

O Tanque do Bombeiro:

Um Estudo Sobre Abstrações Reflexivantes em Crianças da Pré-Escola Frente a Física dos Fluidos

M.A. Whitaker

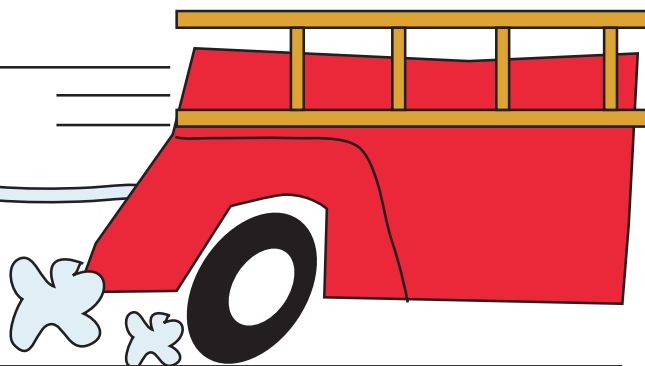
Departamento de Física e Química,
Campus de Guaratinguetá - UNESP
E-mail: marisaw@feg.unesp.br

D.C. Whitaker

Faculdade de Ciências e Letras,
Campus de Araraquara - UNESP

T.C.M. de Azevedo

Departamento de Física e Química,
Campus de Guaratinguetá - UNESP



Início de uma das entrevistas

A - "Como o bombeiro faz para apagar o fogo?"

C- "Pega a casinha e joga no pote de água."

O adulto mostra as torneiras do "tanque" para a criança.

A criança pega a casinha e empurra mais perto.

Introdução

Este trabalho apresenta alguns resultados das primeiras experiências do projeto *Brincando com Ciências*. O projeto em questão tem como objetivo observar e compreender como a criança percebe e explica fenômenos físicos básicos apresentados a ela em condições experimentais revestidas de aspectos lúdicos. Não se colocam por enquanto questões relativas ao Ensino de Física, o que exigiria abordagens teóricas mais abrangentes.

Já nos primeiros momentos da pesquisa, uma experiência piloto (exploratória) apresentou resultados interessantes, que serão aqui divulgados.

Antes de relatar as experiências é preciso lembrar que, de acordo com Piaget, no estágio pré-operatório¹, a criança é capaz de abstrações simples, mas ainda não possui condições para o que ele chama de abstração reflexivante. Grosso modo, as abstrações simples são feitas a partir das características empiricamente observáveis (cor, textura, peso, forma, propriedades de quebrar etc.), enquanto as abstrações reflexivantes exigem

estabelecer relações entre os objetos. Para não interpretar o pensamento de Piaget de forma dualista, citamos Kamii e Devries (1992) quando ela observa a dialética entre esses dois tipos de abstração. "Depois de ter distinguido entre abstração simples e reflexivante, Piaget mostra que não pode haver abstração simples sem abstração reflexivante".

Isso permite concluir que, para crianças nesse estágio, o que existe é predominância de abstração simples, mas não impossibilidade total de abstração reflexivante. Esta pode ocorrer

A criança é capaz de abstrações simples, mas ainda não possui condições para o que ele chama de abstração reflexivante. Grosso modo, as abstrações simples são feitas a partir das características empiricamente observáveis, enquanto as abstrações reflexivantes exigem estabelecer relações entre os objetos

esporadicamente em determinados momentos quando o adulto - por exemplo, o professor - incita a criança a explicação de um fenômeno. É esta possibilidade que conduz o objetivo primordial desta pesquisa. A criança está constantemente "tangenciando" abstrações reflexivantes; admitir o contrário seria negar a própria construção do conhecimento na mente infantil. A criança avança realizando tais abstrações reflexivantes.

