

## Grandes Debates da Ciência

Dez das maiores contendas de todos os tempos

Urbano VIII contra Galileu — Uma disputa desigual

Wallis contra Hobbes — A quadratura do círculo

Newton contra Leibniz — Um choque de Titãs

Voltaire contra Needham — A controvérsia sobre a geração

O buldogue de Darwin contra Sam “escorregadio” — As guerras da evolução

Lorde Kelvin contra geólogos e biólogos — A idade da Terra

Cope contra Marsh — A disputa dos fósseis

Wegener contra todo mundo — A deriva dos continentes

Johanson contra os Leakeys — O elo perdido

Derek Freeman contra Margaret Mead — Natureza *versus* educação

ISBN: 85-7139-251-X



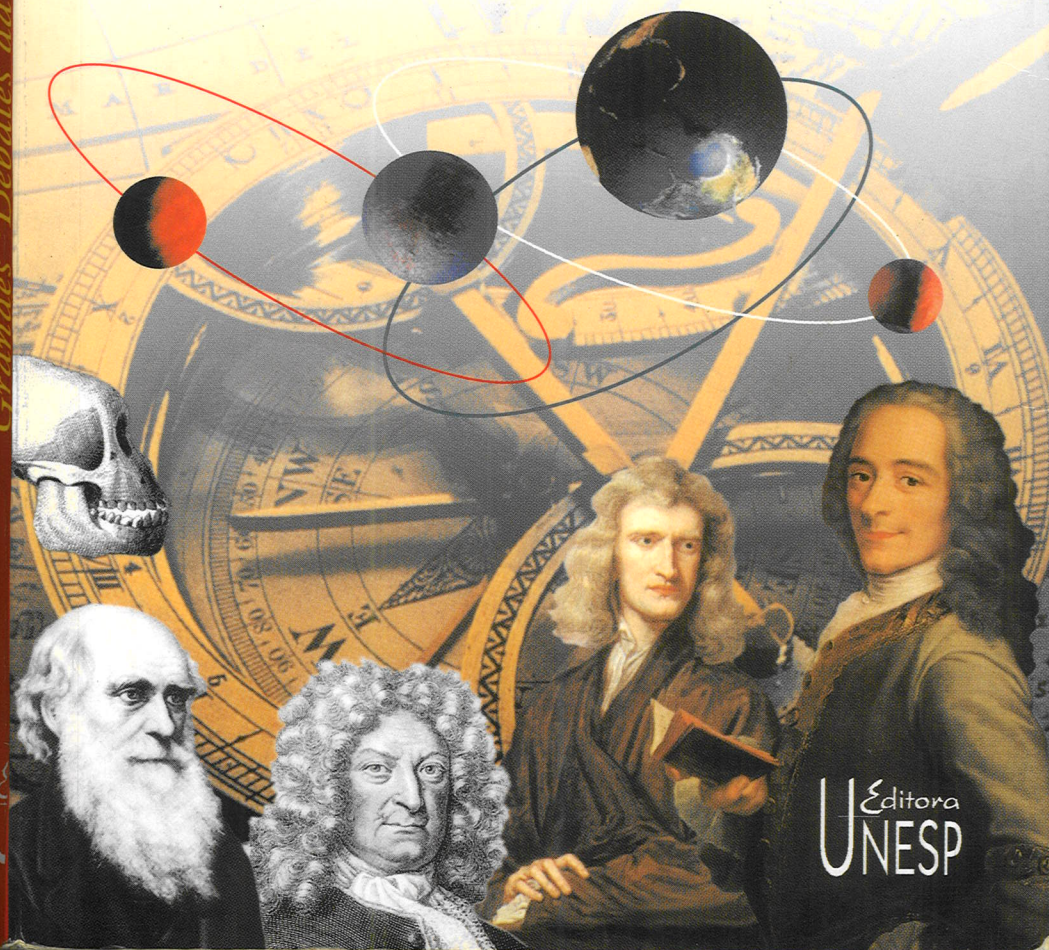
9 788571 392519

Grandes Debates da Ciência Hal Hellman

Hal Hellman

## Grandes Debates da Ciência

Dez das maiores contendas de todos os tempos



Editora  
UNESP

CAPÍTULO 8  
WEGENER CONTRA TODO MUNDO  
A DERIVA DOS CONTINENTES

No início do século XX, Alfred Wegener, um jovem cientista alemão, propôs sua teoria da deriva dos continentes. A idéia básica era a seguinte: em uma certa época, num passado remoto, todos os continentes da Terra estavam unidos em uma única grande massa de território que Wegener denominou "Pangéia". As várias partes que vemos hoje separaram-se há cerca de 200 milhões de anos e têm estado flutuando majestosamente pela superfície da Terra, como enormes *icebergs* sobre um substrato mais denso.

Hoje temos poucos problemas com essa idéia; de fato ela é a fundação na qual se baseiam todas as modernas geociências. Mas quando Wegener a apresentou, a reação foi não apenas negativa, mas tão intensa que muitos que poderiam ter-se colocado a seu lado recuaram temerosos de pôr em risco suas carreiras. Por cinco décadas, seus poucos defensores foram rejeitados com desdém por cientistas de ambos os lados do Atlântico, mas em maior grau nos Estados Unidos. As críticas à teoria freqüentemente incluíam termos como *prepóstera*, *antiquada*, *um sério erro*, *irresponsável* e mesmo *perigosa*.

As razões para a rejeição tanto da idéia como de seu autor são múltiplas e instrutivas. Pode ter sido em parte a ligação, ainda que remota, da idéia com o catastrofismo, que estava em baixa na época. Sabemos hoje que a história da Terra incorpora elementos tanto do catastrofismo como do uniformitarismo. Assim, Lorde Kelvin estava intuitivamente correto ao dar apoio ao catastrofismo, e Thomas Henry Huxley, do lado dos geólogos, tinha razões para apoiar o uniformitarismo.

