
SENTIDO DAS FORÇAS DE ATRITO E OS LIVROS DE 8ª SÉRIE

Altair L. Cunha
Escola de 1º e 2º graus "João Bley"
Castelo – ES
Helena Caldas
Departamento de Física – UFES
Vitória – ES

Resumo

Este trabalho procura colocar em evidência elementos que subsidiem os professores de física, especialmente aqueles do ensino secundário, a apresentar e a definir o sentido das forças de atrito estático e cinético de forma a promover a evolução conceitual nos modos de raciocínio dos seus alunos sobre este fenômeno.

Através de uma análise de conteúdo dos livros de ciências da 8ª série indicados pelo MEC (Guia do livro didático 1999), quanto ao sentido atribuído às forças de atrito sólido seco (atrito entre sólidos em contato e sem adição de fluido), mostra-se, a partir das concepções de senso comum apresentadas pelos alunos sobre este fenômeno, que a abordagem deste conteúdo específico nos livros analisados não contribui para que o modelo do aluno seja colocado em questão ou, até mesmo, contribui para reforçá-lo.

I. Introdução

Pesquisas sobre concepções de senso comum e modos de raciocínio abordando o fenômeno do atrito sólido seco, desenvolvidas com populações de diferentes países (Brasil, Espanha, França, Itália e Portugal) e de diferentes níveis de escolaridade, desde estudantes do ensino secundário e superior a professores do 2º grau (Caldas H., 1994; Caldas H. & Saltiel E., 1995 e 1999a), mostraram que, para a grande maioria da população interrogada, as forças de atrito cinético e estático são definidas como sendo forças que **sempre se opõem** ao movimento (caso do atrito cinético) ou à tendência do movimento (caso do atrito estático), movimento este que nunca leva em conta o movimento relativo de deslizamento das superfícies em contato (caso do atrito

cinético), ou o eventual, ou possível movimento relativo de deslizamento dessas superfícies, que se produziria na ausência de atrito (caso do atrito estático).

No que se refere ao sentido atribuído às forças de atrito, este modelo estudantil traz, como consequência, a impossibilidade de considerar este fenômeno como capaz de desenvolver o papel de "**motor**" do movimento, cujas forças, portanto, podem ter o **mesmo sentido** do movimento num dado referencial e serem, para esse referencial, as forças responsáveis pelo movimento do corpo em estudo.

Por outro lado, trabalhos envolvendo análises de conteúdo de livros didáticos, no que se refere ao conteúdo específico do fenômeno do atrito sólido seco, desenvolvidos nos livros utilizados no ensino médio, técnico e superior franceses (Caldas H., 1994) e nos livros mais utilizados no ensino superior brasileiro (Caldas H. & Saltiel E., 1999c), mostraram que, numa esmagadora maioria dos livros analisados, os autores optaram por apresentar as propriedades e leis que regem o fenômeno do atrito num contexto redutor, isto é, num contexto onde o atrito aparece, essencialmente, como um fenômeno "**resistente**" ao movimento:

“Constatou-se, em resumo, que a escolha de um quadro restritivo para falar sobre as leis do atrito, talvez na tentativa de simplificar e tornar mais acessível um assunto, que não é tão evidente assim, omite pontos importantes, quando não deixa outros tantos ambíguos ou aparentemente contraditórios, levando muitas vezes a incorreções ou interpretações que poderiam ser evitadas. Desta forma, os livros analisados não dão a contribuição que poderiam dar para ajudar a colocar em causa o status adquirido pelas forças de atrito¹, no que diz respeito ao sentido destas forças, e mesmo, muitas vezes, contribuem para reforçá-lo.”(Caldas H. & Saltiel E., 1999c)”

Seja qual for a utilização que se faz do livro didático, parece incontestável que, no mínimo, ele serve de referência para professores e alunos, quando não é incorporado totalmente como livro-texto.

Assim, dados os resultados reveladores das pesquisas acima citadas, pareceu-nos pertinente completar as análises de conteúdo dos livros didáticos, incluindo os livros de 8ª série e do 2º grau mais utilizados no Brasil.