Nosso objetivo é, portanto, verificar como a criança, no estágio pré-operatório, que se caracteriza pela

Este trabalho apresenta um relato de atividades desenvolvidas com crianças em idade pré-escolar, com objetivo de observar e compreender como a criança percebe e explica fenômenos da Física dos Fluidos que envolvem relações entre a pressão da água e a profundidade do recipiente que a contém, e a pressão da água e a velocidade de escoamento. As atividades experimentais foram abordadas com ênfase nos aspectos lúdicos, e as crianças foram estimuladas a descrever e desenhar os fenômenos físicos observados. As explicações registradas mostram como as crianças desenvolvem seu "conhecimento" desses fenômenos. Procuramos apresentar uma estratégia para avaliar a especificidade do pensamento infantil no que se refere à compreensão de fenômenos da natureza.

predominância das abstrações simples, compreende e explica fenômenos físicos fundamentais, observáveis e manipuláveis, que exigem estabelecimento de relações de abstração reflexivante.

Não se pretende, absolutamente, imaginar que a criança no estágio pré-operatório seja capaz de realizar tarefas ou apresentar desempenhos característicos do estágio posterior. O que se pretende é descobrir como ela ora se aproxima ora se afasta desse desempenho, e como nesse processo a originalidade desse pensamento e as possíveis diferenças individuais, já que segundo Vygotsky (1998) e corroborado por estudos de Freitag (1993), o meio sócio-cultural e fatores sócio-econômicos influenciam a formação desses estágios. O alvo é, portanto, avaliar a especificidade do pensamento infantil no que se refere à compreensão de fenômenos da natureza. Estas experiências irão colaborar para a formação de esquemas de assimilação que estas crianças utilizarão ao longo da escolaridade, com efeitos pedagógicos a serem considerados.

Descrição da Atividade

Nesta experiência inicial procurou-se observar como as crianças em estágio pré-operatório percebem e explicam:

- as relações entre a pressão da água e a profundidade do recipiente que a contém.
- a pressão e a velocidade de escoamento da água por um orifício, observando o alcance do jato.

Tais fenômenos envolvem a fórmula de Torricelli e o Princípio de Pascal (Halliday *et al.*, 1996; Gaspar, 2000).

A fórmula de Torricelli fornece a velocidade de escoamento da água que sai de um orifício de um recipiente. Se o orifício está situado a uma profundidade h , a velocidade é dada por $(2gh)^{1/2}$. O alcance do jato de água

observado pelas crianças na atividade depende desta velocidade e do tempo de queda da água. Portanto, o alcance será maior à medida que o furo torna-se mais profundo, partindo da superfície até o meio do recipiente. A partir desta profundidade o alcance diminui na mesma proporção em que cresceu na parte superior do recipiente. Este efeito é compreendido a partir da aplicação da equação de Bernoulli, sendo explicável através de cálculos compreensíveis para alunos a partir do Ensino Médio. Para não confundirmos as crianças, fizemos furos somente a partir do meio da altura do recipiente para cima.

Na experiência, usamos um recipiente cilíndrico transparente com as seguintes dimensões: 20 cm de altura e 20 cm de diâmetro. Preenchido com água até a borda, e mantido sempre com água até o topo, foi colocado sobre um suporte, simulando um caminhão de bombeiro. Três furos em alturas distintas funcionaram como torneiras. Os furos receberam canudos, tampados inicialmente e abertos no momento da experiência.

Uma casinha foi posicionada na direção dos furos a uma distância adequada. Este modelo (Figura 1) foi reproduzido seis vezes, um para cada duas crianças, possibilitando a todas elas o manuseio e a interação com o experimento. No início da atividade, foi explicado às crianças que brincariam com o caminhão de “bombeiro”, tentando apagar um suposto incêndio na casinha.