Algumas reações soaram também como um protesto do tipo “não-no-meu-quintal”, pois Wegener – um astrônomo e meteorologista – era visto como um intruso pelos geocientistas. De fato, a deriva continental tinha para ele uma importância apenas secundária. Seu próprio sogro, um respeitado meteorologista, foi um dos primeiros críticos de Wegener e tentou convencê-lo a não se afastar de seu campo de especialização.

Tão forte foi a reação que os poucos defensores de Wegener invocaram mais de uma vez o nome de Galileu. Em 1926, por exemplo, Reginald A. Daly, de Harvard, publicou um livro intitulado *Nossa Terra móvel*; na página de rosto apareciam as palavras *E pur se muove* (“no entanto ela se move”), que Galileu teria murmurado em voz baixa após sua humilhante retratação.

Embora a alusão literária a Galileu seja convincente, o caso de Wegener tem muito mais em comum com o de Darwin. De fato, um fascinante conjunto de paralelos entre as duas situações praticamente conta toda a história.

### Um forte paralelismo

Wegener (1880-1930), como Darwin, nasceu e criou-se em circunstâncias confortáveis. Levado pelo sonho de explorar o norte da Groenlândia, cultivou sua resistência física com longos dias de caminhada, patinação, alpinismo e prática de esqui. Vigoroso, saudável e corajoso, ele tomou parte em algumas aventuras audaciosas, incluindo (com seu irmão Kurt) um vôo de balão de mais de 52 horas. Esse vôo estabeleceu um recorde e foi um ato

de grande ousadia, considerando-se o equipamento primitivo disponível na época.

Tanto Wegener como Darwin empreenderam longas e difíceis expedições em sua juventude e realizaram extensas coletas de dados – Darwin, principalmente durante uma viagem de cinco anos no navio *Beagle*, e Wegener, durante diversas estadas prolongadas na Groenlândia. Em 1913, a expedição de Wegener foi ameaçada durante a escalada da geleira interna por uma grande ruptura no gelo que se estendeu até o acampamento. A travessia da ilha pelo grupo demorou dois meses e só pôde ser completada com imensas dificuldades.

Assim como Darwin, Wegener foi treinado em uma área de estudos que tinha pouco a ver com o tópico em que deixou sua marca. Darwin tinha estudado medicina e teologia e realizou na juventude trabalhos científicos em geologia. Wegener obteve um doutorado em astronomia e tornou-se um meteorologista praticante. Após retornar de sua primeira estada na Groenlândia (1806-1808), passou a lecionar astronomia e meteorologia na Universidade de Marburgo, na Alemanha. Conta-se que foi um excelente professor, e muito popular.

Corajoso e robusto nos anos de juventude, Wegener também parece ter sido um amante da paz. Isso tornou muito mais penoso para ele o serviço na Primeira Guerra Mundial. Assim como Darwin, ele produziu sua principal obra em meio a um problema de saúde. Atingido duas vezes, ficou incapacitado para o serviço ativo e passou a trabalhar em tempo integral no serviço meteorológico militar. Além disso, embora tenha apresentado pela primeira vez suas idéias sobre a deriva continental em um artigo e uma conferência em 1912 (antes da guerra), sua fama repousa no livro que escreveu durante a guerra (publicado na Alemanha em 1915). Isso quer dizer que ele foi capaz de produzir um livro fundamental que abalou o mundo durante uma dispensa por ferimento e enquanto trabalhava no serviço meteorológico de campo.

Seu livro se chamou, significativamente, *A origem dos continentes e oceanos*.<sup>1</sup> Como Darwin, ele usou o termo origem no título, e lidou, essencialmente, com conceitos evolucionários.

E, em ambos os casos, a idéia básica também cobria várias áreas. “O livro”, escreveu Wegener no prefácio, “destina-se igualmente a geodestas, geofísicos, geólogos, paleontólogos, zoogeógrafos, fitogeógrafos [*phyto* = planta] e paleoclimatologistas. Seu propósito não é apenas prover pesquisadores dessas áreas de um esboço da importância e utilidade da teoria da deriva, tal como esta se aplica a suas especialidades, mas também, principalmente, orientá-los quanto às aplicações e corroborações que a teoria encontrou em áreas diferentes de suas próprias.”<sup>2</sup>

Em outras palavras, Wegener, assim como Darwin, tinha reunido evidências provenientes de uma ampla variedade de áreas. Em vista disso, ele e seus poucos seguidores passaram a enfrentar toda uma série de oponentes, cada um dos quais o via como um impostor. Nessa época, por exemplo, a idéia de uma Terra que se resfriava e contraía ainda era aceita pela maioria dos geólogos, que julgavam ser esse resfriamento e contração a única explicação possível para toda uma variedade de observações, incluindo a formação de montanhas. Do mesmo modo que um tomate murcho e enrugado, eles supunham que uma Terra em contração produziria picos e vales em sua superfície. Wegener mencionou a descoberta de elementos radioativos e afirmou que a idéia de uma Terra em resfriamento não fazia mais sentido, oferecendo em lugar disso sua própria idéia de que o movimento das massas continentais, esmagando-se lentamente umas contra as outras em alguma época passada, era uma explicação mais adequada para a formação de montanhas.