Neste artigo, nos deteremos apenas na análise dos livros de 8ª série indicados pelo MEC (Guia do livro didático 1999), os quais constatamos serem os

¹ Status de forças que são definidas como sendo sempre opostas ao “movimento”.

livros mais utilizados pela quase totalidade da rede de escolas públicas e particulares de Vitória, ES ².

II. Relembrando - Propriedades das forças de atrito

As propriedades das forças de atrito que serão aqui abordadas limitam-se àquelas que se relacionam com o sentido das forças de atrito, em situações de atrito cinético (ou dinâmico) e estático, enfocando os pontos e os aspectos que mais se relacionam com as dificuldades e modos de raciocínio dos estudantes (Caldas H. & Saltiel E., 1999b).

II.1. Sentido das forças de atrito cinético (f_c)

Podemos dizer que existe atrito cinético entre dois sólidos em contato, se pudermos definir, no contato, uma **velocidade relativa de escorregamento** não nula.

O sentido das forças de atrito cinético que cada uma das superfícies em contato exerce tangencialmente sobre a outra, será sempre **oposto** ao sentido das **velocidades relativas de escorregamento** no contato, de cada uma dessas superfícies em relação à outra.

Entretanto, essas forças de atrito, ainda que opostas ao movimento relativo de escorregamento das superfícies em contato, podem perfeitamente ter o **mesmo sentido** do movimento do sólido estudado, em relação a um determinado referencial e tornarem-se, para este sólido e em relação a este referencial, uma força "**motriz**" do movimento.

II.2. Sentido das forças de atrito estático (f_e)

Podemos dizer que existe atrito estático entre dois sólidos em contato quando a velocidade relativa de escorregamento no contato for nula, para cada superfície em contato e desde que uma força exterior seja aplicada ao sistema.

Sendo a velocidade relativa de escorregamento no contato nula, as superfícies estarão, assim, em **repouso relativo do ponto de vista do escorregamento** (não escorregamento).

Qualitativamente, o sentido das forças de atrito estático (forças tangenciais às superfícies em contato), será **sempre** oposto à possível ou eventual **velocidade**

² Informações de outros estados indicam que tal prática parece ser comum na maioria dos estados brasileiros.

relativa de escorregamento no contato que cada superfície teria, uma em relação à outra, na ausência de atrito.

Assim, para conhecermos o sentido das forças de atrito estático, precisamos conseguir prever o sentido do **movimento de escorregamento relativo** das superfícies em contato, umas em relação às outras, que se produziria **na ausência de atrito**, isto é, precisamos conhecer para qual sentido tenderia o movimento relativo de escorregamento dos corpos em contato, se o atrito entre estes corpos fosse nulo.

Como o que está em causa são os movimentos relativos de escorregamento (no contato) das superfícies, umas em relação às outras, as forças de atrito estático, tal como as de atrito cinético, podem perfeitamente ter o **mesmo sentido** do movimento de um corpo num dado referencial, funcionando para este corpo e neste referencial como forças “geradoras” do movimento considerado.

II.3. Forças de atrito estático e cinético: um exemplo

Consideremos o exemplo de dois blocos de massas m_1 e m_2 , pousados um em cima do outro, o conjunto repousando sobre uma superfície horizontal S.

Uma força horizontal \mathbf{F}^3 é aplicada no bloco inferior (1), através de uma corda puxada por um homem.

Suponhamos que os blocos repousem sobre a superfície horizontal S, numa região onde o atrito entre m_1 e S é desprezível, enquanto que o homem encontra-se numa superfície S_a , também horizontal, onde existe atrito, conforme a Fig.1.