O experimento foi aplicado em duas turmas de doze crianças cada, na faixa de cinco a seis anos, na pré-escola do campus da UNESP de Guaratinguetá. As crianças foram distribuídas, duas a duas, em mesinhas e

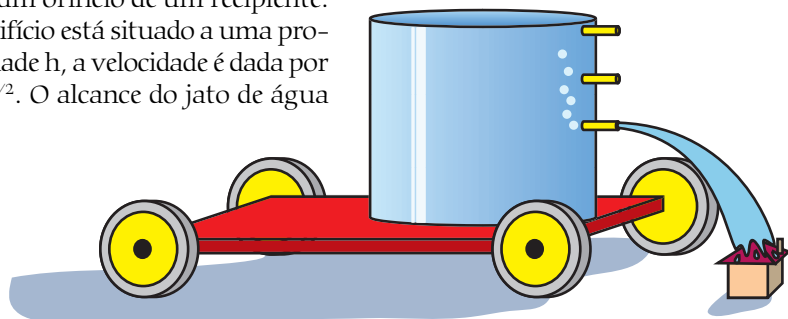


Figura 1. O tanque do bombeiro e a casinha.

cada dupla recebeu a supervisão de um adulto ligado ao projeto (uma das pesquisadoras, o técnico ou bolsistas de iniciação científica), configurando controle metodológico rigoroso da atividade. Todas as atividades foram registradas através de diálogos gravados. No final de cada atividade pedimos para as crianças relatarem a atividade através de desenho. Concluindo o desenho, cada criança descreveu-o a sua professora da pré-escola que anotou os comentários.

Resultados

Observação do alcance do jato

A primeira demonstração da qual as crianças participaram consistiu em abrir um furo de cada vez em diferentes alturas do recipiente, fazendo a criança avaliar os alcances do jato de água. Perguntadas porque o jato saía mais forte no furo inferior do cilindro, aproximadamente metade das crianças² respondeu prontamente que a causa estava no fato de que “no furo de baixo tem mais água”.

Alguns diálogos entre o adulto instrutor e a criança ilustram a forma pela qual elas apreendem o fenômeno em questão (A = adulto instrutor e C = criança).

A - “Qual jato vai mais longe?”

C - “O último!”

A - “Porque?”

C - “Porque é mais fundo.”

Então o adulto pergunta

A - “O que tem no mais fundo?”

C - “Tem mais água.”

A - “O que acontece quando tem mais água?”

C - “Tem água chupando mais água, vai mais longe.”

A - “Quando tem água até em cima, todos estão com água, porque o debaixo vai mais longe?”

C - “Porque o debaixo ainda tem mais água.”

A - “É, mais lá, o de cima, também tem água!”

C - “O debaixo que é o mais longe tem mais água. Tem muita água embaixo.”

Tanto o diálogo acima transcrito quanto a predominância da frase “embaixo tem mais água” sugerem que estas crianças estão fazendo uma

abstração simples tal como esperado a partir de pressupostos teóricos acerca de sua forma de pensamento.

Para a criança a quantidade está ligada a forma^{1,2}, o que indica abstração simples, ligada a aspectos concretamente observáveis, no momento da experiência, sem estabelecer relações.

Outro exemplo está no diálogo entre esta criança e o adulto que aplicou a experiência. No primeiro momento do diálogo acima transcrito, a criança pareceu ensaiar uma abstração reflexivante, quando disse que o que vai mais longe “é porque é mais fundo”. No entanto, quando um adulto indevidamente pergunta, “O que tem no mais fundo?”, a criança retorna à idéia da quantidade “tem mais água”, própria do seu estágio operatório. Tangenciou um estágio acima de seu nível e voltou à abstração simples. Nossos registros indicam que a forma de abordagem do adulto, neste caso, trouxe a criança para o estágio “apropriado” à sua idade. Deve-se pensar no papel do professor quando lidando com tais momentos contraditórios da aprendizagem.

Se, como afirma Vygotski, há uma zona de aprendizado proximal³, como estimular a criança a invadi-la, sem pressioná-la artificialmente na direção do conhecimento?