Não obstante, assim como Darwin, ele reconheceu que havia pontos fracos em sua teoria, e por isso também lançou diversas edições de seu livro, cada uma das quais incorporando profundas revisões à luz de novas críticas e informações. Na quarta edição revisada, Wegener ainda estava dizendo: “Apesar de todos os meus esforços, muitas lacunas, algumas muito importantes, serão encontradas neste livro”.<sup>3</sup>

Também como Darwin, ele não foi o primeiro a formular sua teoria. No caso de Wegener, já tinha havido diversas tentativas de prever um esboço geral da idéia. Wegener escreveu:

“Encontrei muitos pontos de contato entre minhas próprias concepções e as de autores precedentes”. Um dos que ele menciona é H. Wettstein, que em 1880 “escreveu um livro que (ao lado de muitas futilidades) contém a idéia de grandes deslocamentos relativos horizontais dos continentes ... Contudo, Wettstein considerava que os oceanos eram continentes submersos e expressou opiniões fantásticas sobre as quais passarei aqui em silêncio”.<sup>4</sup>

Que os continentes se ajustam como peças de um quebra-cabeça era um fato óbvio, e tinha sido notado já no século XVI, quando começaram a ser desenhados os primeiros mapas razoavelmente acurados do Novo Mundo. Dá-se habitualmente a Francis Bacon o crédito de ter visto pela primeira vez essa congruência aproximada, que ele mencionou em seu grande *Novum Organum* em 1620. Na verdade, ele estava apenas comentando a similaridade entre as formas da América do Sul e da África. Em 1994, James Romm, professor de letras clássicas no Bard College, traçou a linhagem da deriva continental até um cartógrafo holandês chamado Abraham Ortelius. De acordo com Romm, Ortelius propôs a idéia em 1596.<sup>5</sup>

Mas foi Wegener que deu solidez à idéia, e desenvolveu-a em uma proposta que não podia ser ignorada. Como a de Darwin em sua época, a *Origem* de Wegener criou um fato ao qual não se podia fechar os olhos. O resultado foi uma teoria não apenas dramática, mas também tão abrangente que poucos de seus oponentes se sentiram capazes de atacá-la como um todo. Eles a atacaram, portanto, aos bocadinhos, dependendo, é claro, de seus próprios interesses e especialidades.

### Detalhes, detalhes

Os detalhes eram de fato questionáveis, pois sabia-se na época sobre a Terra muito menos do que se sabe hoje. As profundezas oceânicas, cobrindo 70% da superfície terrestre, constituíam um segredo escuro e profundo. O sonar, a perfuração em profundidade e muitas outras técnicas modernas ainda estavam por vir, de

modo que as regiões abaixo das massas continentais eram tão misteriosas como aquelas abaixo dos oceanos. Como resultado, Wegener teve de conjecturar sobre muitos desses detalhes. Mas ele sentiu que o grande alcance de sua idéia era o que realmente contava.

Ficamos hoje impressionados com a audácia de uma hipótese única que podia explicar não apenas a origem das montanhas e oceanos, mas também muitos dos quebra-cabeças que desafiavam os vários especialistas que Wegener mencionou em seu prefácio. Entre esses quebra-cabeças estavam as intrigantes similaridades em ambos os lados de vastos oceanos – similaridades em formações rochosas assim como em criaturas vivas do passado e do presente. Outro era uma distribuição climática no passado que era diferente da de hoje, mostrada por exemplo em resíduos glaciais na África e vestígios de espécies tropicais no extremo norte e no extremo sul.

Na época de Wegener, entretanto, um zoogeógrafo que estivesse observando as similaridades em seres vivos da África e da América do Sul poderia jamais ter ouvido falar de outras correspondências igualmente estranhas entre formações rochosas que intrigavam os geólogos. Wegener, que vinha de fora, podia alargar a perspectiva e enxergar a floresta enquanto os especialistas viam apenas as árvores. Contudo, como no caso da evolução, depois do primeiro alvoroço de atividade, houve um longo e lento desvanecimento da teoria, seguido de um ressurgimento do interesse por ela na metade do século XX, à medida que novas evidências mostraram a força e a beleza da hipótese de Wegener.

## Mecanismo

Outra notável similaridade entre os dois casos é que Wegener, como Darwin, não foi capaz de propor um mecanismo satisfatório para sua teoria. Com Darwin, você se lembra, eram os aspectos genéticos da seleção que estavam faltando, só tendo sido encontrados mais tarde.

Embora Wegener soubesse que estava certo e que tudo apontava na direção correta, ele também não tinha nenhum mecanismo adequado a propor – em seu caso, para a grande marcha dos continentes. Que tipo de força motriz poderia impulsionar massas do tamanho de continentes por sobre uma camada subjacente de rochas, ainda que maleável?

O máximo que Wegener conseguiu fazer foi identificar dois candidatos. Um é o que ele chamou forças *Polflucht*, ou forças de afastamento dos pólos, que seriam devidas à rotação da Terra e causavam uma migração dos continentes em direção ao equador terrestre. O segundo, que tinha a ver com o deslocamento lateral, ele atribuiu a uma espécie de empuxo do tipo que produz as marés, resultante das forças gravitacionais do Sol e da Lua.

Wegener suspeitava que essas forças não seriam suficientemente poderosas para deslocar continentes e erguer montanhas, mas pensou que, se atuassem por longos períodos de tempo, poderiam consegui-lo. E ele não dispunha de nada melhor que isso. De forma modesta e sensata, admitiu que “ainda não havia aparecido o Newton da teoria da deriva dos continentes”.<sup>6</sup>

Essa debilidade da teoria iria prover forte munição para seus críticos. Harold Jeffreys, cuja influente obra *A Terra, sua origem, história e constituição física* (1924) havia estabelecido uma firme base matemática para a geofísica, fez alguns cálculos e mostrou que a força de afastamento polar e o empuxo gravitacional tinham apenas a milionésima parte da força que seria necessária para deslocar continentes e produzir montanhas. Ele também elaborou uma complexa teoria quantitativa do resfriamento e da contração lateral que, segundo alegou, proporcionava as forças necessárias. A lógica, à maneira de Kelvin, era inatacável, e conseguiu efetivamente sufocar a teoria da deriva por décadas.

