

# O ÉTER LUMINOSO COMO ESPAÇO ABSOLUTO.

Maurício Pietrocola Oliveira  
Depto. de Física - UFSC.

## Resumo

Neste trabalho procuraremos mostrar como a estruturação da óptica ondulatória no século XIX, centrada no conceito de éter luminoso, permitia a determinação de um referencial absoluto para a descrição do movimento dos corpos. Por coerência com as observações astronômicas, o éter luminoso era definido de tal forma a constituir-se num sistema "inercial"<sup>1</sup>: era considerado um fluido imponderável, infinito, homogêneo, isotrópico e, principalmente, não sujeito a acelerações, pois caso contrário não seria possível explicar a regularidade na posição das estrelas obtidas nas observações. Contudo, para ascender à condição de referencial absoluto, faltava-lhe diferenciar-se dos outros referenciais inerciais possíveis de ser definidos. Como explicitado pelo próprio Newton, a diferenciação não poderia ser promovida pela experimentação sobre fenômenos puramente mecânicos, visto que as leis que os descreviam seriam as mesmas independentemente do referencial inercial adotado. O mesmo não aconteceria com os fenômenos ópticos, ao menos a partir da formulação ondulatória adotada no século XIX.

Nosso objetivo será analisar a estruturação da óptica no século XIX, procurando mostrar como as experiências realizadas nesse domínio poderiam privilegiar os referenciais parados em relação ao éter luminoso.

## O Espaço absoluto no sistema newtoniano.

O sistema teórico de Newton, que engloba as três leis do movimento, define uma estrutura conceitual na qual o conceito de espaço absoluto é fundamental.

A primeira lei da inércia ao estabelecer que "todo corpo continua no seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, até que seja compelido a mudar seu estado por uma força impressa agindo sobre ele"<sup>2</sup> traça uma linha demarcatória fundamental para a teoria, separando os movimentos que poderíamos chamar de "naturais" ou sem causa, daqueles que existiriam como efeitos da ação de forças. Entretanto a questão que aparece ao analisarmos essa situação com um pouco mais de cuidado é a seguinte: de que forma poder-se-ia saber se um determinado corpo está em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, visto que os movimentos relativos, sendo os únicos acessíveis aos sentidos, como define Newton<sup>3</sup> referem-se sempre a outros corpos? Seria necessário, pois, tomar um referencial que pudesse determinar quais os corpos em movimento uniforme ou em repouso, diferenciando-os daqueles cujo movimento seria variável. Essa referência

---

<sup>1</sup>-Empregaremos aqui o termo atual "inercial", inexistente na época, apenas por motivos de simplificação. Tal termo define os referenciais nos quais as leis da mecânica newtoniana são válidas.

<sup>2</sup>Newton (1952), p. 14.

<sup>3</sup>-Newton (1952), p. 10.

era o espaço absoluto definido por Newton no *Principia*.<sup>4</sup> É sua existência que garantia, de um lado, a coerência da primeira lei ao definir em relação ao que deveria ser considerado o repouso ou movimento retilíneo uniforme, e de outro lado, a validade da segunda lei pelo fato de possibilitar a definição dos movimentos acelerados verdadeiros como aqueles sujeitos a forças.

Dessa forma, a proposição do espaço absoluto define uma classe de objetos (nomeados posteriormente "observadores livres") em relação aos quais essas duas leis poderiam ser enunciadas. É nesse sentido que Tonnelat afirma que "[A física newtoniana] vai fundar a noção de *observador «livre»* sobre a ausência de coerções «verdadeiras»; a presença de *forças reais* se relacionando, por direito, com a *existência de movimentos absolutos*, com a própria presença de um espaço absoluto, *espaço no qual o princípio de inércia e a lei fundamental da dinâmica seriam rigorosamente válidos*".<sup>5</sup>

Nesse contexto, a existência do espaço absoluto torna-se elemento essencial para a própria edificação da física newtoniana, estando intimamente ligado à proposição de duas das três leis fundamentais da mecânica. Na própria definição do conceito, Newton deixa claro que ele não seria acessível à percepção, sendo impossível determinar um corpo em estado de repouso absoluto, isso é, em repouso em relação ao espaço absoluto. Embora no mesmo texto seja levantada a possibilidade de tal corpo existir "...em remotas regiões das estrelas fixas, ou talvez para além delas"<sup>6</sup>, sua determinação estaria definitivamente fora do alcance dos nossos sentidos.