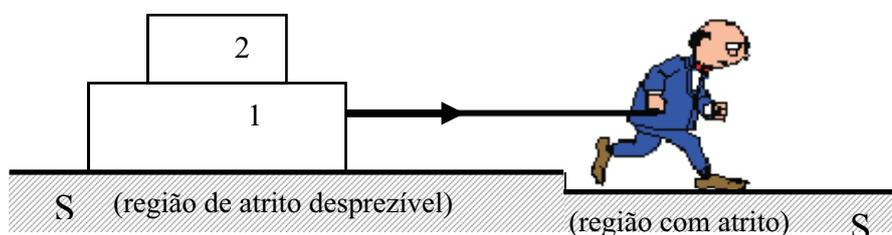


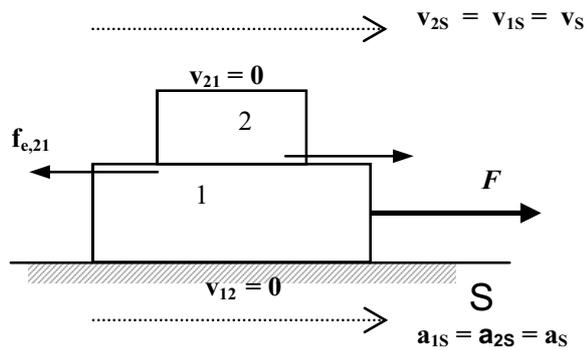
Fig.1 - Caso do atrito estático

A força \mathbf{F} aplicada é tal que os dois blocos deslocam-se solidariamente, isto é, têm a mesma aceleração em relação a S: por ação da força \mathbf{F} que a corda exerce no bloco (1), ambos os blocos deslocam-se para a direita, com uma aceleração \mathbf{a}_S em relação à superfície horizontal S.

Representando apenas as forças horizontais exercidas, temos:

³ As grandezas vetoriais serão sempre representadas por símbolos em negrito.

Nos blocos



Força de atrito estático que 2 exerce em 1:

$$(f_{e,21}) \leftarrow$$

Força de atrito estático que 1 exerce em 2:

$$(f_{e,12}) \rightarrow$$

Fig.2

Como os blocos em contato estão em repouso um em relação ao outro, o atrito entre as superfícies em contato é estático e as velocidades relativas de escorregamento de um sólido em relação ao outro são nulas: $v_{21} = v_{12} = 0$.

A força de atrito estático $f_{e,12}$ que o bloco (1) exerce em (2), tem o mesmo sentido da velocidade v_s do bloco em relação ao solo, mas opõe-se à eventual velocidade relativa de escorregamento v_{21} , de (2) em relação a (1), que se produziria se o atrito entre os blocos fosse nulo:

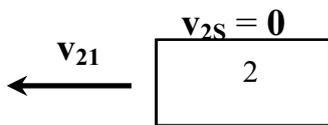


Fig.3

Na **ausência de atrito** entre os blocos, o bloco (2) ficaria em repouso em relação ao solo ($v_{2s} = 0$), mas deslizaria para a esquerda com uma velocidade v_{21} em relação ao bloco (1), este deslizando para a direita com uma velocidade v_{1s} em relação ao solo.

Assim, a força de atrito $f_{e,12}$ opondo-se a esta eventual velocidade relativa de escorregamento terá, neste caso, o mesmo sentido do movimento dos blocos em relação ao solo (v_s), isto é, para a direita.

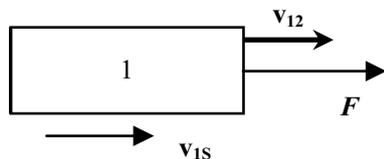


Fig.4

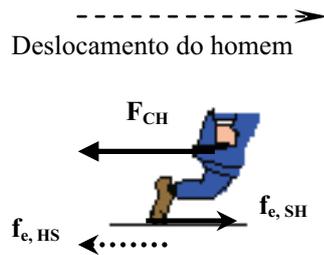
Da mesma forma, na **ausência de atrito** entre os blocos, o bloco (1) deslizaria para a direita com uma velocidade v_{12} em relação a (2) e a força de atrito $f_{e,21}$ que (2) exerce em (1), opondo-se a esta velocidade, será então orientada para a esquerda.

Neste caso, o sentido da força de atrito opõe-se, também, ao sentido do movimento dos blocos em relação ao solo (v_s).

Como impõe a 3ª lei de Newton, $f_{e,12} = -f_{e,21}$ e $|f_{e,12}| = |f_{e,21}|$, isto é, duas forças de mesmo módulo e sentidos contrários agindo em corpos diferentes.

