

# "Experimentos Relativos aos Novos Fenômenos Eletrodinâmicos", A. Ampère

*Annales de Chimie et de Physique, Series II, vol. 20, p. 60 (1822)*

.....

A palavra 'eletromagnéticos', que é usada para caracterizar os fenômenos produzidos pelos fios condutores da pilha voltaica, só podia descrevê-los adequadamente no período em que os únicos fenômenos conhecidos eram do tipo [do fenômeno] descoberto pelo Sr. Oersted, apresentado por uma corrente elétrica e um ímã. Decidi usar a palavra *eletrodinâmica* para reunir sob um nome comum todos estes fenômenos, e, em particular, para designar aqueles [fenômenos] que observei entre dois condutores voltaicos. Ela [a palavra *eletrodinâmica*] expressa verdadeiro caráter [destes fenômenos], que é o de serem produzidos por eletricidade em movimento; ao passo que as atrações e repulsões elétricas, conhecidas há muito tempo, são fenômenos eletrostáticos, produzidos por uma distribuição desigual de eletricidade em repouso nos corpos em que eles [fenômenos] são observados.

*Annales de Chimie et de Physique, Series II, vol. 15, p. 59 (1820)*

## AÇÕES ENTRE CORRENTES

### I. Sobre a Ação Mútua entre Duas Correntes Elétricas

1. A ação eletromotriz se manifesta através de dois tipos de efeito, que eu acredito devam ser diferenciados por definições precisas.

Chamarei de *tensão elétrica* o primeiro, e de *corrente elétrica* o segundo.

O primeiro [efeito] é observado quando dois corpos entre os quais essa ação ocorre estão separados um do outro por corpos não-condutores em todos os pontos de suas superfícies, exceto aqueles onde [a ação] se estabelece; o segundo [efeito] ocorre quando os corpos fazem parte de um circuito de corpos condutores, que estão em contato através de pontos em suas superfícies, distintos dos [pontos] nos quais a ação eletromotriz é produzida. No primeiro caso, o efeito da ação eletromotriz é o de colocar os dois corpos, ou os dois sistemas de corpos, entre os quais ela atua, em dois estados de tensão, cuja diferença é constante se a ação é constante; como, por exemplo, no caso em que ela é produzida pelo contato de duas substâncias de tipos diferentes; pelo contrário, essa diferença pode ser variável, a depender da causa que a produz, como no caso de ser resultante de atrito ou pressão.

O primeiro caso é o único em que a ação eletromotriz se desenvolve entre partes diferentes do mesmo corpo não-condutor; a turmalina é um exemplo disto, quando sua temperatura muda.

No segundo caso, não há tensão elétrica, corpos leves não são atraídos e o eletrômetro comum não tem mais utilidade para indicar o que está ocorrendo no corpo; contudo, a ação eletromotriz continua; pois se a água, por exemplo, ou uma solução ácida, ou alcalina, ou salina, fizer parte do circuito, estes corpos são decompostos, especialmente se a ação eletromotriz for constante, como é sabido há algum tempo; além disso, de acordo com a descoberta recente do Sr. Oersted, se a ação eletromotriz for produzida pelo contato de metais, a agulha magnética é defletida, se colocada nas proximidades de qualquer parte do circuito. No entanto, estes efeitos cessam, a água deixa de ser decomposta, a agulha [magnética] volta à sua posição habitual, assim que o circuito é interrompido, quando então as tensões se restabelecem e os corpos leves são novamente atraídos. Isto prova que não são as tensões a causa da decomposição da água, ou da mudança de direção da agulha magnética, descoberta pelo Sr. Oersted. Este segundo caso é evidentemente o único que pode ocorrer se a ação eletromotriz se desenvolve entre partes diferentes do mesmo corpo condutor. As consequências deduzidas neste trabalho, a partir dos experimentos do Sr. Oersted, nos levarão a reconhecer a existência desta condição, no único caso em que há a necessidade ainda de admiti-la.