Antevendo as críticas que poderiam surgir da proposição de uma entidade que estaria fora do alcance dos sentidos, Newton procura fornecer evidências da existência do espaço absoluto. Para ele, os efeitos hoje ditos "inerciais" sobre corpos sujeitos a acelerações, como no conhecido exemplo do balde discutido no início dos *Principia*, seriam manifestações da existência de movimentos absolutos, indicando situações que permitiriam diferenciar movimentos de rotação verdadeiros daqueles causados apenas pelo movimento relativo a corpos móveis tomados como referência. Nessa situação a realidade do movimento de rotação do balde citado acima seria evidenciado pela variação da forma da superfície da água. Do mesmo modo a existência de tensão numa corda ligando duas esferas em rotação também indicaria que elas se movem em relação ao espaço absoluto, mesmo se todos os outros corpos do universo viessem a desaparecer.

Dessa sucinta introdução ao sistema newtoniano, fica clara a função primordial exercida pelo espaço absoluto enquanto entidade ontológica (não empírica); primeiro, ele serve de referência aos movimentos dos corpos (aí incluído o repouso); segundo, por permitir a definição de uma classe de objetos de referência equivalentes em relação aos quais as leis da mecânica seriam válidas. Embora de importância fundamental na descrição dos fenômenos, o estado de movimento dos corpos no que concerne a suas velocidades não poderia ser determinado em relação ao espaço absoluto, nem haveria meios de privilegiar através das leis da mecânica um "observador livre" em particular, visto que essas leis dependiam de acelerações e distâncias e não de velocidades ou posições.

---

<sup>4</sup>-Newton define espaço absoluto dessa forma nos *Principia*: "Espaço absoluto, na sua própria natureza, sem relação a algo externo, mantém-se sempre similar e sem movimento". Newton (1952), p. 8.

<sup>5</sup>-Tonnelat, A. (1971), p. 69. Grifos no original.

<sup>6</sup>-Newton(1952), p. 10.

As proposições de Newton sobre o conceito de espaço absoluto motivaram vários debates com outros cientistas. O mais celebre foi talvez aquele com Leibniz, que teve Clarke como intermediário. Sem aprofundar essa questão, sublinhemos apenas que os cientistas posteriores adotaram uma postura pragmática em relação a esse ponto, valendo-se na maioria das vezes do sistema ligado às estrelas fixas como aproximação razoável de um "referencial inercial", como passariam a ser chamados no século XIX os sistemas de referência onde as leis de Newton eram observadas.

## Os fenômenos luminosos e o éter luminoso.

Sendo nosso objetivo discutir o papel do éter luminoso como referencial absoluto, será importante analisar brevemente a forma pela qual esse conceito foi utilizado na interpretação dos fenômenos luminosos. Começamos, pelas proposições sobre a natureza da luz no século XVII.

O mesmo Newton encontra-se na origem de outro importante debate, desta vez sobre a natureza dos fenômenos luminosos. Em seu livro *Opticks* de 1704, ele expõe um sistema teórico capaz de interpretar os fenômenos ópticos no qual a luz era concebida como um fluxo de pequenos corpúsculos de matéria propagando-se em linha reta. Essa concepção era capaz de interpretar convenientemente os fenômenos de reflexão, de refração, parcialmente os de dupla refração e aquele que viria a ser conhecido como polarização.

Por sua vez, Huygens no seu livro *Tratado sobre a luz* de 1690 concebia de maneira diferente a natureza da luz. Por analogia com o som, ele definia a luz como ondas propagadas num meio que preencheria todo o espaço: o éter luminoso. Esse meio seria um fluido material, porém imponderável, infinito, homogêneo e isotrópico permeando todos os corpos. A identificação dos fenômenos luminosos ao comportamento das ondas permitia a Huygens descrever de maneira adequada a reflexão, a refração simples e a dupla.

Tanto a concepção de Newton quanto a de Huygens foram desenvolvidas e aperfeiçoadas nos séculos seguintes a suas respectivas proposições. A teoria corpuscular forneceu resultados extremamente precisos na interpretação de experiências através das contribuições da escola laplaciana<sup>7</sup> no final do século XVIII, assim como a teoria ondulatória, com os trabalhos de Young e principalmente Fresnel no século XIX<sup>8</sup>. Sem querer acompanhar os debates e modificações que se seguiram à proposição dessas duas teorias, centremos atenção nas implicações que a teoria ondulatória e a adoção de um éter luminoso tinham com relação à interpretação dos fenômenos luminosos.

A descrição de fenômenos ópticos, supondo-se a luz como perturbações propagadas num fluido, era fundamentada no conhecimento de basicamente três grandezas: a velocidade de propagação das ondas luminosas (entendida aqui na sua dimensão vetorial), o período ou frequência com que elas eram emitidas pela fonte e a intensidade ou amplitude das mesmas. Toda interpretação dada aos fenômenos luminosos e a dedução de leis deveria vir direta ou indiretamente da variação ou não dessas grandezas. Por exemplo, a refração era concebida como o resultado da modificação da velocidade de propagação luminosa quando da passagem da luz de um meio para outro. A

---

<sup>7</sup>-Frankel (1976) e Fox (1974).

