: para estudar seres humanos, Berger só poderia usar os eletrodos sobre a pele em vez de diretamente sobre o cérebro (figura 1). A eletricidade cerebral, já de pequena intensidade, seria atenuada ao atravessar o crânio. Além disso, ele só contava com um galvanômetro de corda, aparelho sensível demais que partia-se com sobrecargas súbitas. Para observar os movimentos que a voltagem produzia na linha do aparelho, era necessário ampliá-los com um projetor, que lançava a sombra da linha sobre a parede do laboratório.

Como Berger trabalhava em sigilo, seus principais voluntários foram os próprios filhos adolescentes, Klaus e Ilse, e alguns pacientes da clínica. Para estudar a atividade cerebral 'espontânea'

Figura 1. O sistema atual, apesar de aperfeiçoado, é em essência muito parecido com o usado por Berger

(não provocada por estímulos externos), Berger instalava o voluntário em um assento confortável num quarto escuro, isolado de quaisquer ruídos, e o instruía a fechar os olhos e tentar relaxar. Um pequeno contato de prata era colado na testa e outro na nuca do voluntário. Começava então o registro: o galvanômetro indicava uma atividade elétrica periódica, de amplitude regular, sempre de aproximadamente 10 ondas por segundo. Mas a atividade elétrica espontânea registrada em humanos era pequena, de apenas 50 milionésimos de volt.

Cauteloso, Berger procurou se convencer de que se tratava de eletricidade proveniente do cérebro, e não de artefatos musculares, mecânicos ou elétricos do seu aparelho. Testou, para isso, eletrodos diferentes, até inserir agulhas de prata sob o couro cabeludo dos voluntários. Observou então que isso aumentava a amplitude do sinal. Examinou voluntários diferentes, inclusive portadores de lesões cranianas que deixavam o cérebro exposto. Neles, o sinal elétrico era ainda mais forte. Certificou-se que os movimentos faciais não interferiam no sinal elétrico e, por fim, conseguiu reproduzir seus resultados com um galvanômetro industrial, de maior sensibilidade.

Não havia mais dúvidas: a eletricidade registrada no couro cabeludo humano vinha do cérebro. Em 1925, o russo Prawdicz-Neminsky relatara a presença de oscilações espontâneas de voltagem no cérebro de cachorros, chamadas

de-as de 'eletrocerebrograma'. Berger não gostou do termo que misturava grego (eletro) e latim (cérebro) e mudou-o para 'eletroencefalograma', nome que usou no primeiro relato de suas descobertas em 1929, na revista alemã *Archiven für Psychiatrie*.

Foi a partir de então que começou a estudar os efeitos da estimulação dos sentidos. Descobriu que enquanto o eletroencefalograma de uma pessoa relaxada era dominado por ondas elétricas de 10 ciclos, um estímulo provocava seu desaparecimento, como haviam observado Caton e Beck. Mas com o auxílio do novo galvanômetro, Berger pôde ver que, quando as ondas de 10 ciclos desapareciam, restava ainda outro tipo de atividade elétrica, um ritmo de menor amplitude, porém mais rápido, de 20 a 30 ciclos por segundo.

Essa mudança dos ritmos cerebrais não era específica: qualquer estímulo – luz, toque, som – funcionava. Porém – detalhe que só Berger percebera –, o efeito só ocorria se o estímulo atraísse a 'atenção consciente' do voluntário. Para Berger, essa era uma descoberta de extrema importância: seu eletroencefalograma não revelava apenas a atividade cerebral espontânea ou provocada por um mero estímulo, mas sim a 'atividade mental' do homem!

A mais bela e convincente prova de que o eletroencefalograma mostrava um instantâneo da mente funcionando foi fornecida em um experimento que Berger fez com sua filha (figura 2). Insta-