Conclui-se que a força de atrito estático pode ou não se opor ao “movimento” dos corpos num dado referencial, dependendo da situação física estudada.

No homem:



Focalizando o pé esquerdo do homem, supondo que este ande sem escorregar, a força de atrito estático que o solo exerce no homem $f_{e,SH}$ tem o **mesmo sentido** do deslocamento deste (para a direita), sendo a única força no sentido do movimento, já que a força que a corda exerce no homem (F_{CH}) é dirigida para a esquerda.

Fig.5

A força $f_{e,SH}$ exerce aqui, também, o papel de força “motriz” do movimento, sem a qual não seria possível que o homem caminhasse sem escorregar.

Embora esta força tenha o mesmo sentido do movimento do homem, ela opõe-se, como deveria, ao sentido do movimento relativo de escorregamento do pé dele sobre o solo, que se produziria na ausência de atrito: assim, o pé escorregaria para a esquerda e, por conseqüência, o sentido da força de atrito estático, opondo-se a esta tendência de deslizamento, será orientada para a direita.

Pela 3ª lei de Newton, $f_{e,HS}$ seria a força de atrito estático que o homem exerceria sobre o solo: $f_{e,HS} = -f_{e,SH}$ e $|f_{e,HS}| = |f_{e,SH}|$.

No caso do rolamento sem escorregamento, considerando os corpos em contato como indeformáveis, existem diversas situações físicas nas quais a força de atrito estático exerce o papel de força “motriz” de um dado movimento.

Um dos exemplos clássicos é o deslocamento de um automóvel. Este exemplo ilustra bem, como a força de atrito estático tanto pode opor-se, como pode ter o mesmo sentido de um dado movimento: no caso das rodas motrizes, a força de atrito estático entre os pneus e a estrada tem o mesmo sentido do “avanço” do automóvel, enquanto que nas rodas “não motrizes” esta força tem o sentido contrário a este movimento, pois a relação entre as forças (e torques) é diferente em cada uma das rodas.

Em resumo, o sentido das forças de atrito estático depende **unicamente** das forças presentes em cada situação física estudada.

Caso do atrito cinético

Vamos supor agora que a força F aplicada é tal que os blocos têm um movimento relativo entre si, isto é, eles deslocam-se para a direita em relação a S com acelerações diferentes a_{1S} e a_{2S} .

Como se supõe que o homem continua a caminhar sem escorregar, o atrito entre o solo seus pés continua a ser estático.

Como os dois blocos em contato deslocam-se um em relação ao outro, o atrito entre eles passa a ser um atrito cinético ou dinâmico: a velocidade relativa de escorregamento de um bloco em relação ao outro não é nula, sendo $V_{21} = -V_{12}$.

Na Fig.6, estão apenas representadas as forças horizontais exercidas nos blocos.

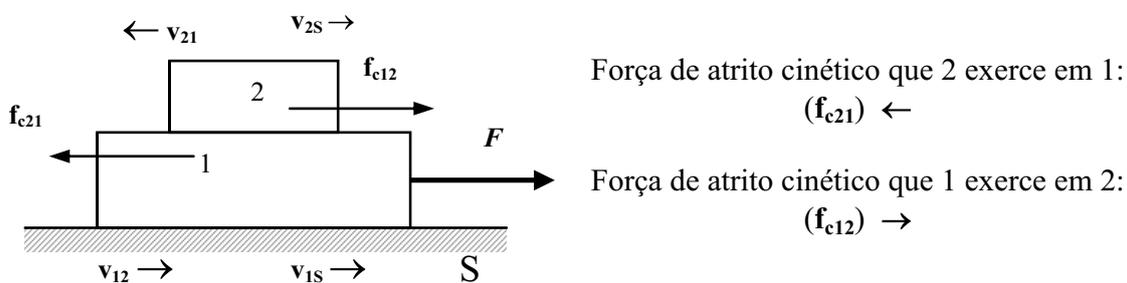


Fig.6

Assim, o bloco (2) move-se para a direita em relação ao solo (v_{2S}) por ação da **força de atrito** cinético (f_{c12}), também orientada para a direita, e que, portanto, tem o **mesmo sentido** deste movimento. Aliás, f_{c12} é a **única** força horizontal que age no bloco 2!