<sup>8</sup>Ver Wittaker (1951), em especial capítulo IV.

dispersão era explicada pelo fato da velocidade de propagação da luz depender de seu período de vibração nos meios materiais. Essas três grandezas estavam associadas ao deslocamento das ondas sobre o éter, a velocidade sendo o deslocamento de cada perturbação tomada individualmente medido sobre o fluido, e o período ou a frequência a relação entre o deslocamento das sucessivas perturbações emitidas sobre o éter. Tanto velocidade de propagação quanto período de vibração das ondas estariam diretamente relacionadas ao estado de movimento dos objetos tomados como referência para medi-los.

De forma paralela àquela empregada por Newton na definição de movimentos absolutos e relativos, poderíamos dizer que no contexto da óptica ondulatória clássica haveria velocidades de propagação absolutas, em referência àquelas medidas diretamente em relação ao éter, e relativas, tomadas em relação a outros corpos de referência. A mesma diferenciação poderia ser feita entre período de vibração absoluto e relativo. Porém, contrariamente à física newtoniana, as leis da óptica, como mencionamos acima, não dependiam das variações da velocidade ou do deslocamento, que permanecem invariáveis para o conjunto de referenciais inerciais<sup>9</sup>, mas sim do valor da velocidade e do período. Nesse caso, escrever as leis que governam os fenômenos luminosos a partir de um referencial onde a velocidade, por exemplo, é considerada no seu valor absoluto, equivalia a diferenciá-las de quaisquer outras que viessem a ser obtidas em outro referencial. A descrição dos fenômenos ópticos estava diretamente ligada ao estado de movimento do objeto utilizado como referência. A propriedade de isotropia do éter permitiria indicá-lo como um referencial especial, visto que apenas os fenômenos luminosos observados em sistemas em repouso sobre o primeiro apresentar-se-iam de forma idêntica em relação a todas as direções.

Tomemos, por exemplo, o fenômeno de reflexão, onde pode-se demonstrar geometricamente que ondas luminosas emitidas por uma fonte, que se refletem num espelho plano, apresentam ângulo de incidência igual ao ângulo de reflexão para um observador também em repouso. Essa lei todavia só era válida para um sistema óptico de referência em repouso em relação ao éter. Para qualquer outro sistema animado de movimento sobre o éter, a relação entre o ângulo de incidência e aquele de reflexão apresentaria outra formulação, que dependeria da direção de seu movimento em relação à propagação do raio de luz incidente<sup>10</sup>. A descrição do fenômeno apresentaria simetria espacial apenas num sistema em repouso com relação ao éter luminoso.

A partir da estruturação da óptica ondulatória fica evidente que a descrição do comportamento das ondas luminosas, isso é, a forma do enunciado das leis da óptica privilegiava implicitamente o éter luminoso entre os diversos referenciais que pudessem ser definidos<sup>11</sup>.

Até aqui demonstramos a possibilidade teórica do éter luminoso servir de referencial privilegiado para descrever os fenômenos físicos, através de uma análise da estrutura da óptica ondulatória no século XIX. Resta-nos agora mostrar que essa possibilidade se materializou em alguns trabalhos científicos daquele século, onde alguns cientistas chegaram a crer na detecção do movimento absoluto da Terra. Esses trabalhos científicos compuseram uma importante linha de

---

<sup>9</sup>-Nesse caso formado pelos objetos em repouso ou em movimento retilíneo uniforme em relação ao éter.

<sup>10</sup>-Apesar da diferença ser pequena, da ordem de  $(v/c)^2$ , ela existe. Uma demonstração dessa diferença é feita em Mascart(1872).

<sup>11</sup>-Essa idéia é defendida por Max Born, em Born(1924).

pesquisa no século XIX, que foi posteriormente definida como "a influência do movimento dos corpos sobre a luz" e "a óptica dos corpos em movimento"<sup>12</sup>.

Sem a preocupação de seguir precisamente essa questão, que tem uma história rica e interessante, tomemos desse contexto alguns trabalhos que evidenciam como a existência do éter luminoso e a possibilidade de definir grandezas absolutas e relativas implicavam na existência de variações nas leis da óptica que poderiam ser colocadas em evidência pela experiência.