No entanto, se analisarmos algumas frases elaboradas pelas crianças, evitaremos o dualismo simplificador que afirmaria a contraposição mecânica - abstração simples vs. abstração reflexivante e concluiria pela ausência da segunda. Em alguns momentos, algumas crianças tangenciam abstrações reflexivantes, buscando relações que encaminham o desenvolvimento do pensamento em uma direção mais relacional. Observemos alguns desses momentos:

C- “No furo de cima tem um tantinho de água (quantidade) e o jato sai fraco (velocidade). No furo de baixo, tem um tantão de água, e por isso o jato sai mais forte.”

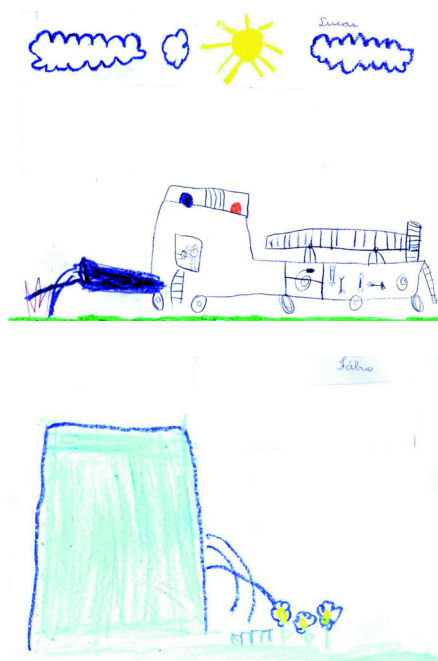
No trecho acima, a criança faz a abstração simples baseada na quantidade, (tantinho e tantão) o que explica o jato. No entanto, ao explicar o jato, tangencia a idéia de força ou

velocidade. A abstração reflexivante se anuncia especialmente quando a criança diz “por isso o jato sai mais forte” (relacional).

Como ilustração, apresentamos nas Figuras 2, 3, e 4 exemplos de desenhos feitos pelas crianças. Os desenhos revelam a ênfase dada ao jato de “sucesso” configurando a atenção dada a aquilo que deu certo, em contraposição ao que não deu certo.

A questão da largura da coluna de água

Na segunda atividade, apresentamos dois recipientes transparentes de mesma altura com um furo em cada um na mesma profundidade. A única diferença entre eles era a área da base, do que resultava um cilindro bem mais estreito do que o outro. Antes de abrir o furo, perguntamos às crianças qual jato sairia mais forte.



Figuras 2 e 3. Os desenhos acima mostram a tendência dualista derivada do maniqueísmo infantil. O fenômeno mostrou duas situações, um jato de ‘sucesso’, (o de baixo) e dois outros com menor alcance (os de cima). Algumas crianças representaram o jato de baixo corretamente, misturando os outros dois que se tornaram equivalentes (constituem o outro pólo da dualidade). Os desenhos das crianças revelam a ênfase dada ao jato de ‘sucesso’ configurando a atenção dada àquilo que deu certo, em contraposição ao que não deu certo. A dualidade não leva muito em conta o jato intermediário.



Figura 4. O desenho acima é típico da necessidade de “desobediência” característica da criança que resiste aos fatos reais e usa sua imaginação. A criança compreendeu o fenômeno e desenhou os três jatos de água corretamente. No entanto usou sua criatividade para “enfeitar” o jato de ‘sucesso’, que cai sobre cada uma das três plantas de forma estética e individualizada. Após jogar sobre a primeira planta, alça um impulso que só existe em sua imaginação para depois cair sobre as outras plantas. Ou seja, a criança aceita e adapta seus esquemas de pensamento ao que observou, mas acrescenta sua imaginação poética quando representa esse “real” observado com duas curvas a mais no jato.

Por unanimidade responderam “o mais largo porque tem mais água”. Abrimos os dois furos simultaneamente, mas mesmo diante do fenômeno do alcance idêntico dos dois jatos, as crianças continuaram afirmando que havia diferenças e que o cilindro “gordo” promovia um maior alcance do jato.