Esta força é oposta, sim, como deveria, ao movimento de (2) relativamente a (1), pois o sentido da velocidade relativa de escorregamento de (2) em relação a (1), v_{21} , é para a esquerda.

No caso do bloco 1, f_{c21} (orientada para a esquerda) se opõe, também como deveria, à velocidade relativa de escorregamento de 1 em relação a 2 (v_{12}), velocidade esta que, nesta situação, tem o mesmo sentido da velocidade do bloco em relação ao solo (v_{1S}).

Conclui-se, portanto, que uma força de atrito cinético, apesar da sua característica “**passiva**” (ela não pode, por si só, produzir movimento), pode desempenhar tanto o papel de “**motor**” do movimento, agindo **no mesmo sentido** deste, como o papel de “**resistência**” ao movimento, a ele **se opondo**.

Assim, não é verdade que “a força de atrito opõe-se sempre ao movimento” ou que as “forças de atrito são sempre forças resistentes”, frases repetidas e banalizadas por alunos e livros e que encerram uma concepção equivocada sobre o fenômeno do atrito.

IV. Análise dos livros

IV.1. Introdução

Os livros da 8ª série do 1º grau constituem o primeiro contato sistemático (proposta curricular do MEC) do aluno com o conteúdo "atrito".

As referências bibliográficas dos livros que constam da lista indicada pelo MEC no Guia do Livro Didático 1999 encontram-se em anexo, denominadas e numeradas de L₁ a L₉.

Constatou-se que o livro L₉ não é adotado por nenhuma escola do estado do ES e sequer é comercializado pelas principais livrarias da capital do Estado. Por este motivo, não se constituiu em objeto de interesse das nossas análises.

Por outro lado, o livro L₈ também não é adotado, sendo substituído nas escolas, pelo livro L₇ dos mesmos autores. Assim, foi este último que se constituiu em objeto de análise.

IV.2. Metodologia

A metodologia utilizada na análise (Caldas & Saltiel, 1994, 1999c), diferentemente da metodologia utilizada pelo MEC (Guia do Livro Didático 1999), parte do conhecimento das grandes tendências das concepções de senso comum e modos de raciocínio dos estudantes reveladas pelas pesquisas na área de Ensino de Física.

Assim, a partir do conhecimento do modelo “estudantil” sobre um dado fenômeno, modelo este que não corresponde ao modelo físico cientificamente aceito, procura-se verificar se o conteúdo apresentado ao aprendiz permite ou não que o seu modelo sobre o fenômeno em estudo seja colocado em questão ou se, ao contrário, até contribui para reforçá-lo: é uma metodologia que tem como base as dificuldades e o ponto de vista “daquele que aprende” e não, o ponto de vista “daquele que já sabe”.

IV.3. Os livros

Os sete livros analisados foram classificados em duas categorias.

Categoria C₁

Nos livros pertencentes a esta categoria (L₁, L₂, L₃, L₇), o atrito é sempre apresentado como um fenômeno “resistente”, onde a força de atrito sempre se opõe ao movimento, escorregamento ou deslocamento do sólido em estudo (ou à possibilidade ou tendência de movimento), sólido este que sempre se desloca sobre uma superfície fixa. Figuras e exemplos acompanham esta perspectiva teórica.

As citações que se seguem exemplificam o tipo de abordagem utilizada pelos autores incluídos nesta categoria.

No livro L₁, no item “Força de atrito” (pp. 90), quando o autor inicia o texto falando do deslocamento de um corpo sobre o outro, encontramos no 1º parágrafo:

*“A fricção de um corpo sobre o outro recebe o nome de **atrito**. Na verdade, cria-se uma força que representa uma resistência ao movimento do corpo, a **força de atrito**. Esta força possui sempre sentido contrário à tendência do movimento.”⁴*

Mais na frente, em “Exercícios” (pp.95), pergunta-se:

“4. A força de atrito tende a impedir o movimento dos corpos. Cite uma situação em que essa característica é explorada.”