## A Aberração

Já era conhecida, desde meados do século XVIII, a variação na posição das estrelas fixas causada pelo movimento de translação da Terra, fenômeno conhecido pelo nome de **aberração estelar**. Na verdade Bradley evidenciou este fenômeno procurando medir outro fenômeno, a paralaxe<sup>13</sup> astronômica das estrelas fixas, detectando em suas observações uma pequena variação na posição da estrela Gama da constelação do Dragão. Os deslocamentos estelares medidos, apesar de estarem relacionadas à posição da Terra em sua órbita como previa o efeito de paralaxe, encontravam-se num plano perpendicular às previsões esperadas para a paralaxe<sup>14</sup>, levando-o a atribuir o efeito ao fato das observações terem sido feitas a partir de um objeto em movimento ( no caso, a Terra).<sup>15</sup>

Bradley observou e interpretou esse fenômeno num contexto científico dominado pela teoria newtoniana da luz. Ao supor a luz constituída por pequenos corpúsculos de matéria, admitiu implicitamente que o movimento dos mesmos seria regido pelas leis gerais da mecânica. Dentro desse contexto, um fenômeno como a aberração não causou muita estranheza ao meio científico da época, pois a variação da trajetória de um corpo em função do movimento relativo do observador ao mesmo era algo proposto já por Galileu e amplamente aceito<sup>16</sup>. Assim a constatação do efeito de aberração das estrelas evidenciou uma consequência possível, mas até então desconhecida da teoria corpuscular da luz, ou seja, a propagação luminosa podia ser influenciada pelo movimento dos corpos ponderáveis<sup>17</sup>, variando de observador para observador, em função de seu movimento relativo.

No contexto da óptica ondulatória, foi Young, no início do século XIX, quem claramente propôs uma explicação para o fenômeno da aberração. Procurando mostrar que a concepção ondulatória da luz era capaz de interpretar corretamente os fenômenos luminosos, ele deparou-se com alguns problemas para explicar a aberração. Consciente de que a interpretação da variação observada na posição das estrelas fixas não poderia vir unicamente dos pressupostos teóricos

---

<sup>12</sup>-A primeira expressão é empregada por Lorentz num artigo de 1887. A segunda é utilizada por historiadores como Hirose (1976) e Miller (1981).

<sup>13</sup>-Pequena variação na posição das estrelas fixas causada pela mudança de posição da Terra na sua órbita.

<sup>14</sup>-As variações medidas na posição encontravam-se num plano perpendicular ao efeito esperado pela paralaxe.

<sup>15</sup>Para maiores informações sobre o fenômeno de paralaxe estelar, ver Pietrocola-de-Oliveira (1993a).

<sup>16</sup>-Tonnelat (1971).

<sup>17</sup>-Define-se aqui os corpos como "ponderáveis" em oposição a outro tipo de matéria, o éter, considerado na época como matéria imponderável.

contidos no modelo de Huygens, ele publica em 1804<sup>18</sup> um artigo propondo uma explicação para o fenômeno amparando-se numa hipótese que supunha o éter totalmente imóvel no espaço<sup>19</sup> e não influenciado pelo movimento da Terra. Essa hipótese foi apresentada através de uma analogia com o vento nos seguintes termos:

*Considerando-se o fenômeno da aberração das estrelas, eu estou pronto a acreditar que o éter luminoso penetra a substância de todo corpo material com pouca ou nenhuma resistência, tão livre talvez quanto o vento passe através de um bosque de árvores.*<sup>20</sup>

Essa simples consideração sobre a ausência de efeito do deslocamento da matéria ponderável<sup>21</sup> sobre o éter, já era suficiente para que o fenômeno fosse explicado. Para um observador em repouso em relação ao éter seria acessível a posição real ou absoluta das estrelas. Para outro sobre a Terra em movimento, a observação deveria fornecer um resultado diferente, compatível com o fenômeno da aberração.

Autores da época, como Fresnel (1818), Fizeau (1859), Mascart (1872), entre outros, referem-se ao fenômeno de aberração como uma evidência do movimento da Terra em relação ao éter. Mesmo a interpretação de Stokes<sup>22</sup>, baseada numa hipótese um pouco diferente, atribuía a origem do efeito observado ao movimento terrestre em relação ao éter inter-espacial. Na sua forma de interpretar o fenômeno, a existência do efeito observado na posição das estrelas estava ligada ao fato da observação ter sido feita num sistema em movimento em relação ao éter. O fenômeno seria então um critério para definir os estados de movimento dos sistemas adotados.

## **A Refração da luz medida sobre a Terra.**

Em 1810, Arago realizou uma experiência visando colocar em evidência os efeitos da composição do movimento terrestre com a propagação da luz. Apesar das motivações originais dessa experiência estarem ligadas a problemas na explicação das medidas sistemáticas da aberração dos corpos celestes pela teoria corpuscular da luz<sup>23</sup>, ela tornou-se importante dentro do contexto da teoria ondulatória.