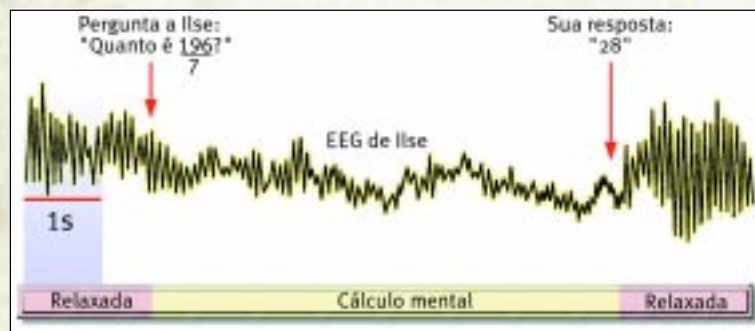
lada confortavelmente no escuro, Ilse, relaxada, produzia um eletroencefalograma com belas e fortes ondas de 10 ciclos. Seu pai então lhe perguntou qual o resultado da divisão de 196 por 7? Com 14 anos, Ilse começou a fazer as contas de cabeça – e as ondas imediatamente desapareceram. Ao terminar o cálculo e anunciar o resultado – correto –, as ondas retornaram ao eletroencefalograma, sinalizando o fim do esforço mental.

Convencido de que as duas faixas de frequência refletiam dois tipos diferentes de atividade cerebral e mental, Berger batizou as primeiras (de 10 ciclos por segundo) de ondas alfa e as segundas (de 20 a 30 ciclos por segundo) de beta. Ele interpretou a presença desses ritmos como indicação de atividade elétrica oscilatória de regiões inteiras do cérebro em sincronia. A atividade elétrica do cérebro, em que ele investira 20 anos de trabalho, era, de fato, o elo perdido entre a matéria e a mente, a chave da transformação de energia orgânica em energia 'psíquica'.

Após anos, o reconhecimento

Em 1934, Berger já havia publicado seis artigos sobre o eletroencefalograma humano, mas só em revistas especializadas alemãs, que não circulavam muito no exterior. Não houve, portanto, repercussão imediata. Houve, ao contrário, descrédito por parte dos poucos que tiveram acesso aos resultados. Afinal, tratava-se de um psiquiatra obscuro, idoso, sem contribuições reconhecidas à eletrofisiologia. Mas uma pessoa acreditou. E não era um cientista qualquer: tratava-se do Lord Edgar Douglas Adrian (1889-1977), neurofisiologista inglês que recebera em 1932 o Prêmio Nobel de Medicina por seu trabalho sobre transmissão de impulsos elétricos nos nervos.

Figura 2. Desaparecimento de ondas alfa durante o esforço mental. O traçado é o eletroencefalograma (EEG) de Ilse Berger, registrado enquanto estava confortavelmente sentada no escuro, de olhos fechados. A primeira flecha indica o momento em que seu pai lhe pergunta quanto é 196 dividido por 7. Ilse faz a conta de cabeça e, durante esse período, as ondas alfa desaparecem de seu EEG. Ao dar a resposta correta (segunda flecha), as ondas alfa reaparecem



Adrian havia estabelecido os fundamentos da transmissão nervosa e consolidado a noção de eletricidade animal. Havia empregado também novas técnicas de registro das pequenas quantidades de eletricidade no sistema nervoso, usando inclusive o oscilógrafo desenvolvido em 1928 por seu aluno Brian Matthews, cuja capacidade ia muito além do galvanômetro de corda.

As notícias das descobertas de Berger chegaram a Cambridge, onde Adrian trabalhava. As 'linhas em zigue-zague' do eletroencefalograma provocavam risadas e deboche de seus colegas neurofisiologistas. Mas o próprio Adrian tinha razões para ser mais receptivo. Entre 1931 e 1933, ele observava oscilações rítmicas da voltagem registrada no bulbo cerebral do peixinho dourado e nos gânglios de vários insetos. Tais oscilações lembravam muito as supostas ondas do eletroencefalograma humano. Após fazer seus próprios testes, Adrian e Matthews anunciaram em 1934 que Berger estava certo. Propuseram, inclusive, que se desse o nome 'ritmo Berger' às ondas alfa. Agradecido, Berger recusou, delicada e humildemente, a homenagem.