Em L₂ (pp.106), o título que inicia o estudo sobre atrito é:

“Força que se opõe ao movimento”

No segundo parágrafo da exposição do assunto, temos:

“O atrito é a força que surge durante o movimento de um corpo sobre a superfície de outro e se orienta contra esse movimento.”

No livro L₃, encontramos (pp.139):

*“Sempre que uma superfície se desloca sobre outra surge uma força que oferece resistência ao deslocamento. Essa força chama-se **atrito**.”*

Em seqüência neste mesmo livro (pp.140), temos ainda numa frase em destaque:

“Atrito é a resistência que uma superfície pode oferecer ao movimento de um corpo.”

E logo em seguida:

⁴ A partir de agora, nas citações, o texto colocado em “negrito” é da responsabilidade dos autores dos livros e o “sublinhado” é de nossa responsabilidade, destacando os elementos do texto a colocar em evidência do ponto de vista da nossa análise.

“O atrito é uma força cujo sentido é sempre contrário ao sentido do deslocamento do corpo.”

Em L₇, quando o autor coloca que as superfícies aparentemente lisas, na verdade, são irregulares, cheias de “dentinhas”, podemos ler (pp.273):

*“Quando uma desliza sobre a outra, os ‘dentinhas’ se prendem e daí resulta uma resistência ao deslocamento, chamada **força de atrito.**”*

Em destaque, na mesma página, encontramos a frase seguinte:

Para que um corpo se desloque sobre uma superfície, é preciso vencer a força de atrito existente entre eles.

Conclusão:

Como podemos observar, a forma escolhida pelos autores dos livros desta categoria para iniciar os alunos no estudo do atrito, não deixa nenhuma margem de dúvida ao iniciante aprendiz sobre o caráter “resistente” do fenômeno do atrito: a força de atrito deverá sempre se opor ao movimento dos corpos (ou à tendência ao movimento), por definição.

Por outro lado, não podemos deixar de assinalar a confusão que os autores fazem entre o fenômeno do atrito e a força de atrito. Só nas várias citações acima, podemos observar expressões do tipo: “o atrito é a força...” ou “...essa força chama-se atrito” ou ainda “...vencer a força de atrito existente entre eles.”

Ora o atrito **não** é uma força e muito menos a força de atrito existe “entre” os corpos em contato: o fenômeno do atrito é modelado (ou representado) por uma força tangencial às superfícies em contato (na verdade é uma resultante das forças tangenciais) que se exerce **em cada** uma destas superfícies, obedecendo à 3^a lei de Newton.

Categoria C₂

Os livros desta categoria (L₄, L₅ e L₆) apresentam um elemento a mais em relação à categoria anterior: se, por um lado, todos eles definem também a força de atrito como sendo sempre uma força oposta ao movimento, por outro, através de itens do tipo “*vantagens*” do atrito ou “*atrito a favor*”, é dado o exemplo do deslocamento de veículos ou pessoas sobre uma superfície horizontal.

Os exemplos são excelentes, assim como as figuras que os ilustram, mas não é explorado o fato de que a força de atrito **não** se opõe ao movimento de “caminhar” da pessoa ou do “avanço” do automóvel.

Como o atrito é **sempre** inicialmente definido como um fenômeno resistente, e os exemplos citados focalizam essencialmente o aspecto da **oposição** da força de atrito ao movimento de escorregamento dos pés sobre o solo ou das rodas do automóvel sobre a pista, como poderia o aluno iniciante inferir que a força de atrito nem sempre se opõe ao “movimento”?