---

<sup>18</sup>- Young (1804).

<sup>19</sup>- Ao menos em repouso com relação às estrelas fixas.

<sup>20</sup>-Young (1804), p. 1.

<sup>21</sup>-Era comum fazer referência à matéria "normal" pelo uso do termo ponderável, visto que o éter se diferenciava dessa apenas pelo fato de ser imponderável.

<sup>22</sup>-Stokes (1848). A hipótese de Stokes sugere que o éter imediatamente vizinho à superfície terrestre estaria fixo à mesma, sendo dessa forma totalmente arrastado pelo seu movimento de translação. O efeito de aberração apareceria na passagem da luz da região do éter distante não influenciado, àquela nas vizinhanças da Terra. Ver Wilson (1972), para maiores informações.

<sup>23</sup>-Várias observações da época indicavam que o desvio na posição dos corpos celestes (aberração) era constante, levando os cientistas a concluir que a luz emitida por esses corpos propagava-se sempre com a mesma velocidade. Esse resultado era incompatível com a teoria corpuscular da luz, que previa uma dependência dessa velocidade com a distância e a massa da fonte emissora. Procurando solucionar a incompatibilidade existente, Arago tentou invalidar o princípio newtoniano da refração que afirmava que uma desigualdade no desvio provocado por um mesmo meio sobre a direção da

Medindo o ângulo de refração num prisma onde a luz de uma estrela, em direção a qual a Terra movia-se, penetrava perpendicularmente na sua superfície e comparando-o com a mesma medida realizada para a luz de uma estrela posicionada no sentido oposto, Arago esperava observar alguma variação na trajetória luminosa. O experimento fundamentava-se no fato de que o desvio observado na passagem da luz pela superfície de separação de dois meios depende da relação entre as respectivas velocidades de propagação da luz nos mesmos<sup>24</sup>.

Embora não tenha observado nenhuma diferença entre os ângulos medidos, constatando que eles eram rigorosamente iguais, essa experiência foi um marco importante na história da óptica. De um lado, ela revelou um dos pontos frágeis da concepção corpuscular da luz que não foi capaz de interpretar tal resultado. A explicação do fenômeno foi fornecida por Fresnel<sup>25</sup> alguns anos depois no contexto da teoria ondulatória, através de uma variante da hipótese de Young. Fresnel supunha que os corpos em movimento arrastavam parcialmente o éter.<sup>26</sup> Essa explicação contribuiu para o fortalecimento da concepção ondulatória da luz e para sua gradativa aceitação pelo meio científico da época. Por outro lado, a experiência e a interpretação dada por Fresnel inauguraram uma linha de pesquisa que se estendeu por todo o século XIX, cujo objetivo final era conhecer as relações entre a matéria ponderável e o éter.<sup>27</sup>

### **ARotação do plano de polarização**

Em 1859, Fizeau tentou medir o arrastamento do éter pela matéria sólida<sup>28</sup>, já tendo oito anos antes realizado outra experiência com matéria fluida em movimento<sup>29</sup>. Sabendo que a rotação do plano de polarização da luz dependia do índice de refração do meio no qual ela se propagava, Fizeau propôs-se a estudar tal fenômeno orientando sua montagem experimental em diferentes posições em relação ao movimento de translação da Terra. Como o índice de refração depende da relação entre a velocidade da luz no interior e no exterior do corpo, ele esperava observar uma variação no plano de rotação da luz refratada. Realizada a experiência, o resultado observado pareceu positivo e em acordo com o coeficiente de arrastamento do éter proposto por Fresnel.

Esse resultado foi retificado no início deste século, mostrando que não havia influência do movimento na rotação do plano<sup>30</sup>. Na época, contudo, o resultado do trabalho de Fizeau fortaleceu a hipótese do arrastamento parcial do éter e pareceu demonstrar no campo experimental a dependência do fenômeno luminoso com o movimento em relação ao éter. Esse resultado foi da maior importância para as pesquisas da época, pois como inferiria Mascart<sup>31</sup> alguns anos mais

---

propagação luminosa, significava a existência de uma desigualdade na velocidade da luz. Essa verificação poderia mostrar que a constância na aberração podia ser fruto de uma compensação entre a variação da velocidade da luz e a forma dos desvios produzidos na refração. Ver Mayrargue (1991), e Pietrocola-Oliveira (1992).

<sup>24</sup>-Pietrocola -Oliveira (1993a).

<sup>25</sup>-Fresnel (1818).

<sup>26</sup>-Para maiores detalhes ver Pietrocola-Oliveira (1993b).

<sup>27</sup>-Miller(1981).

<sup>28</sup>-Fizeau (1859).

<sup>29</sup>-Tonnelat(1971).