2. Examinemos no que consiste a diferença entre estas classes de fenômenos inteiramente distintas: a tensão e atrações ou repulsões, conhecidas há muito tempo, e a decomposição da água e de muitas outras substâncias, a mudança na direção da agulha [magnética] e um tipo de atração e repulsão completamente diferente das atrações e repulsões elétricas comuns. Acredito que estas últimas foram descobertas pela primeira vez por mim, e as denominei *atrações* e *repulsões voltaicas*, para distinguí-las das outras. Quando não há continuidade de condução de um dos corpos (ou sistema de corpos) onde ocorre a ação eletromotriz, para o outro corpo, e quando estes corpos são eles mesmos condutores, como na pilha de Volta, só podemos conceber esta ação como aquela em que carrega eletricidade positiva para um corpo e negativa para o outro, constantemente. No primeiro momento, quando nada se opõe ao efeito que [esta ação] tende a produzir, as duas eletricidades se acumulam, cada uma na parte do sistema para a qual está sendo carregada, mas este efeito se encerra assim que a diferença de tensões elétricas fornece força suficiente à atração mútua que tende a reuni-las, estabelecendo-se um equilíbrio com a ação eletromotriz. Então tudo permanece nesse estado, exceto pelo vazamento de eletricidade, que ocorre aos poucos através do corpo não-condutor, como o ar, por exemplo, o que interrompe

o circuito; pois aparentemente não existem corpos que sejam isolantes perfeitos. À medida que o vazamento ocorre, a tensão diminui; quando ela diminui, a atração mútua das duas eletricidades deixa de ficar em equilíbrio com a ação eletromotriz; sendo esta força [da ação eletromotriz] constante, ela carrega novamente eletricidade positiva para um lado e negativa para o outro, e as tensões se restabelecem. É este estado de um sistema de corpos eletromotivos e condutores que chamei de *tensão elétrica*. Sabemos que [a tensão] existe nas duas metades deste sistema, quando as separamos, ou mesmo quando [as duas partes] permanecem em contato depois que a ação eletromotriz cessa, no caso em que esta tenha tido origem na pressão ou atrito de corpos que não sejam ambos condutores. Nestes dois casos, a tensão diminui gradualmente, por causa do vazamento de eletricidade de que falamos há pouco.

Mas se os dois corpos, ou dois sistemas de corpos, entre os quais surge a força eletromotriz, são também conectados por corpos condutores, nos quais não há nenhuma ação eletromotriz igual e contrária à primeira, que mantivesse o estado de equilíbrio elétrico, e, portanto, as tensões dele resultantes, essas tensões desapareceriam, ou, no mínimo tornariam-se muito pequenas; ocorrem então os fenômenos que foram descritos no segundo caso. Mas se nada for mudado no arranjo dos corpos entre os quais se desenvolve a ação eletromotriz, não há dúvida de que ela continua a agir; e se a atração mútua entre as duas eletricidades, que desapareceu, ou diminuiu consideravelmente, conforme atestam as medidas de diferença de tensão elétrica, não consegue mais equilibrar esta ação, admite-se em geral que ela continua a levar as duas eletricidades nos mesmos dois sentidos de antes; de tal forma que resulta uma dupla corrente, uma de eletricidade positiva, a outra, de eletricidade negativa, partindo em sentidos opostos a partir dos pontos onde surge a ação eletromotriz, e indo reunir-se nas partes do circuito que estão distantes destes pontos. As correntes de que falo são aceleradas até que a inércia dos fluidos elétricos, e a resistência que encontram, devido à imperfeição mesmo dos melhores condutores, entrem em equilíbrio com a força eletromotriz, depois do que elas [correntes] continuam indefinidamente com velocidade constante, desde que mantida a mesma intensidade desta força [eletromotriz]; mas sempre desaparecem no instante em que o circuito é interrompido. É este estado da eletricidade em uma série de corpos eletromotores e condutores que eu denomino, para ser breve, de *corrente elétrica*; e como vou ter que me referir frequentemente aos dois sentidos opostos de movimento da eletricidade, para evitar repetições cansativas toda vez que a questão surge, passo a entender que a utilização dos termos "*sentido da corrente elétrica*" pressupõe *eletricidade positiva*. Assim, se consideramos a pilha voltaica, por exemplo, a expressão *direção da corrente elétrica na pilha* designa a direção a partir do terminal no

qual o hidrogênio é emitido, na decomposição da água, para o terminal onde o oxigênio é obtido; e a expressão *direção da corrente elétrica no condutor que conecta os dois terminais da pilha* deve designar a direção que, ao contrário da anterior, vai do terminal onde aparece o oxigênio para o terminal onde é produzido o hidrogênio. Para incluir estes dois casos em uma definição única podemos dizer que a direção da corrente elétrica é aquela seguida pelo hidrogênio e as bases salinas, quando a água ou alguma substância salina é parte do circuito, e é decomposta pela corrente, ao passo que, na pilha voltaica, essas substâncias são parte do condutor, ou estão interpostas entre os pares dos quais a pilha é construída.