Observem nos diálogos abaixo algumas respostas “imediatas” de caráter intuitivo.

O adulto mostra os dois jatos chegando juntos e pergunta:

A - “Qual jato está ganhando?”

C - “O gordo.”

O adulto coloca uma régua na posição em que os jatos estão chegando e mostra que chegam juntos. As crianças ainda acham³ que o cilindro ‘gordo’ está ganhando. Enquanto mostrava o alcance idêntico, o adulto perguntou “O que os dois potes têm de igual?”

As crianças gritam “A cor do canudo (torneira de saída)” “O canudo” “As torneiras” etc.

O adulto pergunta - “Em que lugar as torneiras estão?”

C - “Estão no caminhão do bom-

beiro”.

O adulto aproxima os cilindros mostrando os dois canudos para mostrar que eles tinham a mesma profundidade. Mesmo assim a mensagem não chega a criança.. As crianças continuam firmes na idéia ligada à forma dos cilindros.

A - “O que as torneiras têm de igual além da cor?”

Apenas uma criança percebeu “Estão na mesma posição”

O adulto insiste:

A - “O tanque largo tem muito mais água do que o tanque fino. Vamos olhar de novo, que jato de água chega mais longe?”

C - “Empatou”.

O adulto posicionou as crianças em frente ao tanque do bombeiro e mostrou com duas réguas a profundidade dos furos nos dois recipientes, mas as crianças não se convencem, ou melhor não relacionam. Apenas uma criança afirmou que as torneiras “estão na mesma posição”.

As respostas das crianças mostram que, neste caso, elas não se encontram em condições de “aceitar” um resultado que contraria a condição altamente enraizada de que o jato de água de um cilindro ‘gordo’ é mais forte do que o ‘magro’.

A resistência das crianças mostra que a ansiedade dos adultos em nada ajuda o aprendizado. As crianças resistem. No máximo uma delas “concilia”, ao dizer que “empatou”. Ela concede ao cilindro ‘magro’ que talvez seu esforço possa ter resultado num empate, o que não significa que ele seja capaz de jorrar água com tanta força quanto o mais ‘gordo’.

Nesta segunda atividade fica clara a relação entre quantidade e forma, já evidenciada na primeira atividade. A relação é tão forte que não se consegue abalar a crença de que os dois alcances são diferentes.

Princípio de Pascal

Na ultima atividade fizemos uma aplicação do princípio de Pascal (Halliday *et al.*, 1996; Gaspar, 2000). De acordo com este princípio, o aumento da pressão aplicada a um líquido confinado transmite-se igualmente para todos os pontos do líquido e para as paredes do recipiente. As cri-

anças pressionaram uma bomba de ar que foi acoplada à tampa do recipiente e observaram um aumento na distância atingida pelo jato de água. O aumento da pressão na superfície da água provocado pela bomba produz um aumento do alcance. Esse aumento é prontamente percebido e muito apreciado pelas crianças.

Esta terceira atividade, embora demonstrando um princípio mais complexo, teve o mais alto índice de compreensão por parte das crianças, talvez porque tenha um caráter ainda mais lúdico expresso em três importantes aspectos essenciais a aprendizagem: impacto, manuseio e imprevisto. Transcrevemos abaixo alguns diálogos com as crianças:

A - “O que o ar fez para a água sair mais forte?”

C - “Vento”

A - “O que o vento fez na água?”

C - “Ele vai espirrar água.”

Neste momento a tampa do recipiente foi descolada permanecendo apenas pousada sobre o mesmo. As crianças colocaram a mão sobre o recipiente enquanto uma delas acionava bomba. Elas sentiram o ar empurrando a tampa para cima.

A - “E se ninguém segura a tampa? O que acontece?”

C - “A tampa voa.”

O adulto segura a tampa que não esta colada no recipiente.

A - “O que acontece com o jato agora?”

C - “O ar empurrou a água.”