<sup>30</sup>-Os novos resultados foram publicados por D.P. Brace em 1905. Ver Brace, D.P.(1905).

<sup>31</sup>-Mascart (1872).

tarde, ele parecia determinar o movimento da Terra em relação ao éter fixo no espaço, que para muitos era o seu movimento absoluto.

## A Difração

Outra experiência importante nesse contexto foi idealizada em 1862 por Babinet e realizada dois anos mais tarde por Angström, envolvendo o fenômeno de difração. Na mesma linha das experiências de Arago e Fizeau, essa experiência propunha-se a medir efeitos de assimetria na propagação luminosa provocados pelo movimento terrestre.

Optaremos neste trabalho pela análise das motivações que levaram Babinet a propor tal montagem, ao invés de centrarmos no resultado experimental, controvertido aliás, e na sua recepção pelo meio científico da época. Na verdade o resultado positivo da experiência obtido por Angström foi refutado por outros experimentos; o que porém não invalida completamente a fundamentação teórica da proposta de Babinet<sup>32</sup>. Na verdade, o insucesso de Angström foi atribuído ao fato das condições exigidas na proposta de Babinet<sup>33</sup> não terem sido cumpridas na experiência.

Vejamos então as motivações e a fundamentação teórica de Babinet. Seu objetivo, como se encontra claramente indicado numa carta enviada à *Academia de Ciências de Paris* em 1862, era determinar, através de efeitos observados em fenômenos ópticos conhecidos, o movimento "próprio" da Terra. Sua proposta baseava-se no fato de que, numa montagem experimental envolvendo fenômenos luminosos, o movimento dos corpos produz efeitos nos resultados observados. O movimento de cada parte do sistema utilizado, composto basicamente de uma fonte luminosa, um objeto responsável pelo desvio da luz e um teodolito de observação<sup>34</sup>, influenciaria as grandezas observadas. Tendo estudado anteriormente diversos fenômenos nos quais os efeitos esperados do movimento terrestre sobre a propagação da luz não podiam ser observados por força de compensações, ele declarou ter:

...encontrado no desvio produzido pelas redes [de difração] um desvio constante que desde agora tornará sensível o deslocamento do micrômetro e o movimento da Terra no espaço qualquer que seja a natureza desse movimento. ...!Esse resultado! permitiria obter a paralaxe das estrelas fixas.<sup>35</sup>

Assim, embora acreditando na existência do efeito para qualquer fenômeno óptico, na sua opinião apenas a difração estaria livre de compensações fortuitas que impediam a observação do

---

<sup>32</sup>- Angström realizando a experiência obteve um resultado positivo quanto a existência do fenômeno, indicando que a difração da luz era influenciada pelo movimento em relação ao éter dos corpos utilizados na experiência. Pouco tempo depois, esse resultado foi contestado por Mascart em 1872, com uma montagem semelhante, mas muito mais precisa.

<sup>33</sup>- Babinet em seu manuscrito de 1862 parecia indicar o uso de uma fonte luminosa estacionária em relação ao éter, enquanto que Angström, consciente ou não, valeu-se de uma fonte móvel. A análise desse resultado encontra-se num texto de Mascart de 1872, página 182. Uma discussão mais ampla desse ponto é feita em Pietrocola de Oliveira (1992), capítulo 3.

<sup>34</sup>Onde o micrômetro é utilizado para indicar a posição das franjas produzidas.

<sup>35</sup>-Babinet(1862a), p. 2. Sublinhado por mim.

mesmo. Para ele, o movimento dos componentes de um sistema óptico em relação ao éter luminoso produziria efeitos que o tornariam sensível, qualquer que fosse sua natureza.

Infere-se claramente desse texto, principalmente da frase final, que, embora atacando questões ligadas à óptica, Babinet visava consequências para a astronomia da época, para a qual a determinação do movimento da Terra em relação ao éter era considerado um resultado da maior importância, em particular pela possibilidade de se determinar a paralaxe absoluta dos corpos celestes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversas outras experiências e interpretações poderiam ser aqui descritas na linha das anteriores, deixando evidente a possibilidade que a óptica oferecia para a observação de efeitos do movimento em relação ao éter e o benefício que a determinação do movimento terrestre nessas condições traria para a astronomia<sup>36</sup>. Dessa forma, dada a impossibilidade de atingir o espaço absoluto proposto por Newton, o éter luminoso, referencial privilegiado pela óptica ondulatória no século XIX, estaria em condições de substituí-lo na descrição dos fenômenos físicos, inclusive no que concernia a própria mecânica (tome-se o caso da determinação da paralaxe absoluta das estrelas no fenômeno de aberração discutido no início deste trabalho). Ao longo do século XIX, difundiu-se então, como prática entre os cientistas, principalmente entre os astrônomos e aqueles dedicados ao estudo dos fenômenos luminosos, a adoção de tal sistema como referencial privilegiado, sendo comum encontrar em textos da época o uso de expressões tais como "velocidade absoluta" ou "velocidade própria" como forma de designar movimentos em relação ao éter luminoso.