.....

3. O eletrômetro comum indica a tensão e a intensidade da tensão; faltava um instrumento que permitisse reconhecer a presença de corrente em uma pilha ou em um condutor e que indicasse a sua energia e direção. Este instrumento agora existe; tudo que se necessita é que a pilha ou qualquer parte do condutor seja colocada horizontalmente, aproximadamente na direção do meridiano magnético, e que um aparelho semelhante a uma bússola, que na realidade só difere desta pela forma de utilização, seja colocado sobre a pilha, ou ainda sobre ou sob alguma parte do condutor. Enquanto o circuito está interrompido, a agulha magnética permanece em sua posição habitual, mas deixa esta posição assim que a corrente se estabelece, virando-se tanto mais quanto maior a energia da corrente; e identifica a direção da corrente do seguinte fato geral: se a pessoa se colocar, em pensamento, na direção da corrente, de forma que ela fique direcionada dos pés para a cabeça, e com o rosto virado para a agulha, a ação da corrente vai sempre jogar para a esquerda a ponta da agulha que se inclina para o norte, ao qual sempre chamarei de polo austral da agulha magnética, porque é o polo semelhante ao polo sul da Terra. Dito isto de forma mais breve, o polo austral da agulha é levado para a esquerda da corrente que age na agulha. Penso que, para distinguir este instrumento do eletrômetro comum, dê-se chamá-lo de galvanômetro, e que deve ser utilizado em todo experimento com correntes elétricas, para verificar a cada instante a presença da corrente e sua energia, da mesma forma que habitualmente utilizamos um eletrômetro no caso das máquinas elétricas.

O primeiro uso que fiz deste instrumento foi para provar que a corrente em uma pilha voltaica, do terminal negativo para o terminal positivo, tem o mesmo efeito sobre a agulha magnética que a corrente no condutor, que tem sentido oposto, do terminal positivo para o negativo.

É interessante para este experimento utilizar duas agulhas magnéticas, uma sobre a pilha e outra acima ou abaixo do condutor; vemos o polo austral de cada agulha mover-se para a esquerda da corrente próxima da qual é colocada; de forma que quando a segunda

[agulha] está acima do condutor, ela se vira em direção oposta à da rotação da agulha que foi colocada sobre a pilha, pois as duas correntes têm direções opostas nestas partes do circuito; e pelo contrário, as duas agulhas viram-se para o mesmo lado, ficando quase paralelas, se uma está sobre a pilha e a outra sobre o condutor. Assim que o circuito é interrompido, elas voltam às suas posições originais.

4. Estas são as diferenças já identificadas entre os efeitos produzidos pela eletricidade nos dois estados que descrevi, um dos quais consiste, senão no repouso, em um movimento que é lento e que só é produzido devido à dificuldade de isolarmos completamente os corpos nos quais se apresenta a tensão elétrica; e o outro, [que consiste] de uma dupla corrente de eletricidade positiva e negativa ao longo de um circuito contínuo de corpos condutores. Na teoria comum da eletricidade supomos que os dois fluidos que a compõem são continuamente separados um do outro em uma parte do circuito, e levados rapidamente em sentidos opostos em outra parte do circuito onde são continuamente reunidos. Muito embora as correntes definidas desta forma possam ser produzidas em máquinas comuns, em um arranjo em que as duas eletricidades são produzidas e as partes do aparelho onde elas são produzidas ligadas por um condutor, não podemos, a não ser que utilizemos máquinas muito grandes, obter correntes com energia apreciável exceto pelo uso da pilha voltaica, porque a quantidade de eletricidade produzida por uma máquina de atrito permanece a mesma no tempo, qualquer que seja o poder condutor do resto do circuito, ao passo que aquela [eletricidade] que a pilha põe em movimento durante um certo tempo aumenta indefinidamente na medida em que reunimos suas duas extremidades por um condutor melhor.