Finalmente, assim como Darwin, Wegener não estava em condições de provar sua teoria. Teorias de amplo espectro como a evolução e a deriva continental são, por sua própria natureza, difíceis de provar. Teorias geológicas são especialmente impróprias para serem submetidas a experimentos convencionais de laboratório, e mesmo observações de campo são difíceis por causa das vastas dimensões

de tempo e espaço envolvidas. Como resultado, Wegener só podia apresentar provas indiretas.

E ele julgou que dispunha de algumas provas desse tipo ao comparar determinações históricas da longitude da Groenlândia com outras feitas em sua própria época. Infelizmente as medidas não estavam à altura da tarefa, como foi facilmente mostrado por seus críticos.

## Diferenças

Mas nenhuma analogia é perfeita, e há algumas surpreendentes diferenças entre as situações de Darwin e Wegener. Uma das mais importantes tem a ver com tempo e preparação. A primeira vez que Wegener tomou conhecimento da correspondência das peças do quebra-cabeça foi em 1903, quando mencionou o fato a um seu colega, estudante de astronomia. O que ocorreu depois é melhor explicado em suas próprias palavras, escritas alguns anos mais tarde:

A primeira idéia da deriva continental ... ocorreu-me já em 1910, ao observar um mapa do mundo, sob a impressão direta produzida pela congruência das linhas costeiras de cada um dos lados do Atlântico. No início, não dei muita atenção à idéia porque a considerei improvável. No outono de 1911, caiu-me por acaso às mãos uma sinopse pela qual tomei conhecimento pela primeira vez de evidências paleontológicas de uma anterior conexão terrestre entre o Brasil e a África. Em consequência, fiz um rápido exame da pesquisa relevante no campo da geologia e da paleontologia, e isso proveu imediatamente uma corroboração de tamanho peso que a convicção da correção básica da idéia fincou raízes em minha mente.<sup>7</sup>

Wegener apresentou sua idéia pela primeira vez em duas comunicações em janeiro de 1912, apenas quatro meses depois de ler aqueles documentos. Mesmo que, para sermos imparciais, esperemos até que Wegener publicasse a *Origem*, o período entre o grito de *Eureca!* e a publicação terá sido de apenas cinco anos,

muito distante dos 20 anos que Darwin demorou para produzir sua obra-prima. Além disso, embora a relativa falta de familiaridade de Wegener com os vários campos envolvidos possa tê-lo capacitado a ver mais facilmente suas fraquezas, isso também significou que, ao apresentar sua teoria, ele não tinha a menor idéia da tempestade que iria se abater sobre sua cabeça – uma situação, mais uma vez, bem diferente dos temores e hesitações que afligiram Darwin.

Outra diferença é que os ataques a Wegener não tiveram caráter religioso. Essa falta de fervor religioso pode explicar por que a teoria da deriva continental é hoje reconhecida como um retrato poderoso, ainda que incompleto, da evolução da Terra, ao passo que a teoria de Darwin continua a ser atacada como falsa, pelo menos por grupos fundamentalistas.

## Teorias arraigadas

Quando Wegener apresentou pela primeira vez sua tese em 1912, o mundo científico estava acabando de livrar-se das amarras dos cálculos limitativos da idade da Terra apresentados por Kelvin. Essa relativa liberdade abriu um campo muito maior para a especulação sobre as condições pré-históricas de nosso planeta, e o interesse na questão tornou-se mais forte do que nunca. Mas a idéia de uma Terra em processo de resfriamento e contração continuava muito poderosa.

O início do século XX foi também uma época em que se acreditava que vastas áreas das geociências tinham sido finalmente dotadas de sólidas bases científicas. Poucos viam com bons olhos uma idéia que subvertia quase tudo em que se acreditava sobre as ciências da Terra. Ainda em 1928, o geólogo americano R. T. Chamberlin podia escrever: “se formos acreditar na hipótese de Wegener, teremos de esquecer tudo o que se aprendeu nos últimos 70 anos e começar de novo a partir do zero”.<sup>8</sup>

Uma das coisas que se havia aprendido era que algo deveria ter servido como ponte ao largo do oceano Atlântico para explicar o crescente número de relatos apontando as similaridades encontra-

das entre ambos os lados. Um exemplo importante desses relatos dizia respeito à *Glossopteris*, uma bem-conservada samambaia encontrada em leitos carboníferos do fim da era paleozóica (aproximadamente 250 milhões de anos atrás). Fósseis magnificamente preservados dessa samambaia tinham sido encontrados ao longo dos anos em áreas tão distantes entre si como a Índia, África do Sul, Austrália e América do Sul. Simplesmente não era possível acreditar que essa mesma espécie de samambaia pudesse ter surgido independentemente nessas várias regiões. Alguma ligação se fazia necessária.

Ora, se dois continentes como a América do Norte e a América do Sul estão ligados por uma ponte de terra firme, por que não poderia o mesmo ter ocorrido, por exemplo, no caso da América do Sul e da África? A única diferença seria que a ponte entre as Américas do Norte e do Sul ainda está em seu lugar, ao passo que a outra desapareceu no correr do tempo. Outra idéia que ganhou algum destaque foi a de que existiram originalmente massas continentais que depois afundaram ou foram cobertas pelas águas. A ponte de terra firme parecia a escolha mais provável.

Outras idéias estavam surgindo em outras áreas científicas. No final do século XIX, uma extensa série de medidas do campo gravitacional deram força à tese da "isostasia", que sugeria que as montanhas e a crosta abaixo delas compõem-se de materiais de menor densidade que os que compõem o fundo dos oceanos. Se tanto os continentes como as bacias oceânicas estão flutuando em um substrato mais denso, é fácil ver que as porções continentais mais leves devem flutuar mais alto no material subjacente. Se as bases das montanhas são as formações de menor densidade, sua leveza explica por que as montanhas se elevam acima do resto do terreno. Já se sabia da ocorrência de movimentação vertical: observações cuidadosas mostraram que a Escandinávia havia afundado sob o peso das geleiras durante o Pleistoceno e vem novamente se elevando no clima mais quente da época pós-glacial. Se a isostasia explica a formação das montanhas, ela dá apoio, com isso, a outra poderosa idéia da época: a permanência da configuração mundial

de continentes e oceanos. E a permanência traz consigo um argumento contra uma Terra em processo de contração.