As frases abaixo foram formuladas pelas crianças logo após a atividade e apareceram escritas nos desenhos que elas fizeram junto da professora. Em todas elas relaciona-se o aumento do alcance do jato com o aumento da pressão.

“Está pegando fogo eles apertaram com uma coisa de encher bicicleta e a tampa pulou. O ar é muito forte”, 5 anos. Nesta frase a criança constata a existência do ar.

“Quando eu bombeava a bomba a água ia mais forte porque o ar empurra a água.”, 5 anos.

“Quando a gente tirava a tampinha a água saia. Daí o homem apertou o negócio e a água saiu mais.”, 5 anos.

“A bomba empurra o ar, o ar em-

purra a água e a água sai mais forte.”, 5 anos.

Aqui foi o momento de maior alvoroço das crianças durante esta experiência. O súbito aumento do jato deixou-as empolgadas, o que nos sugere que o entusiasmo provocado pelo imprevisto alargou a percepção das crianças levando-as a inesperadas abstrações reflexivantes expressas nas frases acima.

Conclusões

O estudo em questão procura observar como a criança apreende fenômenos físicos em sua complexidade. Enfrenta portanto uma questão epistemológica ligada à maneira como a criança usa seus esquemas de assimilação e sua imaginação para descrever e desenhar os fenômenos que é levada a observar de forma lúdica. Não se trata portanto de uma pesquisa em Ensino de Física, embora possa ser aproveitado para tal. Trata-se de descobrir aqui até aonde vai a apreensão das crianças quando estimuladas a observar fenômenos físicos, ou seja, quais os recursos mentais aos quais apelam na fase pré-operatória para alcançar a compreensão de fenômenos extremamente abstratos. Enfim, como a criança desenvolve seu “conhecimento” desses fenômenos.

Os dados colhidos até agora sugerem que:

- As crianças ficaram encantadas diante dos fenômenos apresentados e contemplaram-nos de forma curiosa e imaginativa.

- Elas interagiram com a situação experimental e entusiasmaram-se com o fato de poder manipular os objetos utilizados na atividade.

- Elas se alvoroçaram e por isso perceberam melhor os aspectos de maior impacto, como por exemplo o aumento súbito do jato de água provocado pela bomba de ar.

- A percepção caracterizou-se por acentuado dualismo, que levou em conta o “sucesso” ou o “não sucesso” do objetivo esperado.

- Tanto os discursos como os desenhos (Figuras 2, 3 e 4) concentraram-se mais na representação do fato de “sucesso”, ou seja, do jato que consegue alcançar o alvo. A explicação para isso reside talvez na forma pela qual a ativi-

dade foi proposta: tratava-se de atingir o alvo, o que indica interiorização de um dos objetivos da atividade.

• Em vários momentos as crianças tangenciaram abstrações reflexivas, o que indica possibilidades de avanço para o nível de desenvolvimento proximal. A experiência sugere que o modo de apresentar um problema pode aproximar ou não a criança

para a zona de desenvolvimento proximal, como sugere Vygotsky (1998) que propôs superar a idéia de que o ensino deve se ater a etapa de desenvolvimento já consolidada. Nessa experiência exploratória foi possível criar situações propícias para a emergência de abstrações que anunciam avanços das crianças na direção da zona de desenvolvimento proximal.

Referências Bibliográficas

Kamii, C., Devries, R. *Piaget para a educação pré-escolar*. Ed. Artes Médicas, 1992.

Martí, E., Inteligência Pré-Operatória, em Coll, C., Palacios, J., Marchesi, A., orgs., *Desenvolvimento Psicológico e Educação* v.1, Ed. Artes Médicas, 1995.

Rego, T. *Vygotsky - Uma perspectiva histórico-cultural da Educação*. 6.ed. Ed. Vozes, 1998.

Halliday, D., Resnik, R., Walker, J. *Fundamentos de Física* v. 2. Livros Técnicos e Científicos Editora, 1996.