As citações que se seguem ilustram esta categoria:

No livro L₄, o conteúdo tem início com a seguinte frase (pp. 61):

“Entre as forças que podem se opor ao movimento de um corpo, as mais comuns são o atrito e a resistência do ar. ”

Logo em seguida:

“A força de atrito se deve ao contato entre os corpos. Essa força exerce uma oposição ao movimento de um corpo que desliza sobre o outro. ”

Neste ponto, os autores apresentam a figura de um menino empurrando um carrinho de supermercado com outro menino dentro do carrinho. Numa figura logo abaixo, focalizando apenas os pés do menino que empurra o carrinho, encontra-se a seguinte legenda:

“Quando o garoto anda, ele empurra o chão para trás e o chão o empurra para a frente. Se não houvesse atrito, isso seria impossível e o garoto não conseguiria andar. É mais ou menos o que acontece quando se tenta andar num piso molhado. ”

Para finalizar, encontramos em destaque “**O atrito a favor**”, onde novamente é dado o exemplo do “caminhar” e, também, “automóvel”.

Em L₅, os autores começam o capítulo (pp.167) dizendo:

“Começaremos este capítulo com o estudo do atrito, que é uma força que tem sentido oposto ao movimento dos corpos”

Em seguida, com o título “**O que é o atrito**”, encontra-se em destaque:

“A resistência que uma superfície oferece ao movimento de um corpo é conhecida como força de atrito. ”

Mais na frente (pp. 168), temos:

“O atrito tanto pode oferecer vantagens como desvantagens. Alguns exemplos de vantagens do atrito:

- *Permite o deslocamento de veículos e pessoas graças à aderência das rodas e dos pés sobre o solo;”*

Em seguida, tem a figura de um homem caminhando e, do lado, uma outra figura focalizando somente o seu pé, com uma seta no sentido do movimento do homem em relação ao solo, representando a força de atrito. Estas figuras têm a seguinte legenda:

“Quando nos movimentamos sobre uma superfície, a força de atrito é oposta ao deslocamento da sola do sapato, o que permite nosso deslocamento.”

No livro L₆, os autores colocam no 2º parágrafo do item “**Forças de atrito**”, ilustrado pela figura de um garoto arrastando um fogão com uma corda (pp.117):

*“Quando corpos são arrastados sobre uma superfície, têm de vencer uma força contrária ao movimento chamada **força atrito**.”*

Logo em seguida, ilustra-se a situação de uma pessoa caminhando, onde são representados através de setas o “*atrito do chão sobre a pessoa*” e o “*atrito da pessoa sobre o chão*”. Esta ilustração é apoiada pelo seguinte texto:

“Se em muitos casos a força de atrito atrapalha o movimento, em outros ela ajuda. Só podemos caminhar graças ao atrito com o chão. Repare que quando você anda empurra o chão para trás. Graças ao atrito, o chão reage e o empurra para a frente.”

Na página seguinte, a figura de um carro com tração dianteira (onde são representados através de setas localizadas na altura das rodas dianteiras o “*atrito do chão sobre o carro*” e “*atrito do carro sobre o chão*”) é apoiada pelo seguinte texto:

“...O motor faz com que a roda gire para trás; assim o atrito entre a borracha e o asfalto empurra o carro para a frente.”

Aqui cabe uma pergunta: porque nas rodas traseiras esta explicação não funciona mais e o sentido das forças de atrito exercidas na roda e no chão se inverte?

Conclusão:

Esta categoria é marcada por uma aparente ambigüidade, pois se é possível interpretar que os autores sugerem que o atrito pode ter o papel “motor” de um dado movimento, esta possibilidade de interpretação é completamente esvaziada pelas definições e afirmações, quase sempre colocadas em destaque, da oposição da força de atrito ao movimento dos corpos ou do papel “resistente” do atrito.

Estas definições são ainda apoiadas pelo não aproveitamento dos exemplos do “andar” e do “automóvel”, onde se optou por continuar a explorar, essencialmente, a oposição desta força ao movimento de escorregamento dos pés ou da roda do automóvel sobre o solo.

Assim, esta categoria não difere muito da anterior, pois a força de atrito continua a aparecer, basicamente, como uma força que sempre se opõe ao movimento, deslocamento ou escorregamento dos corpos.

Notamos ainda, que, tal como na categoria anterior, confunde-se “força” e “fenômeno” com frases do mesmo tipo: “*o atrito é uma força*”, “*o atrito empurra*”...