Citemos para finalizar alguns trechos de textos da época que indicavam o sentido absoluto do movimento determinado em relação ao éter luminoso.

1) Yvon de Villarceau, num texto de 1872 sobre a teoria da aberração no contexto da teoria ondulatória da luz:

**"Para evitar toda confusão, designaremos o movimento resultante na teoria da aberração sob a denominação de movimento absoluto do sistema solar e entenderemos esse termo como o movimento relacionado à massa etérea que preenche o espaço celeste, supostamente fixa, ou melhor sofrendo apenas movimentos vibratórios."**<sup>37</sup>

2) E. Mascart, num texto de 1870 sobre o efeito medido por Huggins no desvio de linhas espectrais pelo movimento celeste.

---

<sup>36</sup>Hirosige(1976.

<sup>37</sup>-Villarceua(1872), pag. 854.

"M. Huggins considera este resultado (medida da velocidade de 41,4 milhas por segundo) como aplicável à velocidade relativa de Sirius e da Terra...Mas o resultado é completamente independente do movimento da Terra, ele é o mesmo que se a Terra estivesse imóvel, ele é devido unicamente à velocidade absoluta de Sirius." <sup>38</sup>

3) Novamente E. Mascart num texto de 1874 sobre a influência do movimento de uma fonte luminosa sobre a refração.

"...e, nesse caso, as modificações de refração seriam devidas, não somente ao movimento da Terra em torno do Sol, mas a seu movimento absoluto no espaço." <sup>39</sup>

Visto que o objetivo da física newtoniana, ao postular a existência do espaço absoluto era essencialmente evitar o círculo vicioso de auto-definições entre a lei da inércia e o movimento inercial, a existência de um elemento que viesse a quebrar tal situação poderia substituí-lo com sucesso. É nesse contexto que o éter luminoso, privilegiado na óptica e compatível com a noção de referencial inercial, tenta substituir o espaço absoluto de Newton. A determinação do estado de movimento da Terra em relação a ele tornando-se a meta de parte da comunidade científica por décadas no século XIX.

## BIBLIOGRAFIA<sup>40</sup>

**ARAGO, F. (1853)** - "Memoire sur la Vitesse de la Lumière lu à la Première Classe de l'Institut, le 10 Decémbre 1810". *CRAS*, vol. 53, 1853.

**BABINET, J. (1839)** - "Sur l'aberration de la lumière", *CRAS*, vol. 9, p. 774.

-----**(1862a)** - "Expérience pour rendre sensible le mouvement ou plutôt les mouvements divers de la Terre." pli cacheté n°2073, déposé à l'*Académie des Sciences de Paris*, le 01/09/1862. Manuscrit aux Archives de l'*Académie des Sciences*.

-----**(1862b)** - "Addition au paquet déposé le 1° septembre 1862." paquet n° 2075, déposé à l'*Académie des Sciences de Paris*, le 08/09/1862. Manuscrit aux Archives de l'*Académie des Sciences*

-----**(1862c)** - "De l'influence du mouvement de la Terre dans les phénomènes optiques"; *CRAS*, vol. 55, p. 561, 1862.

**BORN, M. (1924)** - *Einstein's THEORY OF RELATIVITY*, Dover Publications, New York, 1962.

**BRACE, D. B.(1905)** - "A Repetition of Fizeau's Experiment on the Change Produced by Earth's Motion on the Rotary of Refracted Ray, *Philos. Mag.*, 10, 591-599, 1905.

---

<sup>38</sup>-Mascart(1870), pag. 7. T

<sup>39</sup>-Mascart(1874), pag. 367.

<sup>40</sup>-As datas entre parênteses são referentes a publicação original. A referência completa corresponde a edição consultada.

**BRADLEY, J.(1729)** - "James Bradley's letter to Halley, *Philosophical Transaction*, 406, vol. 35, 1729.

**BUCHWALD, Z. (1981)** - "The quantitative ether in the first half of the nineteenth century", em *Conceptions of ether*, Cantor, G. ???, 1981.

-----**(1988)** - "The Optics of Moving Bodies as a peripheral concern before the 1890s", *The Michelson Era in America Science 1870-1930*, Cleveland, Oh, 1988

-----**(1989)** - *THE RISE of the WAVE THEORY of LIGHT, Optical and Experimental in the Early Nineteenth Century*, The University of Chicago Press, Chicago, 1989.