Diante desses fatores, Wegener declarou em seu livro: "Temos aqui, portanto, o estranho espetáculo da manutenção simultânea de duas teorias completamente contraditórias da configuração pré-histórica da Terra: na Europa, uma adesão quase universal à idéia de anteriores pontes de terra firme; na América, à teoria da permanência das bacias oceânicas e dos blocos continentais".<sup>9</sup>

"Onde está a verdade?", ele perguntou. "Num dado momento do tempo, a Terra só pode ter tido uma única configuração. Houve, então, pontes de terra firme, ou os continentes estavam, como hoje, separados por vastas extensões oceânicas? ... Só há, é claro, uma possibilidade: deve haver um erro oculto nas suposições que se tomam como óbvias."<sup>10</sup>

Se são possíveis os movimentos verticais de grandes porções da Terra, por que não seriam também possíveis os movimentos horizontais? Esse foi o desafio lançado por Wegener; um desafio que trouxe a ira dos cientistas das várias disciplinas e de ambos os lados do Atlântico.

## Objeção!

A primeira edição alemã da *Origem de Wegener*, com apenas 94 páginas e sem um índice, não atraiu muito interesse. Quatro anos mais tarde, em 1919, outra edição alemã apareceu; esta - melhor organizada, com mais evidências e com um índice - chamou a atenção de cientistas no continente europeu. Seus colegas nos Estados Unidos permaneceram candidamente ignorantes da tempestade que estava se formando, até que a terceira edição (1922) foi traduzida em várias línguas, incluindo o inglês.

Dois importantes geólogos - o britânico Philip Lake e o americano Harry Fielding Reid - escreveram então resenhas críticas, e nesse ponto o coro de ataques atingiu a máxima estridência, incluindo alguns que puseram em dúvida a credibilidade de Wegener

como cientista. Lake queixou-se de que “ele não está buscando a verdade, mas advogando uma causa, e está cego a qualquer fato ou argumento que vá contra ela”.<sup>11</sup> Lake também declarou que “é fácil juntar as peças do quebra-cabeça se você distorce suas formas, mas se você faz isso, seu sucesso não é uma prova de que você as colocou na posição original. Não é nem mesmo uma prova de que as peças pertençam ao mesmo quebra-cabeça, ou de que todas as peças estejam presentes”.<sup>12</sup>

Os americanos também partiram para o ataque pesado. O paleontólogo E. W. Berry qualificou a teoria de Wegener como “uma busca seletiva de evidência corroborativa através da literatura, ignorando a maioria dos fatos que se opõem à idéia e culminando em um estado de auto-intoxicação, no qual a idéia subjetiva passa a ser considerada um fato objetivo”.<sup>13</sup> O geólogo americano R. Thomas Chamberlin (filho de um dos grandes adversários de Kelvin) perguntou se ainda é possível considerar a geologia uma ciência quando “uma teoria como essa pode chegar a tal descontrolo”.<sup>14</sup> Bailey Willis, outro respeitado geólogo americano, afirmou que “continuar discutindo sobre ela apenas atravanca a literatura e confunde a cabeça dos estudantes. É tão antiquada como a física pré-Curie”.<sup>15</sup> Ele também chamou-a um “conto de fadas”.<sup>16</sup>

Entre as objeções mais fortes estavam aquelas levantadas pelos geofísicos. Wegener tinha afirmado que os continentes consistiam de um material rochoso chamado “sial” e que eles deslizavam sobre um substrato mais denso, porém mais maleável, que ele chamou “sima”. Ele explicou a maleabilidade assumindo que o sima se derreteria (isto é, atingia um estado fluido) a uma temperatura mais baixa que o sial. Infelizmente suas conjeturas sobre o ponto de fusão do sima foram refutadas experimentalmente. Além disso, observações de ondas sísmicas mostraram que o fundo dos oceanos é rígido, e não maleável, e assim sua teoria passou a ser considerada não-científica.<sup>17</sup>

Sabemos hoje que a idéia de Wegener estava correta, apesar de tudo. Curiosamente, como este capítulo mostra à frente, Wegener não estava pensando em termos excessivamente ambiciosos, mas sim excessivamente tímidos. Recorde-se sua hipótese de que as

forças de afastamento polares e forças gravitacionais, atuando por longos períodos de tempo, pudessem talvez causar o deslocamento dos continentes. Ele era um cientista bom o bastante para reconhecer que essas forças eram um sério problema em sua teoria, de tal modo que o mecanismo da deriva continental aparecia como o elo fraco de seu sistema.

Entre os que questionaram esse aspecto de seu trabalho estava Harold Jeffreys, mencionado anteriormente neste capítulo. Jeffreys classificou a idéia da deriva como “muito perigosa e capaz de levar a sérios erros”.<sup>18</sup>

Indefeso diante do massacre, Wegener podia apenas queixar-se. Ele escreveu a seu sogro: “A carta do Prof. P. é típica! Ele se recusa a aprender. Essas pessoas que insistem em lidar apenas com fatos e não querem saber de hipóteses estão elas próprias empregando uma falsa hipótese sem o perceber! ... não há nada em sua carta acerca do esforço para chegar à raiz das coisas, mas apenas acerca do prazer de expor as limitações de outros homens.”<sup>19</sup>

Wegener acreditava que os golpes individuais desferidos contra a hipótese da deriva continental não seriam capazes de derrubá-la. Nisso ele estava errado. Por outro lado, também acreditava que a verdade da teoria só poderia ser estabelecida pela combinação de todas as evidências. E ele era um dos poucos que parecia capaz de fazê-la.