O aval de Adrian foi suficiente para reconhecer finalmente o eletroencefalograma. Sua aplicação experimental e clínica levou à descoberta, em apenas cinco anos, de outros tipos de ondas cerebrais, sempre associadas a diferentes estados mentais. Uma atividade característica de ataques de epilepsia foi rapidamente identificada (figura 3), oferecendo importante ferramenta clínica e abrindo vastas possibilidades de pesquisa na área, até então emperrada. Ondas 'delta', lentas (1 a 4 ciclos por segundo) e de amplitude duas a três vezes maior que as ondas alfa, foram registradas em 1936 sobre lesões cerebrais. Elas têm hoje grande valor diagnóstico na clínica, permitindo a localização

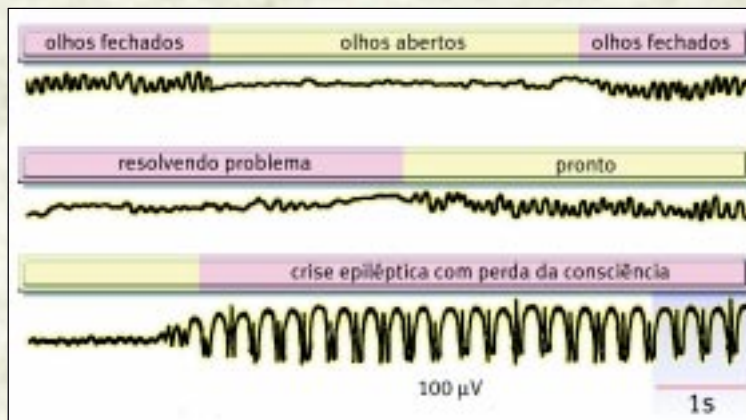


Figura 3. Relação entre o EEG e o estado mental. Cada traçado mostra o EEG na mesma escala. No traçado de cima, as ondas alfa desaparecem quando a pessoa abre os olhos e vê a sala ao seu redor, e reaparecem quando os olhos se fecham e a pessoa novamente relaxa. No traçado do meio, as ondas alfa desaparecem durante o esforço mental (cálculo de um ângulo) e reaparecem quando a solução é encontrada. O traçado de baixo mostra o padrão de atividade cerebral típico de uma crise de epilepsia caracterizada por 'ausência', ou seja, perda de consciência

de abscessos e tumores, além de serem predominantes no sono profundo. Ondas de 14 ciclos por segundo e de aparência fusiforme também foram logo identificadas, constituindo o marco da transição do estado de vigília para o sono.

O eletroencefalograma hoje

Hoje, 70 anos após o primeiro anúncio do eletroencefalograma, computam-se inúmeros estudos quantitativos que examinam a relação entre as diferentes ondas cerebrais e a atividade mental humana. Nos anos 80, avanços técnicos permitiram a descoberta das ondas 'gama', mais rápidas (de 30 a 40 ciclos por segundo) e de amplitude tão reduzida que podem ser encobertas pelo sinal elétrico muscular da cabeça. Centenas de pesquisas ao longo da década de 90 indicam que essas ondas estão intimamente relacionadas às atividades mentais superiores, como a percepção e o aprendizado. Além disso, duas importantes técnicas usadas hoje na pesquisa do cérebro são filhas do eletroencefalograma: o multieletroencefalograma, que possibilita a comparação de ondas em diferentes áreas cerebrais e o estudo da sua propagação com grande poder de resolução espacial e temporal; e a magnetoencefalografia, que permite a localização precisa de fontes de atividade durante o pensamento.

Graças a esse homem determinado, que por 20 anos trabalhou em segredo, podemos hoje esboçar respostas à questão elusiva da relação entre cérebro e mente. Berger é considerado o fundador da eletroencefalografia e da psicofisiologia, ciência que busca entender as bases orgânicas da mente.

Berger foi nomeado pela comissão Nobel em 1936, mas na época o prêmio era vetado a alemães por motivos políticos. A maior glória pessoal de Berger talvez tenha vindo em 1937. Convidado por Adrian para presidir junto com ele um simpósio sobre a atividade elétrica do sistema nervoso no Congresso de Psicologia em Paris, Berger foi festejado como o mais distinto dos participantes. Lágrimas vieram-lhe aos olhos ao declarar: "Na Alemanha eu não sou tão famoso." Uma segunda indicação para o Nobel viria em 1949. Tarde demais. Em 1º de junho de 1941, deprimido, impedido de continuar seus experimentos por causa da guerra e da aposentadoria imposta bruscamente, Berger suicidou-se em um quarto da clínica onde trabalhava, em Jena. O mundo, em guerra, não soube.

Suzana Herculano-Houzel

*Casa de Oswaldo Cruz,
Espaço Museu da Vida,
Fundação Oswaldo Cruz (RJ)*