**CANTOR, G. N. et HODGE, M. J. S. (1981)** - *Conceptions of Ether: Studies in the history of ether theories 1740-1900.*, Cambridge University Press, Cambridge, 1981.

**DAVIS, J.L.(1986)** - "The influence of astronomy on the character of physics in mid-nineteenth France", *Historical Studies in the Physics and Biological Sciences*, vol 16, part I, p. 59, 1986.

**FIZEAU, H. (1851)**- "Sur les hypothèses relatives à l'éther lumineux, et sur une expérience qui paraît démontrer que le mouvement des corps change la vitesse avec laquelle la lumière se propage dans leur intérieur", *CRAS*, vol. 33, 1851, p. 349..

-----**(1859)** - "Sur une méthode propre à rechercher, si l'azimut de polarisation du rayon réfracté est influencé par le mouvement des corps réfringents. Essai de cette méthode", *CRAS*, Vol XLIX, p. 717, 1859.

**FOX, R. (1974)** - "The rise and fall of laplacian physics", *Historical Studies in the Physical Sciences*, 4, pag. 89, 1974.

**FRANKEL, E. (1976)** - "Corpuscular optics and the wave theory of light: the science and politics of a revolution in physics, *Social Studies of Science*, 6, pag. 141, 1976.

**FRESNEL, A.(1818)** - "Lettre d'Augustin Fresnel à François Arago, sur l'influence du mouvement terrestre dans quelques phénomènes d'optique", *Ann. Ch. Ph.*, 2° s., 1818.

**HARMAN, P. M. (1982)** - *Energy, Force, and Matter- The conceptual development of nineteenth-century physics*, , cambridge, 1985.

**HERIVEL, J. (1966)** - "Aspects of French theoretical Physics in the Nineteenth Century", *Brit. J. Hist. Science*, vol. 3, p. 109, 1966.

**HIROSIGE (1976)** - "The Ether Problem, The Mechanistic worldview and the Origins of The Theory of Relativity", *Hist. Studies in The Physical Sciences* , vol. 7, p. 3 , 1976.

**LORENTZ, H. A. (1887)**, "De l'influence du mouvement de la Terre sur les phénomènes lumineux", *Archives Néerlandaises*, T. XXI (1887), p.101.

**MASCART, E. (1872)** - "Sur les Modifications qui éprouve la lumière par suite du mouvement de la source lumineuse et du mouvement de l'observateur". *Annales Scientifiques de l'Ecole Normale Supérieure*, 2ème série, 1, 157-214, 1872.

-----**(1874)**- "Modifications qu'éprouve la lumière par suite du mouvement de la source lumineuse et du mouvement de l'observateur (deuxième partie)", *Annales Scientifiques de l'Ecole Normale Supérieure*, 2ème série, 3, 363-420, 1874.

**MAYARGUE, A.(1991)** - *L'aberration des étoiles et l'éther de Fresnel(1729-1851)*, thèse de doctorat, université de Paris 7, Paris, 1991.

**MILLER, A. (1981)** - *Albert Einstein's Special Theory of relativity*; Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1981.

**NEWTON, I. (1952)** - *Mathematical principles of natural philosophy*. in Greats Books of the Western World. Encyclopedia Britannica, INC. Willian Benton, publisher. Chicago, U.K.

**PIETROCOLA-OLIVEIRA, M. (1992)** - "Mascart e L'optique des corps en Mouvement", tese de doutoramento, Universidade de Paris 7, Paris, França, não publicada, 1992.

\_\_\_\_\_ **(1993a)**- "Fresnel e o arrastamento parcial do éter: influência do movimento da Terra sobre a propagação da luz", *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 10(2), pag. 157, 1993.

\_\_\_\_\_ **(1993b)**. "A extensão do princípio de relatividade para a óptica". *Anais do V Seminário nacional da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, 1993.

**STOKES, G.(1848)** \_ "On the constitution of luminiferous ether", *Philosophical Magazine*, 3rd ser., XXXII,1848.

**TONNELAT, M. A(1971)**. - "L'Histoire du Principe de Relativité" - Flammarion, Paris, 1971.

**VILLARCEAU, Y. (1872)** - "Sur la constante de l'aberration et la vitesses de la lumière, considérées dans leurs rapports avec le mouvement absolu de translation du système solaire", *C.R.A.S.*, vol. 73 (1872), p. 854.

**WILSON, D. (1972)** - "George Gabriel Stokes on Stellar Aberration and Luminiferous Ether", *The British Journal for the History of Science*, vol VI, part. I, n° 21, 1972.

**WHITTAKER, E.(1951)** -"A History of the Theories of Aether and Electricity"; deux volumes, 1989, Dover Publications (New York).