Wegener, embora extremamente inferiorizado em termos de poder de fogo, não estava completamente só. Em 1928, dois anos antes de sua morte, um professor de geologia da Universidade de Edimburgo, Arthur Holmes – autor de importantes trabalhos sobre datação geológica – calculou que a atividade vulcânica não seria suficiente para dar conta de todo o calor gerado pela radioatividade. Por causa disso, postulou a existência de correntes de convecção termicamente impulsionadas no interior da Terra. O processo era semelhante ao de uma grande chaleira de água em ebulição. O calor gerado pela chama na região central do fundo da chaleira produz correntes de água que se movem para cima a partir do fundo e para fora em direção à circunferência. Aqui estava, então, uma força motriz que poderia em princípio dar conta do deslocamento dos continentes, e Wegener imediatamente incluiu-a



em sua edição de 1929 da *Origem*. Infelizmente para Wegener, embora essas correntes de convecção pudessem servir de motor, ainda não estava claro como isso funcionaria exatamente. E restavam ainda muitos outros problemas não resolvidos, de modo que a idéia, embora basicamente correta, não foi de muita ajuda.

Mais ou menos por essa data, o sul-africano Alex du Toit, um dos mais importantes geólogos de campo da época, havia observado uma notável semelhança entre a geologia paleozóica e mesozóica de seu país e a do leste da América do Sul. Ele recolheu outras evidências e tornou-se um entusiástico advogado da deriva continental. Wegener incluiu algumas dessas evidências na edição de 1929 de seu livro.

Mas as provas ainda estavam muito longe de serem suficientes para retirar a teoria de Wegener do abismo das controvérsias. A questão crucial do mecanismo ainda não recebera uma resposta satisfatória. E até mesmo muitos que se haviam convertido à teoria da deriva acharam que seria melhor permanecerem quietos no aguardo de novos desdobramentos. De fato, as atitudes pareciam em muitos aspectos estar se consolidando contra a teoria.

Mesmo em uma data tão tardia como 1943 (13 anos após a morte de Wegener), o paleontólogo norte-americano George Gaylord Simpson referiu-se à opinião quase unânime de seus colegas contra a hipótese de Wegener. Ele próprio afirmou: "A distribuição passada e presente dos mamíferos terrestres não pode ser explicada pela hipótese da deriva dos continentes ... a distribuição dos mamíferos dá um claro apoio à hipótese de que os continentes estiveram essencialmente estáveis ao longo de todo o tempo envolvido na história dos mamíferos".<sup>20</sup> E ainda em 1950, T. W. Gevers, um discípulo de du Toit, iria se referir a um "marcante afastamento da hipótese da deriva continental".<sup>21</sup>

## A virada

Durante o assentamento do cabo transatlântico em meados do século XIX, uma curiosa formação foi descoberta no leito marinho, mais ou menos a meio caminho entre as costas do

Novo Mundo e do Velho Mundo. Conhecida como a Dorsal Mediana do Atlântico, ela se revelou parte de uma longa cadeia submersa de montanhas que se estende de forma aproximadamente paralela às duas linhas costeiras entre as quais se situa.

Wegener sabia dessa cadeia submersa, mas não achou que ela tivesse qualquer coisa a ver com sua hipótese. Em sua descrição do movimento dos continentes, ele afirmou que não fazia diferença qual a posição assumida como centro do movimento; que o que importava era o movimento *relativo*. Ele levantou três possibilidades - com a África, a dorsal oceânica e a América do Sul constituindo, todas elas, possíveis centros dos quais as outras formações estariam se afastando.

Ele estava certo no que se refere ao movimento relativo. Se uma tira de borracha com duas marcas em sua superfície é esticada, e você quer medir a nova distância entre as marcas, não faz diferença qual delas é escolhida como o ponto de origem. Em termos da teoria da deriva, contudo, a questão sobre qual formação deveria ser tomada como centro tinha enorme importância. E a resposta não apareceu facilmente.

A primeira descoberta, resultante de mapeamentos oceânicos de profundidade, mostrou que a Dorsal Mediana do Atlântico era apenas uma dentre muitas outras dorsais. A série pode ser descrita como um cadeia submersa de montanhas estendendo-se por todo o globo, embora muito diferente em forma e constituição de qualquer outra cadeia encontrada em terra firme.

Dorsais são, de fato, encontradas em todos os oceanos. Elas também formam uma espécie de costura contínua, como em uma bola de beisebol. Além disso, a costura está pontilhada aqui e ali de vulcões submarinos e ilhas vulcânicas esparsas; essas ilhas incluem o arquipélago das Galápagos, a ilha da Ascensão e a Islândia. As áreas mais quentes e mais jovens são encontradas, significativamente, próximas às linhas centrais das dorsais.

Observações isoladas sobre os mares do mundo começaram a acumular-se, como pistas em um romance policial. Eis aqui outra pista: à medida que as técnicas de datação foram sendo aperfeiçoadas, elas mostraram que nenhuma porção do fundo dos oceanos

tem mais de 200 milhões de anos, o que é muito menos que a idade das rochas continentais. A descoberta foi um verdadeiro choque, pois a concepção tradicional, como você se lembra, era que o fundo dos oceanos e os continentes tinham sido todos criados ao mesmo tempo. Os estudos também mostraram que (a) a crosta continental é feita de materiais diferentes dos da crosta oceânica, (b) a crosta oceânica é muito mais fina que a crosta sob os continentes, e (c) um material mais denso subjaz a *ambas*: à crosta oceânica e à crosta continental.