Gaspar, A. *Física - Mecânica* v. 1 Ed. Ática, 2000.

Freitag, B. *Sociedade e Consciência: Um estudo piagetiano na favela e na escola*. Ed. Cortez, 1993.

7. Nicolau M.L.M. *Um estudo das potencialidades e habilidades no nível da pré-escolaridade e sua possível interferência na concepção que a criança constrói sobre a escrita*. Rev. Fac. Educ., v. 23, n. 1, São Paulo Jan./Dez., 1997.

Notas

1. Piaget considera o desenvolvimento infantil através de etapas engendradas na maturação biológica e também como o produto da interação com o meio. O estágio pré-operatório é um deles e divide-se em dois subestágios: o pré-conceitual

Agradecimentos

O trabalho contou com a valiosa colaboração dos bolsistas F. de A. Santana, D.D. da Silva e A.P. Maciel, do técnico F. Peixoto e da professora de Educação Infantil L. Chaves. Agência Financiadora: FUNDUNESP. Apoio PROGRAD-Núcleo de Ensino/UNESP.

e o intuitivo. Estamos trabalhando com este último, que se caracteriza por julgamentos imediatos e pela "incapacidade de conservar na mente mais de uma relação de cada vez".

2. Das restantes, algumas não se manifestaram, enquanto outras falaram com mais demora, o que não foi considerado porque elas repetiam um fato já mencionado. Não foi possível controlar a variável demora. Estamos procurando uma metodologia mais adequada.

3. "As crianças pensam, levantam as suas hipóteses sobre os estímulos que lhes são propostos e mantêm coerência nas respostas que oferecem, as quais refletem o seu desenvolvimento." Nicolau, 1997.

Navegando na WEB



Neste número de *FnE* estaremos comentando alguns sítios que abordam a tabela periódica e explicam o funcionamento de diversas criações humanas.

<http://www.webelements.com>

Este é um sítio sobre tabela periódica e diversas informações úteis sobre o tema. Ao se escolher um elemento da tabela periódica, obtém-se dele outras informações, como por exemplo os compostos mais comuns por ele formados. Além disso, encontramos também algumas de suas propriedades físicas, estruturais e químicas. Há ainda um vínculo para a 'Scholar Edition', onde pode-se obter outras informações além das usuais, como a história do

elemento, como ele pode ser obtido e isolado, onde ele é usado, dados biológicos, geológicos etc. É uma tabela periódica excepcional.

<http://www.howstuffworks.com>

Os curiosos que desejam saber como as "coisas" funcionam não podem deixar de visitar o endereço acima. São milhares de tópicos explicando como funciona uma máquina, um óculos solar, uma reação nuclear, transplante de órgãos e muito mais. Há também as "coisas do dia", os 40 assuntos mais procurados. Sem dúvida um endereço a ser visitado.

<http://howthingswork.virginia.edu/>

Nesta página encontra-se outra

alternativa para saber como as "coisas" funcionam. É mantida por Lou Bloomfield, professor da Universidade da Virginia, USA, estando mais voltada para a discussão das propriedades físicas da matéria. Na verdade ela é a versão eletrônica, ampliada, de seu famoso livro que tem o mesmo título.

<http://es.rice.edu/ES/humsoc/Galileo>

Para quem quer saber mais sobre Galileo Galilei, esta página preparada por Albert van Helden, professor de História da Universidade de Rice, é uma boa referência. Além de fatos biográficos, pode-se ter acesso a uma crônica de sua vida, mapas do mundo conhecido naquela época, informações sobre artes e mais...

<http://www.psrc-online.org>

Physical Sciences Resource Center, ou Centro de Recursos para as Ciências Físicas, é um projeto da Associação Americana dos Professores de Física – AAPT – que proporciona uma coleção enorme de material para o Ensino de Física. Aqui também há uma seção de "como funciona", "demonstração do mês", "brinquedo do mês", "problemas do mês", e muito mais. Sem dúvida, outro site a se visitar.