V. Conclusão

Apesar das diferenças existentes na apresentação e profundidade com que o conteúdo é tratado nos livros de 8^a série e nos livros utilizados no ensino superior brasileiro (Caldas & Saltiel, 1999c), observando ainda que a grande maioria destes últimos são traduções de livros americanos, as nossas análises indicaram que não existem diferenças substanciais quanto à opção feita pelos autores, no que diz respeito ao sentido atribuído às forças de atrito: efetivamente, na esmagadora maioria dos livros analisados, estas forças são **sempre** definidas como forças “**resistentes**” e cujo sentido **sempre se opõe** ao “movimento”.

Desta forma, se as opções feitas pelos autores dos livros utilizados na 8^a série (e indicados pelo MEC) não permitem ou não contribuem para que as concepções de senso comum dos alunos evoluam para um modelo cientificamente aceitável do atrito e nem permitem ou não contribuem para que as mesmas sejam colocadas em questão, os livros utilizados no ensino superior não permitem ou não contribuem, também, para que se dê a ruptura com este modelo de atrito.

Por outro lado, dados os resultados deste trabalho, esperamos vivamente que os elementos e argumentos aqui realçados subsidiem os professores a fazerem outras opções quando apresentarem o fenômeno do atrito aos seus alunos.

Se apresentarmos ao aluno o mundo com atrito, deverá ser o nível de discussão que deve ser adaptado ao nível de ensino, e não as leis e propriedades do atrito.

Finalmente, esperamos que a metodologia e a ótica utilizadas neste trabalho não deixem margem para dúvidas: o objetivo não é, em hipótese nenhuma, fazer uma “caça” ao erro, mas, muito ao contrário, é uma tentativa de mostrar, do ponto de vista das concepções de senso comum “daquele que aprende”, que certas escolhas podem não ser as melhores e podem levar a um resultado não desejado e imprevisto.

VI. Referências Bibliográficas

CALDAS H., 1994. Le frottement solide sec: le frottement de glissement et de non glissement: étude des difficultés des étudiants et analyse de manuels. Tese de doutorado, Université Paris 7.

CALDAS H. & SALTIEL E.,1995. Le frottement cinétique: analyse des raisonnements des étudiants. Didaskalia: Recherches sur la communication et l'apprentissage des sciences et des techniques; (6), pp. 55-71.

CALDAS H. & SALTIEL E.,1999a. Le frottement statique: analyse des raisonnements des étudiants. Didaskalia: Recherches sur la communication et l'apprentissage des sciences et des techniques. (aceite para publicação)

CALDAS H. & SALTIEL E.,1999b. Sentido das forças de atrito e movimento - I. Revista Brasileira de Ensino de Física. (aceite para publicação)

CALDAS H. & SALTIEL E.,1999c. Sentido das forças de atrito e movimento – II: uma análise dos livros utilizados no ensino superior brasileiro. Revista Brasileira de Ensino de Física. (aceite para publicação)

VII. Anexo

Referências Bibliográficas dos Livros Analisados

[L₁] MARCONDES A. C. & SARRIEGO J. C., *Química e Física: 8^a série*. 2^a ed., Scipione.

[L₂] GOUDAK D. & MARTINS E., *Natureza e Vida: 8^a série*. FTD S.A.

[L₃] LOPES S. & MACHADO A., *A Matéria e a Vida, 8^a série*. Atual Editora.

[L₄] BARROS C. & PAULINO W. R., *Física e Química, 8^a série*. 53^a ed., Ática.

[L₅] CRUZ D., *Ciência e Educação Ambiental - Química e Física, 8^a série*. 23^a ed., Ática.

- [L₆] JUNIOR C. S., SASSON S. & SANCHES P. S. B., *Entendendo a Natureza, a Matéria e a energia: 8^a série*. 15^a ed., Saraiva.
- [L₇] SILVA P. M. & FONTINHA S. R., *Química e Física. A matéria e a energia em transformação. Ciências. 8^a série*. Nacional.
- [L₈] SILVA P. M. & FONTINHA S. R., *Química e Física. Ambiente, componentes e interações: ciências. 8^a série*. Nacional.
- [L₉] ASSUNÇÃO M. A., *Ciências - A Caminho do Futuro*. Vigília.