A segunda área de pesquisa que mudou a sorte da teoria da deriva tinha a ver com a informação magnética registrada nas rochas terrestres no decorrer de sua longa história. No final dos anos 50, os dados resultantes de anos de leituras magnéticas feitas com magnetômetros atrelados a navios mostravam vários fenômenos surpreendentes. Um deles era um estranho padrão de faixas magnéticas dispostas ao longo do fundo do oceano. Elas apareciam simetricamente dos dois lados das dorsais, mais ou menos paralelas a elas, e exibiam polaridades alternadas. Essas faixas eram particularmente intrigantes, mas a compreensão não demoraria a chegar.

## O fundo do mar em expansão

Em 1960, Harry H. Hess, da Universidade de Princeton, propôs uma idéia que, como a de Wegener, integrava informações provenientes de uma diversidade de fontes. A idéia era simples e brilhante: o fundo do mar está sendo criado nas dorsais oceânicas, vindo das profundezas da Terra sob a forma de lava quente e maleável (ou magma). Como um novo e longo vulcão erguendo-se de dentro da Terra, o material acumula-se ao emergir, formando a grande cadeia de montanhas que se ergue quilômetros acima do fundo do oceano. O magma também se espalha em duas direções opostas, para fora da dorsal, formando um novo fundo oceânico. Em todos os casos conhecidos, esses fundos não têm mais de 200 milhões de anos.

A idéia, num primeiro momento, não teve muito mais efeito que a de Wegener em seus estágios iniciais – mas a ajuda estava chegando. Graças ao trabalho de vários outros cientistas,<sup>22</sup> as faixas magnéticas alternadas puderam ser vistas como uma espécie de fita magnética fossilizada. Quando o material rochoso em fusão emerge e esfria, a orientação do campo magnético da Terra fica registrada no material.

Sabe-se que o campo magnético global reverteu-se muitas vezes durante a longa história da Terra, e as faixas alternadas mostram a direção do campo na ocasião em que a rocha emergiu e se esfriou. Ao ser empurrado para fora e longe do centro, o material reteve sua orientação, e, quando o novo material emergiu após uma reversão do campo magnético, esse novo material exibiu uma polaridade oposta. Parecia claro que grandes porções da superfície terrestre estavam se movendo. Aqui estava, então, uma boa evidência corroborativa para a hipótese da deriva dos continentes.

A idéia de Hess terminou por ser conhecida como *espraio* do fundo do mar. Entre outros quebra-cabeças adicionais que ela resolveu, estava a questão de por que a lava na crista sempre parecia mais jovem que a lava situada mais longe do centro. Mas o mais importante para nossa história é que a idéia de Hess forneceu um motor satisfatório e suficientemente poderoso para a deriva continental de Wegener. Os continentes pegam carona nesse processo global que é impulsionado por correntes de convecção no interior do *manto* (a grossa camada entre a crosta da Terra e o núcleo em seu interior). Hess explicou assim a diferença: “Os continentes não vagam pela crosta oceânica impelidos por forças desconhecidas, mas são passivamente conduzidos pelo material do manto, conforme este chega à superfície da crista da dorsal e passa a afastar-se lateralmente dela”.<sup>23</sup>

A esta altura, a deriva continental estava de volta à cena. Não sendo por si só uma resposta completa, ela tornou-se parte de outra teoria em ascensão, chamada “tectônica de placas”. O que a nova síntese tinha feito pela evolução, a tectônica de placas fez pela ciência da Terra.

## Tectônica de placas

Nesse novo cenário, os continentes não são navios no oceano, deslizando sobre a crosta terrestre. O que ocorre é que a parte mais externa da Terra está dividida em uma série de placas duras e rígidas, de espessura variável. De acordo com as crenças mais recentes, as placas incluem não só a crosta da Terra, mas também uma porção do manto superior. Sob os oceanos, as placas variam em espessura de meros 6 quilômetros a talvez 120 quilômetros nas partes mais antigas do fundo oceânico. As placas continentais são em geral muito mais espessas, variando de 30 quilômetros até uma profundidade de 240 quilômetros abaixo da superfície terrestre.

Esse agrupamento de placas, a camada mais externa da Terra, é conhecido como a "litosfera" (*lithos* é a palavra grega para "pedra"). As placas estão flutuando sobre uma camada plástica do manto inferior chamada "estenosfera" (do grego *asthenés*, "fraco"). Essas gigantescas placas, que podem ou não estar correlacionadas às margens continentais, estão se movendo pela superfície terrestre, impelidas por lentas, mas poderosas correntes de rocha derretida.

Na região em que a borda de uma placa encontra-se com a de outra, todo tipo de coisas interessantes pode ocorrer. Uma das placas pode afundar de volta no manto; pode remontar sobre um bloco oposto mais leve; ou pode, talvez, esmagar-se de encontro a outra, elevando-se em uma cadeia de montanhas. Acredita-se que a margem ocidental dos Estados Unidos e a borda oriental da Ásia são as beiradas de placas em movimento. Conforme esses blocos se movem, eles tendem a rachar ou romper-se ao longo das bordas, o que poderia explicar a alta incidência de terremotos e montanhas jovens nessas regiões. Além disso, a fricção criada na região onde dois blocos se encontram gera um tremendo calor, capaz de derreter estratos subjacentes de rocha. As grandes pressões no interior da Terra forçam o magma resultante para cima, criando vulcões e a lava que flui deles.