Mas as diferenças que mencionei não são as únicas que distinguem os dois estados da eletricidade. Descobri outras mais surpreendentes em um arranjo paralelo de duas partes retas de dois fios condutores ligando os terminais de duas pilhas voltaicas; um deles era fixo e o outro, suspenso e feito muito sensível ao movimento devido a um contra-peso, podia aproximar-se ou afastar-se do primeiro, permanecendo paralelo a ele. Eu então observei que quando eu passava corrente nesses fios eles imediatamente se atraíam quando as duas correntes estavam no mesmo sentido e se repeliam quando estavam em sentidos opostos. Agora essas atrações e repulsões de correntes elétricas diferem na essência daquelas que a eletricidade produz no estado de repouso; em primeiro lugar, elas cessam, assim como a decomposição eletroquímica, assim que o circuito de condutores é interrompido; em segundo lugar, nas atrações e repulsões ordinárias, as eletricidades opostas se atraem e as iguais se repelem; na atração e repulsão de correntes, é precisamente o oposto: há atração quando os dois fios condutores são colocados paralelos de forma que seus terminais de

mesmo nome estão do mesmo lado e muito próximos um do outro, e há repulsão quando os dois fios condutores, ainda paralelos, têm correntes em sentidos opostos, de forma que os terminais de mesmo nome estão tão longe quanto possível. Em terceiro lugar, no caso da atração, quando ela é suficientemente forte para colocar o condutor móvel em contato com o condutor fixo, eles permanecem ligados um ao outro, como dois ímãs e não se separam em seguida, como acontece com dois corpos condutores, que se atraem porque estão eletrificados, um positivamente e o outro negativamente, e se tocam. Finalmente, e parece que esta última circunstância depende da mesma causa que [o efeito] anterior, duas correntes elétricas se atraem ou se repelem tanto no vácuo como no ar, o que é contrário ao que observamos na ação mútua de corpos condutores carregados com eletricidade comum.....

....

Inicialmente pensei que fosse necessário utilizar duas pilhas diferentes para os dois condutores com corrente; mas isto não é necessário. Os condutores podem ambos fazer parte do mesmo circuito; pois a corrente elétrica está em toda parte com a mesma intensidade.....

.....

Vamos agora examinar ...a ação de dois ímãs um sobre o outro e veremos que ambos estão sujeitos à lei da ação mútua entre duas correntes elétricas, se imaginarmos uma destas correntes passando por cada ponto de uma linha que corre na superfície do ímã de um polo a outro, em planos perpendiculares ao eixo do ímã; de forma que de uma simples comparação dos fatos, parece-me impossível duvidar de que estas correntes em torno do eixo do ímã realmente existam, ou de que a magnetização consista de fato de um processo no qual adicionamos às partículas do aço a propriedade, relativa às correntes que discutimos, de produzir a mesma ação eletromotriz apresentada pela pilha voltaica, pelo zinco oxidado dos mineralogistas, pela turmalina aquecida, e mesmo pela pilha feita de papelão molhado e discos do mesmo metal a duas temperaturas diferentes. No entanto, como no caso do ímã, que é um bom condutor, esta ação eletromotriz se estabelece entre diferentes partículas do mesmo corpo, ela [ação eletromotriz] não pode, em nenhuma circunstância, produzir tensão elétrica, como já afirmamos antes, mas [pode] sim [produzir] uma corrente contínua, semelhante à que existe na pilha voltaica, que volta-se sobre si mesma em um caminho fechado. Apresentamos evidência suficiente, nas considerações acima, que uma tal pilha não pode produzir em nenhum de seus pontos seja tensões elétricas, seja atrações ou repulsões, ou fenômenos químicos, pois é impossível inserir líquido no circuito; mas que a corrente que se estabelece nesta pilha age na direção de atrair ou repelir outra corrente elétrica ou outro ímã, que, como veremos, é apenas um conjunto de correntes elétricas.

É é assim que chegamos a este resultado inesperado, que os fenômenos do ímã são produzidos pela eletricidade, e que não há nenhuma diferença entre os polos de um ímã além de sua posição em relação às correntes das quais o ímã é composto, de forma que o polo austral é o que está à direita destas correntes, e o polo boreal é aquele que está à esquerda [delas].

.....