## Hoje

Felizmente para os geólogos resta uma grande quantidade de questões não resolvidas neste campo em expansão. Na verdade, o problema do mecanismo enfrentado por Wegener não está ainda hoje completamente resolvido. A tectônica de placas faz um bom serviço explicando o movimento da crosta oceânica, mas não é tão bem-sucedida ao explicar o movimento dos continentes, que são mais espessos que as placas oceânicas e penetram mais fundo no interior do manto terrestre. Uma proposta formulada em 1995 sugere que é o empuxo do velho fundo oceânico mergulhando de volta na Terra que origina a maioria dos movimentos das placas.<sup>24</sup>

A busca prossegue em muitas áreas. Uma delas tem a ver com a briga de bodes que está ocorrendo entre as placas continentais sob a Índia e sob o resto da Ásia. Por 50 milhões de anos, a Índia tem avançado para o norte, de encontro ao resto do continente asiático, a uma taxa de 5 centímetros por ano. Até agora, diz K. Douglas Nelson, um geólogo da Universidade de Siracusa, ela "ergueu o Himalaia e o planalto tibetano, e fragmentos da Ásia Central estão sendo expulsos como sementes de melão para o Pacífico".<sup>25</sup>

Em outras palavras, a placa indiana está deslizando para baixo da placa asiática, com os resultados acima mencionados. Pesquisas recentes acrescentam uma peculiaridade à situação, pois uma espécie de cadinho em fusão parece estar por baixo da região. Isso é algo inesperado, mas pode responder a uma velha questão: por que o planalto tibetano, uma área cercada de montanhas, é tão plano? Pesquisadores sugerem que a camada inferior flexível permite de algum modo que o terreno acima se aplane, exatamente o que faria um fluido viscoso, como manteiga de amendoim, após um tempo suficiente. Lições aprendidas com essa pesquisa podem ser também aplicadas para alcançar um melhor entendimento de colisões anteriores.<sup>26</sup>

E quanto às placas, elas próprias? O que determina seu tamanho? A teoria sugere que elas não devem ter mais de 3 mil quilôme-

tros de largura. Por que a placa sob o Pacífico tem quatro vezes mais? Novos resultados apontam para uma viscosidade no manto inferior maior do que se supunha, o que, por sua vez, pode ter conseqüências para o tamanho das placas.<sup>27</sup>

Mesmo o número de placas pode ser posto em questão. A contagem mais recente indica uma dúzia de placas grandes, junto com várias de menor tamanho. Observações recentes sugerem, entretanto, a possibilidade de que a placa tectônica sobre a qual se assentam a Índia e a Austrália esteja agora se cindindo, o que aumentaria o número de grandes placas para 13.<sup>28</sup>

Com tantas coisas ainda por resolver, não é surpreendente que Wegener não tenha dado conta de tudo. Essa complexidade faz com que sua conjectura básica – que Pangéia começou a cindir-se há aproximadamente 200 milhões de anos – se torne ainda mais notável, pois esse é um dos poucos pontos em que todo mundo parece estar de acordo.

Wegener, em meio a todo seu calvário, conseguiu levar em frente sua própria carreira. Em 1919, foi nomeado para o Departamento de Pesquisa Meteorológica do Observatório Marítimo da Alemanha, em Hamburgo, onde pôde combinar suas funções civis com as acadêmicas. Cinco anos mais tarde, em 1924, Wegener foi escolhido para a recém-criada Cátedra de Meteorologia e Geofísica na Universidade de Graz, da Áustria.

Ainda ativo fisicamente aos 50 anos de idade, Wegener fez planos para uma grande expedição à Groenlândia, a quarta de sua vida, que deveria durar de 1930 a 1931. Mas ela terminou em desastre: Wegener perdeu a vida tentando deslocar-se de um acampamento na geleira central rumo à base de operações na costa ocidental. Quando morreu, em 1930, sua teoria estava ainda em uma espécie de limbo científico. Seu legado permanece, contudo – maior, mais elevado, mais abrangente e mais majestoso do que ele jamais poderia ter imaginado.

## Notas

- 1 Wegener, 1966 (1915); título original, *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*; todas as referências ao livro estão baseadas na reimpressão, pela editora Dover, da quarta edição revisada, traduzida para o inglês e publicada em 1929.
- 2 Wegener, 1966 (1929), p.viii.
- 3 Ibidem.
- 4 Ibidem, p.2-3.
- 5 Romm, 1994, p.407-8; ver também Cowen, 1994, p.110.
- 6 Wegener, 1966 (1929), p.167.
- 7 Ibidem, p.1.
- 8 Em Le Grand, 1988, p.1.
- 9 Wegener, 1966 (1929), p.16.
- 10 Ibidem, p.17.
- 11 Em Hallam, 1983, p.122 (listado em "Obras Gerais").
- 12 Ibidem, p.122.
- 13 Em Sullivan, 1991, p.15.
- 14 Ibidem.
- 15 Em Hallam, 1983, p.136.
- 16 Em Le Grand, 1988, p.118.
- 17 Gohau, 1990, p.196.
- 18 Em Hallam, 1983, p.124.
- 19 Ibidem, p.129.
- 20 Ibidem, p.135.
- 21 Citado em Hallam, 1983, p.136; original em Gevers, T. W. *Transactions of the Geological Society of South Africa* (1950), v.52, suplemento, p.1.
- 22 Incluindo Frederick J. Vine e Drummond Matthews, da Universidade de Cambridge, Inglaterra, e Maurice Ewing e Walter Pitman, no que é hoje o Observatório Geológico Lamont-Doherty, em Palisades, Nova York.
- 23 Em Hallam, 1983, p.141.
- 24 Kerr, 1995a, p.1214-5.
- 25 Nelson, citado em "International Research Team Discovers Unsuspected Molten Layer in Himalayan Crust", resumo *on line* divulgado pela Universidade de Siracusa, 6 de dezembro de 1996.
- 26 Monatersky, 1996a, p.356; também Nelson, 1996, p.1684-7.
- 27 Monatersky, 1996b, p.213; Pool, 1996, discute o trabalho sobre o assunto, usando estudos de simulação.
- 28 Editoria, 1995, p.123.